



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

LÁVKA PŘES LABE

FOOTBRIDGE ACROSS THE LABE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Rostislav Krč

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. JIŘÍ STRÁSKÝ, DrSc.

BRNO 2017



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
PRACOVISŤE	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. Rostislav Krč
NÁZEV	Lávka přes Labe
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	prof. Ing. Jiří Stráský, DrSc.
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry.

Základní normy:

ČSN 73 6201 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 doporučená vedoucím diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Pro zadaný problém navrhnete tři varianty řešení a zhodnotíte je.

Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu provedte podle mezních stavů včetně zohlednění vlivu výstavby mostu.

Statický výpočet zpracujte pro jeden most, výkresy pro oba mosty.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje 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)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 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 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).

.....
prof. Ing. Jiří Stráský, DrSc.

Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem předpjaté betonové lávky převádějící stezku pro pěší a cyklisty přes řeku Labe u města Čelákovice. Byly analyzovány tři varianty a pro další výpočet byla vybrána zavěšená konstrukce o třech polích, jejíž mostovka je tvořena komorovým průřezem zavěšeným v ose na jednu řadu závěsů. Zavěšení konstrukce je na dvojici betonových pylonů tvaru písmene 'A'. Tato varianta byla dále analyzována v programovém prostředí SCIA Engineer a posouzena na mezní stavy použitelnosti a únosnosti podle platných evropských norem (Eurokódů). Bylo posouzeno globální chování konstrukce, montážní stavy, lokální porušení průřezu mostovky, pylony a závěsy. Posudky byly prováděny v programu IDEA StatiCa a byly kombinovány s ručními výpočty. Nakonec byla rovněž analyzována dynamická odezva lávky, kdy byly zjištěny vlastní tvary a frekvence a analyzována odezva na harmonické buzení. Součástí práce je výkresová dokumentace, stavební postup a vizualizace zvolené varianty.

Klíčová slova

lávka pro pěší, zavěšený most, tři mostní pole, pylony, předpjatý beton, komorový průřez, návrh a posouzení, mezní stavy, dynamická analýza, vlastní tvary a frekvence

Abstract

The thesis focuses on design of prestressed concrete footbridge which passes pedestrian and bicycle path over the Elbe river near city of Celakovice in the Czech Republic. Three different bridge options were analyzed and for further development a cable-stayed footbridge was chosen. Its bridge deck is formed of a box girder supported by cables in its vertical axis and all cable stays are anchored into two concrete A-shaped pylons. This structure was analyzed in SCIA Engineer and assessment of serviceability limit states and ultimate limit states according to recent European standards (Eurocodes) was made. Both the global structural behavior and the local structural integrity of box cross-section were assessed as well as construction stages and cross-sections of pylons and cable stays. Assessments were performed in IDEA StatiCa combined with hand calculations. Eventually a dynamic response of structure was analyzed. Natural modes and frequencies were found and forced oscillation response was evaluated. The thesis includes technical drawings, construction process and visualization.

Keywords

footbridge, cable-stayed bridge, three spans, pylons, prestressed concrete, box girder, design and assessment, limit states, dynamic analysis, natural frequencies and modes

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Rostislav Krč *Lávka přes Labe*. Brno, 2016. 34 s., 418 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce prof. Ing. Jiří Stráský, DrSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9. 1. 2017

.....
Bc. Rostislav Krč
autor práce

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu své diplomové práce panu prof. Ing. Jiřímu Stráskému, DrSc. za čas, který mi věnoval při konzultacích, za užitečné rady a za poskytnuté materiály. Také děkuji ostatním členům ústavu betonových a zděných konstrukcí za získané znalosti, bez nichž by tato práce nemohla vzniknout. Nakonec chci poděkovat svým rodičům za podporu při studiu vysoké školy.

OBSAH:

1	ÚVOD	9
2	ZÁKLADNÍ ÚDAJE	10
2.1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE LÁVKY	10
2.2	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ	10
3	UMÍSTĚNÍ A ZDŮVODNĚNÍ LÁVKY	12
3.1	ZDŮVODNĚNÍ STAVBY	12
3.2	PŘEKONÁVANÁ PŘEKÁŽKA	12
3.3	PŘEVÁDĚNÁ KOMUNIKACE	13
3.4	ÚZEMNÍ PODMÍNKY	13
3.5	GEOLOGICKÉ A HYDROLOGICKÉ PODMÍNKY	13
3.6	OBJEKTY A INŽENÝRSKÉ SÍŤE DOTČENÉ STAVBOU	14
4	VARIANTY ŘEŠENÍ	15
4.1	VARIANTA A	15
4.2	VARIANTA B	15
4.3	VARIANTA C.....	15
4.4	VYHODNOCENÍ.....	15
5	STAVEBNĚ-TECHNICKÉ ŘEŠENÍ.....	16
5.1	POPIS KONSTRUKCE LÁVKY	16
5.2	ZALOŽENÍ LÁVKY	16
5.3	SPODNÍ STAVBA	16
5.3.1	Opěry	16
5.3.2	Pylony	17
5.4	NOSNÁ KONSTRUKCE.....	17
5.4.1	Mostovka	17
5.4.2	Závěsy	18
5.5	ULOŽENÍ LÁVKY	19
5.6	PŘÍSLUŠENSTVÍ A VYBAVENÍ	19
5.6.1	Skladby vozovky	19
5.6.2	Odvodnění	19
5.6.3	Závěr	20
5.6.4	Zábradlí	20
5.6.5	Osvětlení.....	20
5.6.6	Pozorovací body	20
5.6.7	Letopočet.....	20
5.6.8	Úpravy v okolí	20
5.7	POUŽITÉ MATERIÁLY	20

5.7.1	Beton	20
5.7.2	Betonářská výztuž.....	21
5.7.3	Předpínací výztuž	21
5.7.4	Závěsy	21
5.7.5	Konstrukční ocel	21
6	VÝSTAVBA	22
6.1	PŘÍPRAVNÉ A ZEMNÍ PRÁCE	22
6.2	STAVEBNÍ POSTUP	22
6.3	ZÁVAZNÉ PODMÍNKY	22
6.4	OMEZENÍ PROVOZU.....	23
6.5	BEZPEČNOST A OCHRANA.....	23
6.6	VLIV STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	23
7	STATICKE ŘEŠENÍ.....	24
7.1	VÝPOČETNÍ MODEL.....	24
7.2	ZATÍŽENÍ.....	24
7.3	POSOUZENÍ	24
8	ZNAČENÍ	25
9	ZÁVĚR.....	26
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	27
	Normy a předpisy	27
	Odborné publikace a články	27
	Studijní opory a přednášky	28
	Technické specifikace a katalogy.....	28
	Ostatní	28
	Použitý software	29
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	30
12	SEZNAM PŘÍLOH	34

1 ÚVOD

Cílem této diplomové práce je zpracování návrhu a posouzení betonové lávky pro pěší a cyklisty přes řeku Labe u města Čelákovice. Původní lávka byla v roce 2013 kvůli svému technickému stavu uzavřena. V dubnu roku 2014 byla v místě řešeného přemostění dokončena stavba nové lávky, která v současnosti slouží jako spojení obou břehů. Diplomová práce se zabývá návrhem alternativní konstrukce, bez nutnosti zakotvení tří krajních závěsů do opěr.

