



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**

Lávka pro chodce v Račicích

The pedestrian bridge in Račice

Diplomová práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D

Martin Kucián

Praha 2018



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kucián

Jméno: Martin

Osobní číslo: 409849

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Lávka pro chodce v Račicích

Název diplomové práce anglicky: The pedestrian bridge in Račice

Pokyny pro vypracování:

Návrh lávky pro pěší přes sporovní kanál, obsahem je statický výpočet lávky dle ČSN EN vč. ověření dynamického chování a založení, technická zpráva, přehledné výkresy, výkres tvaru NK vč. detailů, výkaz materiálu.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 1991-2, ČSN EN 1993-2

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 27.2.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 20.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného o.k. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

28.3.2018
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval hlavně vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Pavlu Ryjáčkovi, Ph.D za ochotu, věnovaný čas a cenné rady. Zároveň děkuji společnosti Národní olympijské centrum vodních sportů, z.s., za poskytnutí potřebných podkladů pro vypracování diplomové práce.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem o etické přípravě vysokškolských závěrečných prací.

V Praze dne 20. května 2018

Martin Kucián

Annotation

The purpose of this thesis is to design the pedestrian bridge over the channel in Račice. The span of the bridge is 38,0 m and width of the road on the bridge is 3,0m. Five types of the structure are preliminarily designed in the first part of the thesis, from which one type is selected for detailed design. The second part contains design of the selected type of structure, which is Langer arch bridge. The structure is designed according to the bridge design standards and requirement of investor.

Keywords

Pedestrian bridge, Steel structure, Arch bridge, Pedestrian load, Langer arch bridge.

Anotace

Předmětem této diplomové práce je návrh lávky pro chodce přes sportovní kanál v Račicích o rozpětí 38 m a volnou šířkou komunikace na mostě 3,0 m. V první části práce je předběžně navrženo pět variant lávky, z nichž je vybrána variant pro konečný návrh. Druhá část práce se zabývá návrhem vybrané varianty, kterou je tzv. Langerův trám. Tato konstrukce je navržena dle platných norem a požadavků investor.

Klíčová slova

Lávka pro chodce, Ocelová konstrukce, Obloukový most, Langerův tram, Zatížení chodci.

Obsah

1	Úvod	5
2	Technická zpráva	6
2.1	Identifikační údaje stavby.....	6
2.2	Charakteristika mostu a území.....	6
2.3	Charakteristika překážky a převáděné komunikace.....	7
2.4	Popis nosné konstrukce.....	7
2.5	Mostní svršek.....	9
2.6	Příslušenství mostu.....	9
2.7	Popis spodní stavby.....	10
2.8	Postup výstavby.....	10
3	Závěr	12
4	Seznam použité literatury a norem	13
5	Seznam příloh	15
A	Diplomový seminář – studie variant lávky	
B	Statický výpočet	
C	Výkaz materiálu	
D	Výkresová část	

1 Úvod

Cílem diplomové práce je návrh a posouzení lávky pro chodce ve sportovním areálu v Račicích. Návrh konstrukce vychází ze základních požadavků vlastníka areálu a z místních podmínek.

Mezi tyto požadavky patří:

- asfaltový povrch převáděné komunikace
- betonová deska mostovky
- volná šířka převáděné komunikace bude 3,0 m
- umožnění vjezdu obslužného vozidla správců areálu

V rámci diplomové práce je nejdříve předběžně navrženo několik variant přemostění, ze kterých je vybrána nejvhodnější varianta. Pro tuto variantu je zpracován statický výpočet konstrukce včetně podrobného výpočetního 3D modelu a stanovení dynamické odezvy lávky na zatížení chodci. V rámci výpočtu je lávka posouzena dle ČSN EN.

2 Technická zpráva

2.1 Identifikační údaje stavby

Název stavby:	Lávka pro chodce v Račicích
Charakteristika stavby:	Novostavba
Katastrální území:	Račice u Štětí
Krajský úřad:	Ústí nad Labem

2.2 Charakteristika mostu a území

Lávka pro chodce je situována na území sportovně-rekreačního areálu v Račicích. Účelem lávky je zpřístupnění ostrova pro chodce a cyklisty. V průběhu běžného provozu lávky bude zabráněno vjezdu motorových vozidel na objekt.

Nosný systém je navržen jako dvojice trámů vyztužená parabolickými oblouky. Jedná se tedy o tzv. Langerův trám. Dolní mostovka je dle zadání investora navržena jako betonová, spřažená s ocelovými příčníky. Hlavní nosník je spojen s obloukem systémem táhel o průměru 27 mm. Trámy jsou prostě uloženy na železobetonových opěrách.

Volná šířka převáděné komunikace na mostě je 3,0 m a volná výška je omezena příčným ztužením oblouku na hodnotu 4,05 m. Most je kolmý.

Rozpětí mostu:	37,980 m
Délka nosné konstrukce:	38,360 m
Délka mostu:	43,730 m
Délka přemostění:	37,080 m
Šířka nosné konstrukce:	3,990 m
Šířka mostu:	3,990 m
Volná šířka:	3,000 m

2.3 Charakteristika překážky a převáděné komunikace

Mostní objekt i převáděná komunikace se nacházejí v uzavřeném areálu. Volná šířka převáděné komunikace je 3,0 m. Niveleta komunikace je navržena s ohledem na podélné odvodnění lávky a ve středu rozpětí mostu je tak vrchol výškového oblouku komunikace.

