VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

SILNIČNÍ MOST PŘES ŘEKU BUDIŠOVKU

ROAD BRIDGE OVER THE BUDIŠOVKA RIVER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Tomáš Drabina
AUTHOR

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

BRNO 2018

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	Tomáš Drabina
Název	Silniční most přes řeku Budišovku
Vedoucí práce	Ing. Jan Koláček, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

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

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
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

Z předběžného návrhu možných typů mostních konstrukcí preferujte předpjatou mostní konstrukci o jednom poli. V práci se zaměřte především na návrh betonové nosné konstrukce mostu. 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 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 Úkolem této bakalářské práce je vytvořit návrh silničního předpjatého mostu přes řeku Budišovku. Studie byla zpracována ve třech variantách, z nichž jedna byla vybrána pro podrobné zpracování. Rozpětí mostu je 17,0 metrů. Vybraná varianta byla posouzena na na mezní stavy únostnosti a mezní stavy použitelnosti dle ČSN EN 1992-2.

KLÍČOVÁ SLOVA Předpjatý most, deskový most, předpjatý beton, ztráty předpětí, mezní stav únostnosti, mezní stav použitelnosti

ABSTRACT The purpose of this bachelor's thesis is to design a prestressed road bridge over the river Budišovka. Three preliminary studies have been proposed out of which one is subject to more detailed design. The span of the bridge is 17.0 metres. The selected solution was assessed for ultimate and serviceability limit states according to ČSN EN 1992-2.

KEYWORDS Prestressed bridge, road bridge, prestressed concrete, prestress losses, ultimate limit state, serviceability limit state

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Tomáš Drabina *Silniční most přes řeku budišovku.* Brno, 2018. 9 s., 69 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 17. 5. 2018

Tomáš Drabina

autor práce

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 17. 5. 2018

Tomáš Drabina
autor práce

Poděkování:

Zde bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Koláčkovi, Ph.D. za ochotu, vedení práce a množství rad.

OBSAH

1. ÚVOD 2
2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE 2
3. STUDIE 2
3.1. Varianta A 3
3.2. Varianta B 3
3.3. Varianta C 3
4. TECHNICKÝ POPIS 3
4.1. Nosná konstrukce 3
4.2. Mostní svršek 3
4.3. Mostní vybavení 4
4.4. Římsy 4
4.5. Uložení Mostovky 4
4.6. Spodní stavba 4
4.7. Mostní závěr 4
5. POUŽITÉ MATERIÁLY 5
5.1. Beton 5
5.2. Betonářská výztuž 5
5.3. Předpínací výztuž a kotvy 5
6. POSTUP VÝSTAVBY 5
6.1. Fáze výstavby 5
6.2. Postup výstavby 5
7. STATICKÉ ŘEŠENÍ 6
8. ZÁVĚR 6
9. SEZNAM POUŽITÝCH NOREM A LITERATURY 7
10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ 7
11. SEZNAM PŘÍLOH 9

1. ÚVOD

Smyslem práce bylo vytvořit předpjatý silniční most o jednom poli přes řeku Budišovku v obci Buišov nad Budišovkou. Konstrukce bude převádět komunikaci třetí třídy s označením III/44325. kategorijní šířky S7,5.

Stávající stav nevyhovuje požadavkům na dostatečnou kapacitu průtoku a konstrukce bude nahrazena. Budou navrženy tři varianty přemostění, z nichž všechny zahrnují rozšíření koryta. Jeden z těchto návrhů bude předmětem podrobného zpracování.

Most bude navržen dle platných norem, zatížen dopravou – sestavami gr1a, gr4 a z důvodu pohybu těžkých vozidel kolem čističky odpadních vod gr5 1800/200. K výpočtu vnitřních sil a jejich kombinací bude použit software SCIA Engineer. Hodnoty budou ověřeny ručním výpočtem.

2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Název stavby:	Most přes řeku Budišovku
Katastrální území:	Budišov nad Budišovkou
Obec:	Budišov nad Budišovkou
Kraj:	Moravskoslezský
Okres:	Opava

Délka přemostění:	16,19 m
Délka nosné konstrukce:	18,00 m
Rozpětí mostu:	17,00 m
Úhel křížení:	90 °
Volná výška pod mostem:	1,97 m
Šířka mostu:	9,10 m
Šířka nosné konstrukce:	8,60 m
Stavební výška mostu:	0,70 m
Příčný sklon:	2,5 %
Podélný sklon:	1 %

3. STUDIE

Byly zpracovány tři varianty. Vybrána byla předpjatá deska obdélníkového průřezu (Varianta A), která umožní dostačující a ekonomické řešení přemostění.