Byly zpracovány tři varianty přemostění a jako nejvhodnější se ukázala zavěšená konstrukce o třech polích, která byla dále podrobně rozebrána. Závěsy jsou pro oddělení pěší a cyklistické dopravy situovány v ose mostovky, jejíž průřez je přibližně trojúhelníkový. Kvůli vyrovnání účinků stálého zatížení na pylony je v nejdelším středním poli přes řeku použit průřez vylehčený dvěma komorami. Průřez je již během montáže předepnut. Zvolená varianta je dále posouzena na mezní stavy použitelnosti a únosnosti podle aktuálně platných evropských norem.

Pro výpočet je použit statický software SCIA Engineer, kde je řešená konstrukce pro určení globálního chování modelována prutovými prvky. Dále jsou posuzovány fáze výstavby a lávka je rovněž podrobena dynamické analýze. Lokální ověření vylehčeného průřezu mostovky je provedeno na deskostěnovém modelu. Pro posouzení jednotlivých betonových je použit program IDEA StatiCa, který je kombinován s ručními výpočty, často automatizovanými v tabulkovém procesoru pro získání optimálního návrhu. Veškeré důležité výstupy jsou podrobně popsány v přílohách tohoto textu.

2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

2.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE LÁVKY

Název stavby:	Lávka přes Labe
Staničení na vodním toku:	říční km 872,74
Investor:	Vysoké učení technické v Brně Antonínská 548/1 Brno 601 90
Projektant hlavní nosné konstrukce:	Bc. Rostislav Krč
Obec:	Čelákovice
Kraj:	Středočeský
Katastrální území:	Čelákovice (619159) Káraný (708020)
Správce mostu:	Město Čelákovice
Místo stavby:	extravilán obce Čelákovice přes koryto řeky Labe
Bod křížení:	$y = 717\,711,52$; $x = 1\,037\,114,639$
Souřadný systém:	S-JTSK, B.p.v.

2.2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ

Druh převáděné komunikace	stezka pro pěší a cyklisty
Přemostovaná překážka	vodní tok Labe
Počet mostních polí	3 pole
Počet úrovní mostovky	jedna úroveň
Výšková poloha mostovky	mezilehlá
Přesypávka	není
Měnitelnost základní polohy	trvalý most
Průběh trasy na mostě	směrově v přímé výškově ve vrcholovém oblouku
Úhel křížení	kolmý

Materiál	beton
Statická funkce hlavní nosné konstrukce	zavěšená lávka
Volná výška na mostě	4,00 m
Uspořádání příčného řezu	otevřeně uspořádaný
Délka přemostění	254,20 m
Délka mostu	256,60 m
Délka nosné konstrukce	256,00 m
Rozpětí polí	49,50 m; 156,00 m; 49,50 m
Šikmost mostu	100 ^g ,(kolmý)
Volná šířka mostu	2x 2,50 m
Šířka chodníků	2x 2,50 m
Šířka mezi zábradlím	5,40 m
Šířka mostu	6,20 m
Šířka nosné konstrukce	6,20 m
Výška mostu	12,90 m
Volná výška nad plavební hladinou	7,65 m
Volná výška nad stezkou na břehu řeky	4,82 m
Stavební výška mostu	1,30 m
Konstrukční výška mostu	1,45 m
Výška vrcholu pylonu nad terénem	35,80 m (oba pylony)
Plocha nosné konstrukce mostu	1587,20 m ²
Zatížení mostu	dle ČSN EN 1991-2

3 UMÍSTĚNÍ A ZDŮVODNĚNÍ LÁVKY

3.1 ZDŮVODNĚNÍ STAVBY

Po uzavření původní lávky vedoucí přes zdymadlo Čelákovice v roce 2013, která byla ve špatném technickém stavu, je nyní jediným spojením přes Labe provizorní přívoz. Nová lávka bude oproti té původní postavena přibližně 400 m proti proudu Labe a znovu tak spojí město Čelákovice s chatovou oblastí Grado na pravém břehu řeky. Vzhledem k tomu že denně přívoz přes řeku přepraví několik desítek lidí, je z dlouhodobého hlediska stavba nové lávky nutnost.



Obr. 3.1 Mapa s vyznačením řešeného přemostění [31]

3.2 PŘEKONÁVANÁ PŘEKÁŽKA

Překonávanou překážkou je vodní tok Labe. Koryto má v místě stavby šířku přibližně 140 m a hloubku 2,7 m. Nejbližší stanice pro měření průtoku je Nymburk na říčním km 895,90. Průměrný průtok ve stanici $Q_a = 73,7 \text{ m}^3/\text{s}$, návrhový stoletý průtok potom $Q_{100} = 1150 \text{ m}^3/\text{s}$. Řeka se v době povodní vylévá z kynety a zaplavuje přilehlé bermy. Lze tedy předpokládat občasné zaplavení pat pylonů.

Střední tok Labe je vodní cestou kategorie IV s podjezdnou výškou mostů 5,25 m. Uvažuje se pozdější zvýšení této výšky na 7,00 m, pro kategorii evropské vodní cesty Va. Lávka je proto navržena na plavební profil 70x7 m s výškovou rezervou 0,75 m mezi plavebním profilem a nejnižším místem konstrukce v době běžného stavu hladiny.

3.3 PŘEVÁDĚNÁ KOMUNIKACE

Převáděnou komunikací je stezka pro pěší a cyklisty spojující město Čelákovice na levém břehu řeky s rekreační oblastí Grado na břehu pravém. Lávka zároveň umožní spojení cyklotrasy 0019 na levém břehu s cyklotrasou "2, Labská" (s návazností na 0041) na břehu pravém.

Z důvodu velké délky mostu je pro zachování bezpečnosti pěších bez současného omezení rychlosti cyklistů doprava rozdělena podle druhu konstrukčním uspořádáním příčného řezu. Šířkové uspořádání na mostě je potom 2x 2,5 m se středním rozdělením šířky 0,4 m. Směrově je trasa vedena v přímé. Niveleta trasy stoupá v poli 1 ve sklonu 6,0%, kde v místech pylonu přechází ve vrcholový oblouk, kterým překonává pole 2 a v poli 3 opět klesá ve sklonu 6,0 %. Příčný sklon je navržen střešovitý ve sklonu 2,0 %.

3.4 ÚZEMNÍ PODMÍNKY

Lávka se nachází v extravilánu obce Čelákovice v převážně rovinatém nížinném území v nadmořské výšce 174 m B.p.v. Řeka Labe je v tomto místě relativně široká a s klidným tokem. Přibližně 400 m po proudu se nachází zdymadlo Čelákovice s instalovanou malou vodní elektrárnou. Na levém břehu se leží roztroušená městská zástavba a na pravém břehu pak lužní les přecházející v chatovou oblast. Na obou březích vedou místní zpevněné komunikace sloužící převážně pro obsluhu rekreačních nemovitostí a jako cyklotrasy.

3.5 GEOLOGICKÉ A HYDROLOGICKÉ PODMÍNKY

Stavba se nachází v území Českého masivu tvořené kvartérními horninami. V místě opěr a pylonů na březích řeky lze nalézt nezpevněný nivní sediment složený z fluvialní hlíny, jílu, písku nebo písčitých štěrků. Skalní podloží je tvořeno pískovci, jílovcí a slepenci, které se nachází v hloubce přibližně 9,7 m. Pro účely stavby však nebyl proveden detailní inženýrsko-geologický průzkum, proto přesná skladba podloží, ani hloubka skalní horniny není známa.

Vzhledem k blízkosti vodního toku lze očekávat vysokou hladinu podzemní vody, což musí být při stavbě a výkopových pracích zohledněno a navržena opatření zabraňující vtoku vody do stavební jámy.

3.6 OBJEKTY A INŽENÝRSKÉ SÍTĚ DOTČENÉ STAVBOU

Vlastníkem parcel na obou březích řeky v místě plánované lávky je město Čelákovice, proto nedojde k žádnému trvalému záboru na parcelách sousedních soukromých nemovitostí. Objekty na levém břehu řeky však mohou být dočasně dotčeny výstavbou.

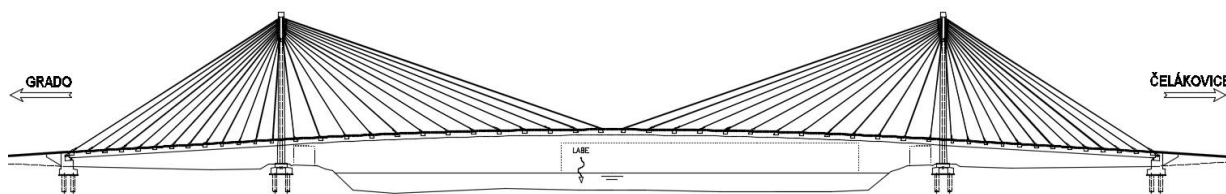
Na obou březích se nachází vzdušné silové vedení, které bude v místě lávky přeloženo do podzemní chráničky, aby nekolidovalo se závěsy. Další inženýrské sítě nejsou nyní známy, proto musí být před zahájením stavby proveden průzkum a veškeré nalezené sítě vytyčeny.

4 VARIANTY ŘEŠENÍ

Celkem byly zpracovány tři varianty řešení daného přemostění, z nichž byla vybrána neoptimálnější varianta, která byla dále podrobněji analyzována. Podrobné zpracování všech variant je součástí samostatné přílohy, proto je zde uveden pouze základní přehled.

4.1 VARIANTA A

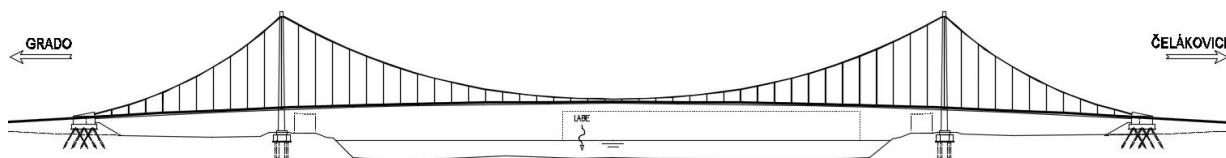
Ve variantě A je lávka řešena jako zavěšená konstrukce o třech polích.



Obr. 4.1 Schéma podélného řezu varianty A

4.2 VARIANTA B

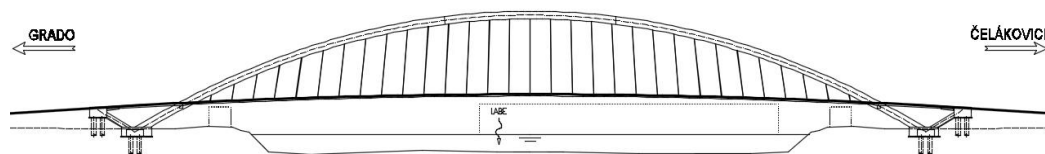
Ve variantě B je pro přemostění řeky použita visutá konstrukce o třech polích.



Obr. 4.2 Schéma podélného řezu varianty B

4.3 VARIANTA C

Varianta C řeší přemostění řeky pomocí obloukové konstrukce o jednom poli.



Obr. 4.3 Schéma podélného řezu varianty C

4.4 VYHODNOCENÍ

Jako neoptimálnější řešení byla zvolena varianta A (zavěšená konstrukce), která bude dále podrobněji rozebrána.

5 STAVEBNĚ-TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

5.1 POPIS KONSTRUKCE LÁVKY

Konstrukci lávky tvoří tři pole s rozpětím 49,5+156,0+49,5 m. Hlavní nosná konstrukce je ve všech polích řešena jako zavěšená jednou řadou závěsů kotvenou v ose lávky. Mostovka výšky 1,30 m je v krajních polích plného trojúhelníkového průřezu, který je ve středním poli vylehčen dvěma komorami. Toto řešení je nutné pro účinků vlastní tíhy na pylony. Konstrukce je na krajích uložena na masivní opěry založené na pilotách. Podpěry rozdělující pole 1 a 2 a pole 2 a 3 tvoří dvojice pylonů tvaru písmene A, jež jsou vetknuty do patek, které jsou rovněž založeny na skupině pilot. Mostovka je průběžná po celé délce mostu a v místech pylonů je podepřena pouze na bocích. Podepření ve svislém směru tvoří 13 závěsů v polích 1 a 3 a $2 \times 13 = 26$ závěsů v poli 2.

5.2 ZALOŽENÍ LÁVKY

Vzhledem k charakteru podloží v blízkosti řeky je založení opěr i patek pylonů řešeno jako hlubinné na skupině pilot. Pod každou z opěr je navrženo šest velkopřůměrových vrтанých pilot o průměru 1000 mm. Pod každou z patek pylonů je navrženo osm velkopřůměrových vrтанých pilot rovněž o průměru 1000 mm, které jsou rozděleny dvě dvojice, kdy pod každou nohou pylonu se nachází vždy čtyři piloty. Délka pilot bude upřesněna až na základě podrobného geologického průzkumu, ale předpokládá se přibližně 10 m.

Pod opěrami i patkami pylonů je dále navržena vrstva podkladního betonu tloušťky 150 mm.

5.3 SPODNÍ STAVBA

5.3.1 Opěry

Krajní opěry jsou řešeny jako masivní z železobetonu a jsou dlouhé 5900 mm. Šířka spodní části (patky) nad pilotami je 4200 mm a vystupuje před dřík o 1000 mm na jedné a o 500 mm na druhé straně. Výška této části je 1300 mm. Dřík opěry je šířky 2700 mm a výšky 1100 mm. Navazující úložný práh je šířky rovněž 2700 mm, výšky 1000 mm a jeho horní povrch je ve slonu 4 % směrem k závěrné zídce, kde je umístěno odvodnění. Závěrná zídka je ve spodní části široká 800 mm. V horní části pod vrstvami vozovky je rozšířena na 1300 mm, neboť je třeba mezi nosnou konstrukcí a závěrnou zídkou vytvořit kapsu o šířce 1000 mm pro umístění fluid lock-up device.

Křídla jsou rovněž železobetonová, vetknutá do opěry a jsou rovnoběžná s přístupovou komunikací. Jejich délka je 3500 mm a šířka 500 mm. Přechodová oblast je tvořena šterkovým klínem ve sklonu 1:10 směrem k opěře. Materiál přechodového klínu je šterkopísek frakce 0/32 jež je zhutněný na 100 % dle Proctor standart.