3.1. Varianta A

Tato varianta je navržena jako předpjatá desková konstrukce obdélníkového průřezu s průměrnou výškou 700 mm. Rozpětí mostu je 17,00 m a uložení je provedeno na 4 hrncová ložiska. Z důvodu jednoduchosti bednění je tato studie preferována.

3.2. Varianta B

Varianta B je navržena jako předpjatá dvoutrámová konstrukce. Výška trámu je 1400 mm. Průměrná výška desky je 420 mm. Rozpětí mostu je 17,00 m a uložení je provedeno na 4 hrncová ložiska. Zamítnuto kvůli náročnosti provedení.

3.3. Varianta C

Tento návrh je předepjatá desková konstrukce se zkosenými náběhy. Průřez tvaru symetrického lichoběžníku s průměrnou výškou 650 mm. m^2. Rozpětí mostu je 17,00 m a uložení je provedeno na 4 hrncová ložiska. Pro zanedbatelnou úsporu materiálu a větši složitost provedení zamítnuto.

4. TECHNICKÝ POPIS

4.1. Nosná konstrukce

Nosná konstrukce je navržena jako předpjatá mostní deska obdélníkového průřezu z betonu C30/37, stupeň vlivu prostředí XF2, XD1, XC4. Je předepnuta 24 kabely s 8 lany Y 1860-S7-15,7, které jsou kotveny pomocí aktivních kotev VSL typ GC. Na dodatečné vyztužení je použita betonářská výztuž B500B. Průměrná tloušťka desky je 700 mm, ve vrcholu 750 mm a v nejtenším místě 658 mm.

4.2. Mostní svršek

Konstrukce vozovky celkové tloušťky 90 mm.

Obrusná vrstva	ACO 11 S	40 mm
Spojovací postřik 0,3 kg/m^2 PS		
Ložná vrstva	ACL16+	45 mm
Spojovací postřik 0,3 kg/m^2 PS		
Celoplošná izolace		5 mm
Pečetící epoxidová vrstva		
Celkem		**90 mm**

Kvůli odvodnění je v příčném směru proveden střechovitý sklon 2,5 %, podélný sklon je 1 % po směru staničení.

4.3. Mostní vybavení

Na levé i pravé straně je navržen chodník s ocelovým zábradlím třídy S235 o výšce 1100 mm. Pro malou frekventovanost a nízkou rychlost projíždějících vozidel, není navrženo svodidlo.

4.4. Římsy

Na obou stranách jsou navrženy římsy jako monolitické z vyztuženého betonu třídy C30/37, stupeň prostředí C30/37, XF4, XD3, XC3. Šířka levé i pravé římsy je 1500 mm. Kvůli odvodnění navržen dostředný sklon 4 %.

4.5. Uložení Mostovky

Mostovka je uložena na 4 hrncová ložiska průměru 300 mm. Uložení je provedeno tak, aby byla umožněna dilatace ve všech směrech. Na první opěře je ložisko pevné a ložisko umožňující pohyb v příčném směru, na druhé opěře je deska uložena na jednom umožňující dilataci v podélném směru a druhém všesměrném ložisku. Podložiskové bloky zalícovány s vnitřní hranou opěry.

4.6. Spodní stavba

Hlavní nosná konstrukce je uložena na gravitační opěry z prostého betonu třídy C30/37, stupeň prostředí XC4. Základ třídy C25/30 je plošně založený na podkladním betonu tl. 100 mm. Závěrná zídka má šířku 400 mm a úložný práh, který je vyspádovaný pod úhlem 4%, má výšku 520 mm. Dále jsou na obou opěrách zavěšeny mostní křídla C30/37.

4.7. Mostní závěr

Na obou stranách desky je navržen elastický mostní závěr, který umožní délkové změny.