Izolace spodní stavby je tvořena PVC folií mezi dvojicí ochranných geotextilií. Takto je zaizolována ta část spodní stavby, která je ve styku se zeminou. Odvodnění rubu spodní stavby je tvořeno šterkopískovým drenážním žebrem šířky 500 mm a perforovanou drenážní plastovou trubkou průměru 150 mm, uloženou na podkladní beton tloušťky 150 mm. Základ drenáže je tvořen prostým betonem. Zatékání vody pod základ je zamezeno těsnící clonou z PVC tl. 0,2 mm, která je uložena ve sklonu 5 % směrem k drenáži.

5.3.2 Pylony

Patky obou pylonů jsou železobetonové délky 13000 mm. Spodní část patky je výšky 1540 mm a šířky 5000 v místě pod nohami pylonu, jež se ve střední části patky délky 5600 mm zužuje na 2000 mm a vytváří tak jakési "táhlo". Patka má v místě pod nohami pylonu rovněž druhý stupeň výšky 1060 mm a šířky 3000 mm, který vystupuje nad terén a do nějž jsou vetknuty nohy pylonu. Veškeré horní povrchy patky jsou pro zajištění odvodnění ve sklonu 1:10. Izolace patky pylonu je tvořena PVC folií mezi dvojicí ochranných geotextilií. Takto je zaizolována ta část spodní stavby, která je ve styku se zeminou.

Vlastní pylony jsou kolmé železobetonové výšky 35500 mm nad druhým stupněm patky a mají tvar písmene A. Délka pylonu v patě je 11000 mm a ve vrcholu 1000 mm. Šířka pylonu v patě je 1600 mm a v nejvyšším místě 1200 mm. Průřez nohy pylonu má tvar písmene T se stojinou směřující vně. Tloušťka pásnice je konstantní, její šířka se zužuje směrem k vrcholu. Tloušťka stojiny je rovněž konstantní a její výška se směrem vrcholu snižuje až na 0 mm, takže průřez v nejvyšším místě pylonu má tvar obdélníku. Obě nohy se ve výšce 28700 mm nad patkou spojují a vytváří tak vrchol pylonu. Ve vrcholu pylonu je provedena kapsa šířky 800 mm a výšky 5760 mm, ze které vystupuje kotevní plech, do něhož jsou kotveny závěsy.

5.4 NOSNÁ KONSTRUKCE

5.4.1 Mostovka

5.4.1.1 Krajní pole

Mostovku tvoří v krajních polích přibližně trojúhelníkový dodatečně předpjatý betonový nosník. Celková šířka nosníku je 6200 mm a výška v ose je 1450 mm. Okraje nosníku šířky 400 mm jsou vyvýšeny o 140 mm a je do nich kotveno zábradlí. Střední dělicí část je široká

400 mm, je vyvýšena o 150 mm a vystupují z ní kotevní plechy, do nichž jsou kotveny jednotlivé závěsy. Mezi vyvýšenými částmi tak vznikají dva pruhy každý šířky 2500 mm, jejichž horní povrch jsou ve sklonu 2,0 % směrem k odvodňovačům umístěným na krajích nosné konstrukce.

V mostovce je vedeno šest předpínacích kabelů napnutých před montáží středního pole. 2x jeden 8-mi lanný kabel je veden po stranách průřezu a na každý z nich navazuje ve středním poli dvojice předpínacích tyčí $\Phi 40$ mm. 2x dva kabely 7-mi lanné kabely jsou vedeny u spodního a horního povrchu v ose průřezu a na každou dvojici navazuje ve středním poli dvojice předpínacích tyčí $\Phi 50$ mm. Dvojice předpínacích kabelů pro celkové předepnutí je umístěna přibližně v těžišti průřezu ve vzájemné vzdálenosti 168 mm od sebe. Oba kabely jsou 9-ti lanné.

5.4.1.2 Střední pole

Průřez středního pole má vnější rozměry a uspořádání stejné jako průřez použitý v krajních polích, jen je po délce vylehčen dvojicí komor a vytváří tak dvoukomorový nosník trojúhelníkového tvaru. Střední dělicí stěna mezi oběma komorami má šířku 400 mm, tloušťka horní i spodní desky je pak 140 mm. Průřez je v místě kotvení závěsů ztužen příčnickem (plný průřez) tloušťky 200 mm.

Při montáži středního pole bude napínáno a spojováno celkem osm předpínacích tyčí. Obě dvojice tyčí po stranách průřezu jsou průměru $\Phi 40$ mm. Obě dvojice tyčí v ose průřezu, jež jsou umístěny u spodního a horního povrchu, jsou průměru $\Phi 50$ mm. Dvojice předpínacích kabelů pro celkové předepnutí je umístěna přibližně v těžišti průřezu ve vzájemné vzdálenosti 168 mm od sebe. Oba kabely jsou 9-ti lanné. Ve střední části středního pole bude rovněž napnuta další dvojice 9-ti lanných kabelů, umístěných rovněž přibližně v těžišti průřezu ve vzájemné vzdálenosti 800 mm. Tyto kabely budou kotveny v příčnicích, jejichž tloušťka bude proto zvětšena na 400 mm.

5.4.2 Závěsy

Závěsy jsou tvořeny uzavřenými lany průměrů $\Phi 40-75$ mm, jež jsou kotveny do kotevních plechů tloušťky 60 mm. Vzájemná vzdálenost závěsů je na krajních polích 3920 mm a na středním poli 6000 mm. Vzájemná vzdálenost kotvení ve vrcholech pylonů je 400 mm. Koncovky závěsů jsou u mostovky rektifikovatelné, u pylonu pak pevné.

5.5 ULOŽENÍ LÁVKY

Na krajních opěrách bude konstrukce uložena na dvojici kyvných ocelových ložisek. Toto je nutné pro zachycení tahové síly závěsu a zabránění nadzvedávání konstrukce.

Ve vodorovném směru bude konstrukce na každé opěře podepřena dvojicí tzv. fluid lock-up devices, které umožní dlouhodobé pohyby, ale zároveň budou pevnou podporou pro krátkodobá zatížení. Kvůli symetrii konstrukce se tak pro vodorovné pohyby vytvoří imaginární pevná podpora uprostřed středního pole lávky.

V místě pylonů bude mostovka podepřena bočními kluznými ložisky s teflonovými deskami pro zachycení příčných sil od větru.

5.6 PŘÍSLUŠENSTVÍ A VYBAVENÍ

5.6.1 Skladby vozovky

Horní povrch mostovky je přímopochozí a bude ošetřen izolační stěrkou tloušťky 5 mm s křemenným posypem, který bude v místě vyvýšených částí vynechán.

Konstrukce vozovky navazující cyklostezky před mostem na příjezdových rampách:

Asfaltový beton střednězrný	ACO 11	40 mm
Spojovací postřik	PS	0,35 kg/m ²
Obalované kamenivo	ACP 16 +	60 mm
Infiltrační postřik	PI	0,85 kg/m ²
Štěrkoдрť	ŠD	150 mm
Celkem		250 mm

5.6.2 Odvodnění

Odvodnění plochy mostu bude zajištěno v příčném směru střešovitým sklonem 2,0 % a v podélném směru proměnným sklonem 0,0 – 6,0 %. Voda bude tímto odvedena na okraje nosné konstrukce, kde bude odvodňovači jdoucími skrz krajní vyvýšenou část odvedena přímo do vodního toku pod mostem. Odvodňovače tvořené plastovou trubkou průměru 50 mm, jejíž vyústění přesahuje 50 mm přes líc nosné konstrukce. Vzájemná vzdálenost odvodňovačů bude 6,0 m.

5.6.3 Závěr

Na obou koncích nosné konstrukce bude pro umožnění dilatačních pohybů zřízen uzavřený povrchový mostní závěr přímo pojižděný dopravou.

5.6.4 Zábradlí

Pro zajištění bezpečnosti chodců a cyklistů bude po obou stranách lávky zřízeno ocelové zábradlí celkové výšky 1300 mm a dalším vodorovným madlem ve výšce 1100 mm. Výplň bude tvořena tahokovem. Vzdálenost sloupků je 2000 mm a k mostovce jsou kotveny přes patní desku čtyřmi šrouby. Mezi patní deskou a betonem mostovky je vyrovnávací vrstva plastmalty. Celková délka zábradlí na mostě je 2x256,0 m, mimo most pak 4x13,0 m. Zábradlí nad mostními závěry bude pro umožnění dilatačních pohybů přerušeno a obě madla budou spojena vsunutým ocelovým profilem.

5.6.5 Osvětlení

Pro osvětlení mostovky bude použita technologie LED a osvětlovací prvky budou vloženy přímo do horního madla zábradlí. Pro podtržení architektonického vzhledu lávky budou rovněž instalována svítidla do střední části mostovky, která budou osvětlovat jednotlivé závěsy a dále svítidla do pat pylonů osvětlující oba pylony.

5.6.6 Pozorovací body

V mostovce i pylonech bude zřízeno několik pevných geodetických značek umožňujících její zaměření.

5.6.7 Letopočet

Rok ukončení výstavby (2018) bude vyznačen otiskem do betonu na obou pylonech.

5.6.8 Úpravy v okolí

Úpravy okolo opěr, křídel a patek pylonů budou provedeny v šířce 500 mm lomovým kamenem tloušťky 150 mm do betonového lože tloušťky 200 mm.

5.7 POUŽITÉ MATERIÁLY

5.7.1 Beton

Mostovka: C35/45 – XD3, XF4

Pylony: C35/45 – XD2, XF2

Horní stupeň patky pylonů:	C30/37 – XD2, XF2
Dolní stupeň patky pylonů a táhlo:	C30/37 – XC2, XA1
Úložný práh se závěrnou zdí:	C30/37 – XD2, XF2
Dřík opěr:	C30/37 – XD2, XF2
Patka opěr:	C30/37 – XC2, XA1
Křídla:	C25/30 – XD2, XF2
Piloty:	C25/30 – XC2, XA1
Základ drenáže:	C15/20 – XC2, XA1
Podkladní beton:	C12/15

5.7.2 Betonářská výztuž

Ocel:	B550B
-------	-------

5.7.3 Předpínací výztuž

Kabely:	VSL Y1860 S7-15,7-A
Kabelové kanálky:	korugované ocelové o průměrech 62 a 72 mm
Kotvení:	aktivní kotvení VSL typ EC
Tyče:	FREYSSINET Y1030H 40,0-R a 50-0-R
Kanálky tyčí:	korugované ocelové o průměrech 45 a 55 mm

5.7.4 Závěsy

Závěsy:	Pfeifer full loxed cable (GALFAN)
Koncovky závěsů u mostovky:	Rektifikovatelná Pfeifer typ PV 710
Koncovky závěsů u pylonu:	Pevná Pfeifer typ PV 700

5.7.5 Konstrukční ocel

Kotevní plechy:	S355
-----------------	------

6 VÝSTAVBA

6.1 PŘÍPRAVNÉ A ZEMNÍ PRÁCE

Geodetické vytyčení konstrukce v souřadném systému S-JTSK a výškovém systému B.p.v. bude prováděno souběžně s postupem stavby. Budou vytvořeny čtyři stavební jámy pro založení opěr a pylonů. Výkop bude svislý a stěny budou zajištěny štětovicemi Larsen, beraněných do podloží. Prosáklá podzemní voda bude čerpána ponornými čerpadly zpět do řeky.

6.2 STAVEBNÍ POSTUP

Podrobné zpracování stavebního postupu je součástí samostatné přílohy, proto je zde uveden pouze základní přehled.

Po vytvoření stavebních jam budou vyvrtány a vybetonovány piloty. Poté budou nad nimi vytvořeny patky pylonů, a opěry včetně úložných prahů, závěrných zídek a křídel. Dále budou vybetonovány pylony, které budou betonovány v dostatečně tuhé skruži a zároveň započne betonáž krajních polí mostovky, rovněž na pevné skruži. Po náležitém vytvrdnutí betonu budou krajní pole předeprnuta předpínacími kabely a zahájí se montáž pole středního. To bude sestavováno ze segmentů zaplavovaných po řece, kdy jako nejvhodnější se jeví betonárna Nymburk vzdálená 23 km. Segmenty budou vyzdviženy, připnuty předpínacími tyčemi a bude napnut odpovídající závěs. Takto bude sestaveno celkem $2 \times 13 = 26$ segmentů, nakonec bude vyzdvižen poslední uzavírací segment a bude vybetonována vzniklá spára. Po vytvrdnutí betonu dobetonávky bude střední část lávky předeprnuta a nakonec budou napnuty i průběžné kabely spojitosti.

Po dokončení výstavby konstrukce mostu budou zasypány stavební jámy a v případě potřeby dopnuty závěsy. Aplikují se nátěry a povrchové úpravy nosné konstrukce, osadí se mostní závěry a provede se montáž zábradlí a jeho nátěr. Bude vytvořen násyp a příjezdová komunikace a budou provedeny zbývající úpravy pod mostem a v jeho okolí. Předpokládaná doba výstavby je jeden a půl roku (18 měsíců).

6.3 ZÁVAZNÉ PODMÍNKY

Veškeré stavební práce budou provedeny dle požadavků projektové dokumentace a platných technických podmínek a předpisů. Přesnost a kvalita výstavby musí být v souladu s platnými normami. Skutečný tvar a umístění mostního objektu bude ověřeno geodetickým zaměřením a směrové i výškové odchylky se musí pohybovat v přípustném rozsahu.

6.4 OMEZENÍ PROVOZU

V průběhu výstavby bude znemožněn provoz na místních komunikacích vedoucích po obou březích řeky. Tyto komunikace slouží pouze pro obsluhu přilehlých nemovitostí, ke kterým bude jejich vlastníkům i nadále umožněn přístup náhradní trasou.

6.5 BEZPEČNOST A OCHRANA

V průběhu výstavby je nutno dodržovat zásady bezpečnosti práce pro zajištění ochrany zdraví a života pracovníků a obyvatel. Staveniště musí být řádně označeno a ohraničeno pro zamezení vstupu nepovolaných osob. Pracovníci musí mít a používat ochranné pomůcky. Pro obsluhu strojů, manipulaci s břemeny a nebezpečnými látkami a pro svařování musí mít pracovníci zvláštní oprávnění. Je nutno dodržovat všechny platné bezpečnostní, hygienické a požární předpisy stanovené příslušnými orgány.