5. POUŽITÉ MATERIÁLY

5.1. Beton

Předpjatá nosná konstrukce	C30/37, XF2, XD1, XC4
ŽB římsy	C30/37, XF4, XD3, XC3
ŽB opěry	C30/37, XF4, XD2, XC4
ŽB základy	C25/30, XA1, XD2, XC4
Křídla	C30/37, XF1, XD1, XC4
Závěrná zeď	C30/37, XF4, XD3, XC4
Úložný práh	C30/37, XF4, XD3, XC4

5.2. Betonářská výztuž

Je navržena výztuž třídy B500B, krytí 55 mm.

5.3. Předpínací výztuž a kotvy

Konstrukce je předepnuta 24 kabely po 8 lanech Y 1860-S7-15,7. Pro zakotvení jsou použity aktivní kotvy VSL GC 6-12.

6. POSTUP VÝSTAVBY

6.1. Fáze výstavby

- t_s = 6 dní — doba ošetřování betonu
- t_0 = 28 dní, 672 hodin — předepnutí
- t_{g1} = 300 dní, 5 měsíců — zatížení svrškem
- t_q = 365 dní, 12 měsíců — zatížení dopravou
- t_r = 57 let, 500 000 hodin — koncový okamžik relaxace
- t_∞ = 36 500 dní, 100 let — uvažovaná životnost mostu

6.2. Postup výstavby

- Demolice stávající konstrukce
- Zemní práce, úprava koryta řeky
- Úprava základové spáry
- Betonáž spodní stavby
- Betonáž úložného prahu s podložiskovými bloky
- Montáž skruže a betonáž nosné konstrukce
- Předepnutí konstrukce a zabetonování kotev
- Betonáž závěrné zídky
- Zasypání a zhutnění prostoru za opěrami

- Provedení izolace
- Osazení závěru
- Betonáž říms
- Úprava koryta řeky
- Položení vozovky
- Instalace příslušenství na mostu
- Dokončovací práce
- Uvedení do provozu

7. STATICKÉ ŘEŠENÍ

Model i výpočet konstrukce je proveden v sofwaru SCIA Engineer. V programu je zatížení roznášeno na střednici pod úhlem 45 °. Byl použit deskový model s proměnnou tloušťkou na 4 podporách, reprezentující hrncová ložiska. Hodnoty vnitřních sil z programu byly použity pro posouzení.

8. ZÁVĚR

Statický výpočet předpjaté desky byl proveden v rozsahu stanoveném vedoucím bakalářské práce. Vnitřní síly byly stanoveny v programu SCIA Engineer. Byla navržena deska obdélníkového průřezu z betonu C30/37, předepnuta 24 kabely po 8 lanech Y-1860-S7-15,7 a dodatečně vyztužena betonářskou výztuží B500B. Konrétní specifikace všech použitých norem se nachází v seznamu použitých zdrojů. Podrobné výkresová dokumentace je součástí přílohy P2.

9. SEZNAM POUŽITÝCH NOREM A LITERATURY

- ČSN EN 1991-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou. Praha: ČNI, 2005.
- ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí –Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI, 2005.
- ČSN EN 1992-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí -Část 2: Betonové mosty –Navrhování a konstrukční zásady. Praha: ČNI, 2007.
- Betonové mosty I : zásady navrhování. VUT v Brně FAST, 2014. Studijní opory pro studijní programy s prezenční formou studia. , Ing. Radim NEČAS Ph.D., Ing.Jan KOLÁČEK, Ph.D., Ing. Josef Panáček.
- FREYSSINET CS, a.s. [online] dostupné z http://www.freyssinet.cz/gallery/loziska_hrncova_tetron_cd.pdf
- VSL SYSTÉMY /CZ/, s.r.o. [online] dostupné na http://www.vsl.cz/dodatecnepredpinani/2-kotvy