6.6 VLIV STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

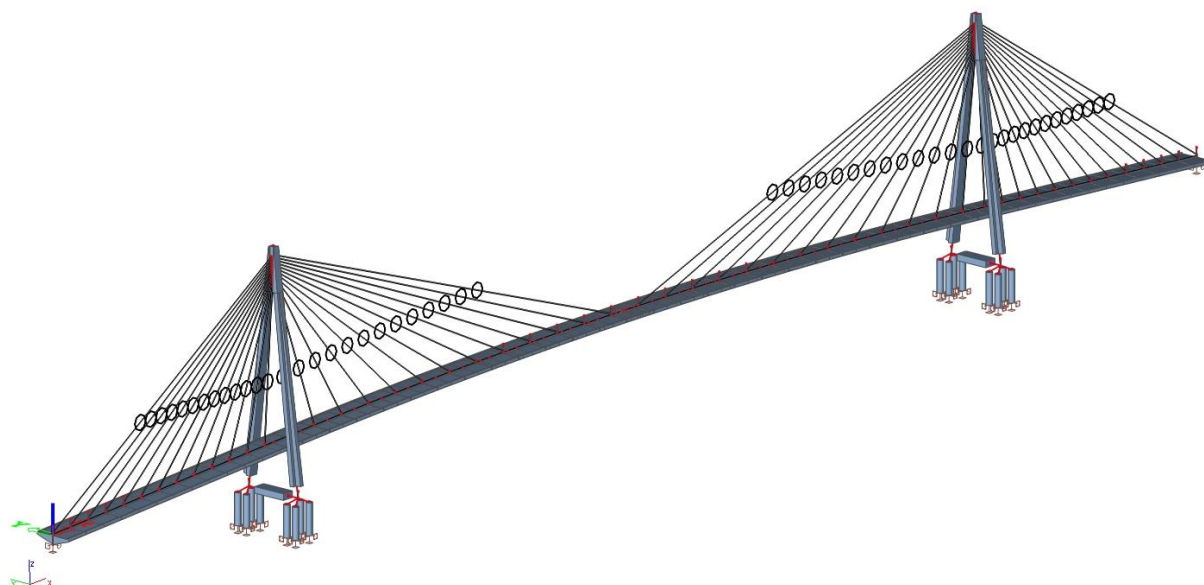
Je nutno zamezit jakémukoli znečištění okolního prostředí a především pak zabránit úniku nebezpečných látek do řeky. Při zjištění úniku nebezpečných a škodlivých látek je nutno neprodleně zastavit stavební práce a zajistit nápravu. Stavba se nachází na okraji zastavěného území, proto je nutno dodržovat stanovené limity hlukových emisí, a to hlavně v nočních hodinách.

7 STATICKÉ ŘEŠENÍ

Podrobné zpracování statického výpočtu je součástí samostatné přílohy, proto je zde uveden pouze základní přehled.

7.1 VÝPOČETNÍ MODEL

Výpočetní model byl zpracován v programu SCIA Engineer. Na prutovém modelu byla provedena statická i dynamická analýza konstrukce a analýza montážních stavů. Na deskostěnovém modelu pak byla provedena analýza příčného směru.



Obr. 7.1 Axonometrický pohled na model v programu SCIA Engineer

7.2 ZATÍŽENÍ

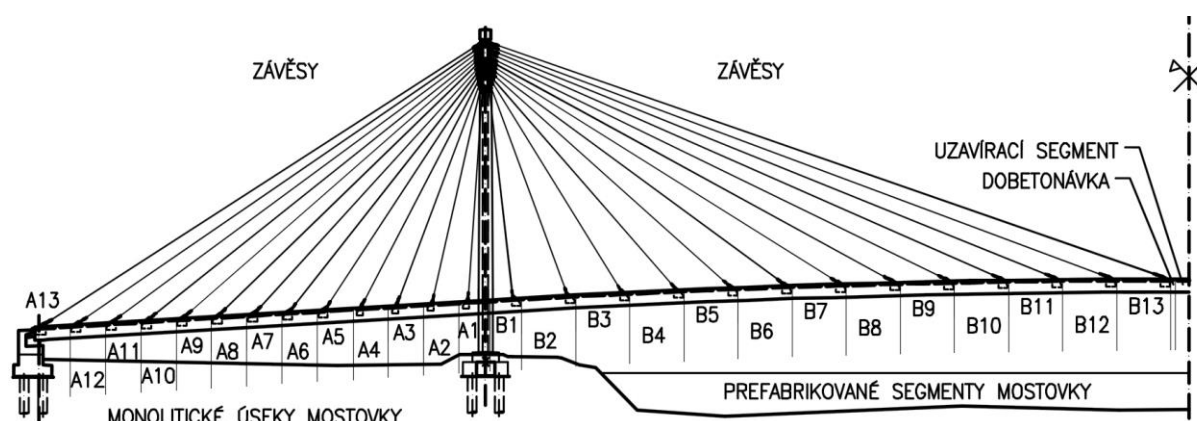
Konstrukce byla zatížena zatížením stálým, proměnným a reologickými vlivy dle normy. Uvažované stálé zatížení konstrukce byla vlastní tíha a ostatní stálé zatížení tvořené zábradlím po stranách lávky. Jako proměnné zatížení bylo uvažováno zatížení chodci, větrem a teplotou. Co se týče dlouhodobých vlivů, bylo rovněž zohledněno smršťování a dotvarování konstrukce.

7.3 POSOUZENÍ

Posudky a návrh výztuže byl proveden v programu IDEA StatiCa a byl ověřen ručními výpočty. Byly posouzeny kritické průřezy mostovky i pylonu a to v čase montáže, uvedení do provozu a životnosti konstrukce (100 let). Dále byly posouzeny závěsy a kotevní plechy. Vzhledem k rozsahu práce nebylo podrobněji řešeno posouzení kotevních oblastí, spodní stavby (s výjimkou pylonů) a založení.

8 ZNAČENÍ

V této práci je pro zjednodušení práce na různých místech použito kódové označení závěsů, segmentů nebo přilehlých částí monolitické mostovky. První částí označení je písmeno, buďto A nebo B, kdy A značí prvek nacházející se na krajním poli (pole 1 a 3) a B značí prvek nacházející se ve středním poli (pole 2). Druhou částí označení je číslo 1-13, které odpovídá pozici závěsu na daném poli (počítáno od pylonu). Vzhledem k symetrii konstrukce dané polovinou rozpětí středního pole, je označení použito jen pro jednu polovinu konstrukce. Jelikož je druhá polovina stejná a jelikož je často pracováno pouze s jednou polovinou, je rozdílné značení druhé poloviny zbytečné, a tudíž není použito. Proto pokud je někde zmíněn například závěs A6, je stejný závěs myšlen zrcadlově obrácené části mostu. Označení jednotlivých prvků je znázorněno na následujícím schématu.



Obr. 4.4 Značení prvků konstrukce

Jelikož je použito stejné označení závěsů a přilehlé části mostovky, bude vždy řečeno, jestli se jedná o závěs nebo mostovku.

9 ZÁVĚR

Z dostupných podkladů a map byl zpracován návrh lávky pro pěší a cyklisty přes řeku Labe v obci Čelákovice. Navržené varianty přemostění jsou porovnány v příloze P.1 a dále se tato práce zabývá pouze variantou vyhodnocenou jako neoptimálnější, kterou je zavěšená konstrukce o třech polích.

Pro návrh tvaru průřezu bylo klíčové vyrovnání účinků vlastní tíhy na pylony, jelikož krajní pole mostu jsou kratší, než je u takovýchto konstrukcí běžné. Konstrukce byla analyzována na účinky zatížení stálého a proměnného, tvořeného zatížením chodci, větrem a teplotou. Byly rovněž zohledněny reologické účinky na betonové prvky a fáze výstavby konstrukce. Jako rozhodující se mimo vlastní tíhu při výstavbě ukázalo svislé zatížení chodci a cyklisty, nicméně rovněž účinky větru měly při takovéto délce přemostění významný vliv, a to především na návrh průřezů pylonů.

Pro analýzu byl použit program SCIA Engineer. Výpočet byl proveden lineárně, proto bylo nutné ve všech stádiích sledovat napětí působící v závěsech. Dále byl lokálně posouzen dvoukomorový vylehčený průřez mostovky, jehož horní deska je velice tenká (pouze 140 mm). Proto bylo možné osadit pouze jednu řadu výztuží a ukázalo se, že lokální působení má dokonce větší vliv než globální účinky. Nakonec byla provedena dynamická analýza konstrukce a pro první čtyři vlastní frekvence rovněž odezva na harmonické buzení.

Dle podmínek mezních stavů použitelnosti bylo navrženo montážní i finální předpětí mostovky, což bylo provedeno několika iteracemi pro dosažení optimálního návrhu. U nejkritičtějších průřezů a kombinací zatížení byly posouzeny mezní stavy použitelnosti a únosnosti dle platných evropských norem. Posudky průřezů byly prováděny v programu IDEA StatiCa a byly ověřovány ručními výpočty, jež byly vzhledem k rozsahu konstrukce často automatizovány v tabulkovém procesoru. Na základě těchto posudků byla navržena výztuž mostovky a pylonů. Veškeré výpočty jsou podrobně popsány v příloze P.4.

Nakonec byla vypracována výkresová dokumentace v prostředí AutoCAD, jež je součástí přílohy P.2. Postup výstavby spolu s vizualizací hotové konstrukce se nachází v příloze P.3.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Normy a předpisy

- [1] ČSN 73 6101. *Projektování silnic a dálnic*. Praha: ČNI, 2004.
- [2] ČSN 73 6201. *Projektování mostních objektů*. Praha: ČNI, 2008.
- [3] ČSN 73 6214. *Navrhování betonových mostních konstrukcí*. Praha: ČNI, 2014.
- [4] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: ČNI, 2004.
- [5] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: ČNI, 2004.
- [6] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: ČNI, 2005.
- [7] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: ČNI, 2007.
- [8] ČSN EN 1991-1-5. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*. Praha: ČNI, 2005.
- [9] ČSN EN 1991-2. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: ČNI, 2005.
- [10] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI, 2006.
- [11] ČSN EN 1992-2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – navrhování a konstrukční zásady*. Praha: ČNI, 2007.

Odborné publikace a články

- [12] STRASKY, Jiri. *Stress Ribbon and Cable-Supported Pedestrian Bridges*. 1st edition London: Thomas Telford Publ., 2005. ISBN 0-7277-3282-X.
- [13] NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-561-7.
- [14] ČKAIT. *Navrhování mostních konstrukcí podle Eurokódů*. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093-90-0.
- [15] ZICH, Miloš a kol. *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů*. Praha: Verlag Dashöfer, 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [16] STRÁSKÝ, Jiří. *Betonové mosty*. Praha: ČSSI, 2001. ISBN 80-86426-05-X.
- [17] STRÁSKÝ, Jiří, NEČAS, Radim a KOLÁČEK Jan. *Dynamická odezva betonových lávek*. Beton TKS 4/2009. ISSN 80-86426-05-X.
- [18] ŠAFÁŘ, Roman a kol.. *Betonové mosty 2. Návrh předpjatého mostu podle Eurokódů*. Praha: ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-04433-9.

Studijní opory a přednášky

- [19] STRÁSKÝ, Jiří, KLUSÁČEK, Ladislav, PANÁČEK, Josef a NEČAS, Radim. *Betonové mosty I. Modul CB1 až CB3*. Brno: VUT, 2006.
- [20] STRÁSKÝ, Jiří a NEČAS, Radim. *Betonové mosty II. Modul M01 až M03*. Brno: VUT, 2007.
- [21] STRÁSKÝ, Jiří. *Speciální betonové konstrukce. Modul M01 až M03*. Brno: VUT, 2012.
- [22] NEČAS, Radim. *Zatížení mostů dle evropských norem (EN)*. [online]. Dostupné z: <http://www.necasradim.cz/>
- [23] NEČAS, Radim. *Projektování mostních objektů*. [online]. Dostupné z: <http://www.necasradim.cz/>

Technické specifikace a katalogy

- [24] TAYLOR DEVICES INC. *Lock-Up Devices & Snubbers*. [online]. [cit. 2016-19-12]. Dostupné z: <http://taylordevices.com/FluidLock-up.html>
- [25] PFEIFER Seil- und Hebeteknik GmbH. *Stainless Steel-Cable Tension Members*. [online]. 2015 [cit. 2016-19-12]. Dostupné z: <http://www.pfeifer.de/en/cable-structures/cable-systems/data-sheets/>
- [26] FREYSSINET CS, a.s. *Freyssibar. Předpínací tyče pro stavebnictví*. [online]. 2011 [cit. 2016-19-12]. Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/195-prospekty>
- [27] VSL SYSTÉMY (CZ) S.R.O. *Post-Tensioning solutions*. [online]. 2009 [cit. 2016-19-12]. Dostupné z: www.vsl.cz/brozury/

Ostatní

- [28] ČÚZK. *Nahlížení do katastru nemovitostí*. [online]. Dostupné z: <http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>
- [29] ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. *Mapové aplikace ČGS*. [online]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>
- [30] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. [online]. Dostupné z: <http://www.chmi.cz/>
- [31] SEZNAM.CZ, A.S. *Mapy.cz*. [online]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [32] NEMETSCHKE GROUP. *SCIA Engineer 16 Help*. [online]. Dostupné z: <http://help.scia.net/webhelplatest/en/>

Použitý software

Microsoft Office 2016 – zpracování textu, výpočty v tabulkovém procesoru

AutoCAD 2015 – výkresová dokumentace, vizualizace, obrázky, grafy

SCIA Engineer 2016 – statická a dynamická analýza konstrukce

IDEA StatiCa 7 – posouzení průřezů a návrh výztuže

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zde je uveden seznam nejčastěji používaných zkratek a symbolů. Většina jich je však vysvětlena přímo ve statickém výpočtu.