10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

LATINSKÁ PÍSMENA

A_c	*plocha betonového průřezu*
$A_{c,r}$	*plocha betonového průřezu oslabeného o kanálky*
A_p	*plocha předpínací výztuže*
$A_{p,1}$	*plocha jednoho lana předpínací výztuže*
A_s	*plocha betonářské výztuže*
A_{sw}	*plocha smykové výztuže*
$A_{s,req}$	*nutná plocha betonářské výztuže*
$A_{s,st}{}^h$	*plocha betonářské horní příčné výztuže*
$A_{,st}{}^d$	*plocha betonářské dolní příčné výztuže*
$A_{s,ss}{}^h$	*plocha betonářské horní podélné výztuže*
$A_{s,ss}{}^d$	*plocha betonářské dolní podélné výztuže*
$A_{s,min}$	*minimální plocha výztuže*
$A_{s,mas}$	*maximální plocha výztuže*
b	*šířka průřezu*
b_s	*spolupůsobící šířka soustředěného zatížení v příčném směru*
b_r	*roznášecí šířka soustředěného zatížení v příčném směru*
c	*krytí výztuže*
d	*účinná výška průžezu*
d_r	*roznášecí šířka soustředěného zatížení v podélném směru*
e	*excentricita*
e_p	*excentricita předpínací síly*
$e_{p,r}$	*excentricita předpínací síly v oslabeném průřezu*
E_{cm}	*modul pružnosti betonu*
E_{cu3}	*modul přetvoření*

E_p	*modul pružnosti předpínací oceli*
E_s	*modul pružnosti betonářské oceli*
F_{cc}	*síla v tlačené oblasti betonu*
ΔF_p	*zbytková síla v předpínací výztuži*
F_{st}	*síla v betonářské výztuži*
f_{ck}	*charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku*
f_{cd}	*návrhová pevnost betonu v tlaku*
f_{pk}	*charakteristická pevnost předpínací výztuže v tahu*
f_{pd}	*návrhová pevnost předpínací výztuže v tahu*
$f_{p0,1k}$	*charakteristická hodnota meze kluzu 0,1% předpínací oceli*
f_{yk}	*charakteristická mez kluzu betonářské výztuže*
f_{yd}	*návrhová mez kluzu betonářské výztuže*
g_k	*charakteristická hodnota stálého zatížení*
g_d	*návrhová hodnota stálého zatížení*
h	*výška desky*
I_c	*moment setrvačnosti betonového průřezu*
$I_{c,r}$	*moment setrvačnosti oslabeného betonového průřezu*
J	*délka jádrové úsečky*
L	*délka*
M_{ek}	*charakteristická hodnota ohybového momentu*
M_{Ed}	*návrhová hodnota ohybového momentu*
M_{Rd}	*návrhová hodnota momentu únosnosti*
N_{Ed}	*návrhová hodnota normálové síly*
P	*předpínací síla*
P_{m0}	*předpínací síla v čase t0*
$P_{m\infty}$	*předpínací síla v čase t∞*
q_k	*charakteristická hodnota proměnného zatížení*
q_d	*návrhová hodnota proměného zatížení*
Q_k	*charakteristická hodnota nápravové síly*
v_{st}	*krátkodobá složka průhybu*
v_{lt}	*dlouhodobá složka průhybu*
V_{ED}	*návrhová hodnota posouvající síly*
$V_{RD,c}$	*únosnost bez smykové výztuže*
W	*modul průřezu*
$W_{c,r}$	*modul oslabeného betonového průřezu*
x	*výška tlačené oblasti betonu, poloha N0*
z	*rameno vnitřních sil*
z_{cc}	*rameno vnitřních sil síly v tlačené oblasti betonu*
z_{pt}	*rameno vnitřních sil předpínací výztuže*

LATINSKÁ PÍSMENA

γ_C	*součinitel spolehlivosti betonu*
γ_c	*součinitel spolehlivosti oceli*
γ_G	*součinitel stálého zatížení*
γ_q	*součinitel proměnného zatížení*

$\Delta\sigma_p$	*změna napětí ve výztuži*
ε_c	*poměrné přetvoření betonu*
ε_s	*poměrné přetvoření oceli*
ε_p	*poměrné přetvoření předpínací oceli*
λ	*redukční součinitel*
μ	*součinitel tření*
ρ	*stupeň vyztužení*
σ_p	*napětí v předpínací výztuži*
σ_{c1}	*napětí v dolních vláknech průřezu*
σ_{c2}	*napětí v horních vláknech průřezu*
ψ	*kombinační součinitel*

11. SEZNAM PŘÍLOH

P1. Podklady, studie a vizualizace

P2. Přehledné a podrobné výkresy zvoleného návrhu mostu

P3. Statický výpočet