PÍSMENA LATINSKÉ ABECEDY

Zkratka	Slovní popis
a	zrychlení
A	plocha
A_c	plocha betonového průřezu
$A_{c,r}$	plocha betonového průřezu oslabeného kanálky
A_k	plocha uzavřená střednicí (kroucení)
A_p	průřezová plocha předpínací výztuže
A_{p1}	průřezová plocha jednoho lana předpínací výztuže
A_s	průřezová plocha betonářské výztuže
A_y, A_z	smyková plocha ve směru osy y, z
b	šířka
b_{eff}	efektivní šířka
c	krytí výztuže, přesah roznosu zatížení
d	účinná výška průřezu
e	excentricita, osová vzdálenost
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
$E_{c,eff}$	účinný modul pružnosti betonu
E_o	návrhová hodnota modulu pružnosti konstrukční oceli
E_p	návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací oceli
E_s	návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli
E_z	návrhová hodnota modulu pružnosti lan závěsů
f	frekvence, pevnost
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f_{od}	návrhová mez kluzu konstrukční oceli
f_{zk}	charakteristická mez kluzu konstrukční oceli
f_{pd}	návrhová pevnost předpínací oceli v tahu
f_{pk}	charakteristická pevnost předpínací oceli v tahu
$f_{p0,1}$	charakteristická smluvní mez kluzu 0,1 % předpínací oceli
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské oceli
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské oceli
f_{zk}	charakteristická mez kluzu lan závěsů

F	síla
F_{cc}	síla v tlačeném betonu
F_{st}	síla v betonářské výztuži
F_{Ed}	návrhová hodnota působící síly
F_{Rd}	návrhová hodnota síly únosnosti
h	výška
H_{Ed}	přírůstek vodorovné síly
i	poloměr setrvačnosti
I_y, I_z	moment setrvačnosti kolem osy y, z
$I_{c,r,y}, I_{c,r,z}$	moment setrvačnosti kolem osy y, z oslabeného průřezu
I_t	moment setrvačnosti v prostém kroucení
k	součinitel (obecně)
k_T	zakřiven od nerovnoměrného oteplení
l	délka
M	ohybový moment
M_{Ed}	návrhová hodnota působícího ohybového momentu
M_{Rd}	návrhová hodnota momentu únosnosti
n	počet
N	normálová síla
N_{Ed}	návrhová hodnota působící normálové síly
P	předpínací síla
P_{k0}	charakteristická hodnota předpínací síly po zakotvení
$P_{k\infty}$	charakteristická hodnota předpínací síly v čase životnosti
P_{m0}	předpínací síla po zakotvení
$P_{m\infty}$	předpínací síla v čase životnosti
q_k	charakteristické proměnné zatížení na plochu (kN/m^2)
q_k'	charakteristické proměnné zatížení na délku (kN/m)
QN	N-letý průtok
r	poloměr; součinitel rozptylu napětí v předpínací výztuži
r_{inf}	dolní hodnota rozptylu napětí v předpínací výztuži
r_{sup}	horní hodnota rozptylu napětí v předpínací výztuži
R	reakce
RH	relativní vlhkosti
Re	Reynoldsovo číslo
s_n	světlná vzdálenost výztuže
t	čas, tloušťka
t_{ef}	efektivní tloušťka průřezu účinného na kroucení
T	perioda
T_r	třmínek
T_{Ed}	návrhová hodnota působícího kroucího momentu (též $M_{ED,x}$)
$T_{Rd,c}$	návrhová únosnost v kroucení nevyztuženého betonu

$T_{Rd,max}$	návrhová únosnost v kroucení betonové diagonály
$T_{Rd,s}$	návrhová únosnost v kroucení výztuže
u	deformace, výchylka
u_o	délka vysychajícího obvodu
v	průhyb, rychlost, smykové napětí
V	posouvající síla
V_{Ed}	návrhová hodnota posouvající síly
$V_{Rd,C}$	návrhová smyková únosnost nevyztuženého betonu
$V_{Rd,max}$	návrhová smyková únosnost betonové diagonály
$V_{Rd,s}$	návrhová smyková únosnost výztuže
w	šířka trhliny
W_{el}	elastický modul průřezu
W_{pl}	plastický modul průřezu
x	vzdálenost neutrální osy od nejvíce tlačného okraje
z	rameno vnitřních sil; vzdálenost krajních vláken od těžiště
z_{cc}	rameno vnitřních sil mezi neutrální osou a tlačným betonem
z_{pt}	rameno vnitřních sil mezi neutrální osou a předpínací výztuží

PÍSMENA ŘECKÉ ABECEDY

Zkratka	Slovní popis
α_{cc}	součinitel nepříznivých dlouhodobých účinků zatížení pro beton v tlaku
α_{ct}	součinitel nepříznivých dlouhodobých účinků zatížení pro beton v tahu
$\alpha_{c,t}$	součinitel teplotní roztažnosti betonu
$\alpha_{z,t}$	součinitel teplotní roztažnosti lan závěsů
γ_c	dílčí součinitel betonu
γ_L	součinitel pro lokální účinky
γ_{M0}	dílčí součinitel konstrukční oceli
γ_{M2}	dílčí součinitel ocelových spojů
γ_p	dílčí součinitel předpínací oceli
γ_s	dílčí součinitel betonářské oceli
γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení
γ_P	dílčí součinitel zatížení od předpětí
γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení
ΔF_p	zbytková síla v předpínací výztuži
$\Delta \sigma_p$	zbytkové napětí v předpínací výztuži
ϵ_c	poměrné přetvoření betonu
$\epsilon_{cd}(t)$	poměrné přetvoření betonu od smršťování vysycháním
$\epsilon_{cs}(t)$	poměrné přetvoření betonu od autogenního smršťování
$\epsilon_{cc}(t)$	poměrné přetvoření betonu od dotvarování

ϵ_{cu}	mezní poměrné přetvoření betonu
ϵ_s	poměrné přetvoření betonářské oceli
ϵ_p	poměrné přetvoření předpínací oceli
η	účinnosti (zde použito jako využití průřezu v %)
θ	úhel tlačené betonové diagonály
λ	vzpěrná štíhlost
λ_0	součinitel krátkodobých ztrát předpětí
λ_∞	součinitel dlouhodobých ztrát předpětí
ρ	stupeň vyztužení
σ_c	napětí v betonu
σ_{cp}	napětí v betonu přiléhajícimu k předpínací výztuži
σ_{0p}	základní napětí v předpínací výztuži
$\sigma_{p0,max}$	předpínací napětí
$\sigma_{pm0,max}$	maximální napětí v předpínací výztuži po zakotvení
σ_{pm0}	napětí v předpínací výztuži po zakotvení
$\sigma_{pm\infty}$	napětí v předpínací výztuži v čase životnosti
$\varphi(t,t_0)$	součinitel dotvarování
ϕ	průměr (výztuže, kanáleků, ...)
ψ_0, ψ_1, ψ_2	součinitele kombinací
ω	úhlová frekvence

12 SEZNAM PŘÍLOH

P PŘÍLOHY K TEXTOVÉ ČÁSTI

P.1 POUŽITÉ PODKLADY A VARIANTY ŘEŠENÍ

P.1.1 SCHÉMA VARIANTY A

P.1.2 SCHÉMA VARIANTY B

P.1.3 SCHÉMA VARIANTY C

P.2 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

P.2.1 PŮDORYS

P.2.2 PODÉLNÝ ŘEZ

P.2.3 PŘÍČNÉ ŘEZY

P.2.4 TVAR A VÝZTUŽ MOSTOVKY

P.2.5 PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ MOSTOVKY

P.2.6 TVAR A VÝZTUŽ PYLONU

P.3 STAVEBNÍ POSTUP A VIZUALIZACE

P.3.1 SCHÉMA STAVEBNÍHO POSTUPU

P.3.2 VIZUALIZACE

P.4 STATICKÝ VÝPOČET

P.4.1 PŘÍLOHA STATICKÉHO VÝPOČTU