Lávka převádí komunikaci přes uměle vytvořený kanál na území bývalé pískovny, který v současné době slouží k pořádání veslařských a kanoistických závodů. Výška vodní hladiny je uměle regulována a nedochází k jejím výraznějším změnám. Provozní výška vodní hladiny je 156,500 m.n.m. (B.P.V.) a pro návrh mostu byl stanoven požadavek zachování minimální volné výšky pod mostem o hodnotě 2,5 m. Spodní líc konstrukce mostu tedy nesmí zasahovat pod úroveň 159,000 m.n.m. .

2.4 Popis nosné konstrukce

2.4.1 Hlavní ocelové podélné nosníky a výztužný oblouk

Hlavní podélné ocelové nosníky jsou navrženy z profilu TR 406x11 o jakosti oceli S235 J2+N. Pro tuto konstrukční část je požadován inspekční certifikát 3.2. dle ČSN EN 10204. Nosníky jsou v podélném směru nadvýšeny, s vrcholem oblouku ve středu rozpětí. V projektu je předpokládáno dílenské svaření hlavních podélných nosníků s příčníky ½ HEA 450 a dopravou takto svařených dílců, jejichž rozměry jsou menší než 4,0x12,0x1 m. V případě problémů s dopravou takto svařených dílců, je možné upravit detail přípoje příčníku k hlavnímu nosníku na šroubovaný a snížit tak přepravní rozměry. Nosník je po délce rozdělen na pět kusů. Montážní styky jsou provedeny tupým svarem na metalické podložce, dle detailu B na výkrese ocelové konstrukce. V místě styku se železobetonovou deskou mostovky jsou na nosnících přivařeny spřahovací trny.

Ocelový oblouk je shodně s podélným nosníkem navržen z profilu TR 406x11 S235 J2+N, s požadavkem inspekčního certifikátu 3.2. dle ČSN EN 10204. V příčném

směru je vrcholová část oblouku ztužena trojicí profilů TR 244x10, které zajišťují dostatečnou stabilitu oblouků proti vybočení z roviny těchto oblouků. Toto ztužení je dílensky přivařeno k obloukům koutovým svarem. Na každém oblouku jsou celkem čtyři montážní styky, které jsou provedeny shodně s detailem montážních styků hlavních nosníků.

2.4.2 Systém táhel

Hlavní nosník s obloukem spojuje devět táhel DETAN S460 o průměru 27 mm. Při montáži je počítáno s předpětím táhel během betonáže pomocí tíhy železobetonové desky mostovky. Detail napojení táhel na nosníky je proveden dle katalogu výrobce táhel.

2.4.3 Deska mostovky

Systém desky mostovky tvoří zabetonované ocelové příčníky, které jsou pomocí hřebenové lišty spřaženy s železobetonovou deskou mostovky z betonu C30/37 – XF4, XD3. Ocelové příčníky jsou navrženy z profilu ½ HEA 450 o jakosti oceli S355 J2. Tvar hřebenové lišty je stanoven dle [16]. Osová vzdálenost příčníků je 1275 mm. Ocelový příčník je nadvýšen z důvodu eliminace vlivu deformací od provádění na konečný tvar konstrukce.

Spodní vrstva betonové desky je tvořena železobetonovými prefabrikáty, které během betonáže zastávají funkci ztraceného bednění. Tyto prefabrikáty budou před betonáží uloženy na pásnice příčníků a budou zajištěny proti posunutí při betonáži. Spára mezi prefabrikátem ocelovým podélným nosníkem musí být před betonáží utěsněna. Prefabrikáty budou zhotoveny z betonu C30/37 – XC4, XF2, XD1. Prefabrikáty musí být kladeny v souladu s výkresem D.8 – Výkres tvaru a výztuže desky mostovky. Uložení prefabrikátů číslo 1 v každém mezipříčníkovém prostoru musí předcházet uložení prefabrikátu číslo 2.

Deska mostovky bude provedena v příčném střechovitém sklonu 2 % a v podélném sklonu dle výkresu tvaru desky mostovky. Poloha podélné výztuže desky mostovky uvnitř výřezů ocelového příčnicku má vliv na únosnost spřažení a musí proto vždy právě dva pruty procházet jedním výřezem.

2.4.4 Mostní ložiska a závěr

Ložiska jsou navržena jako tangenciální svařovaná. Pevné uložení je umístěno na opěře O1. Ložiska jsou kotvena čtveřicí šroubů M36. Díky zvolenému řešení jsou minimalizovány pořizovací náklady na ložiska. Je však třeba dbát zvýšené pozornosti při kontrolách opotřebení ložiskových desek, které jsou přišroubované k hlavnímu nosníku. Zejména pak u ložisek, kde je umožněn podélný posun (prvky 0201, 0202). Životnost těchto prvků ložiska bude s největší pravděpodobností nižší, než předpokládaná životnost mostní konstrukce.

Jako mostní závěr je navržen lamelový mostní závěr Freyssimod LW 80, umožňující celkový dilatační posun 80mm.

2.5 Mostní svršek

2.5.1 Vozovka

Na železobetonovou desku mostovky bude provedena izolace asfaltovými pásy. Vozovkové souvrství obsahuje ochranou vrstvu z litého asfaltu MA 16IV tl. 40mm, spojovací postřík asfaltovou emulzí a vrstvu asfaltového betonu ACO 11S tl. 40mm.

2.6 Příslušenství mostu

Na obou stranách mostu je umístěno zábradlí o výšce 1,1 m. Zábradlí je kotveno do hlavních podélných nosníků. V přechodové oblasti je zábradlí umístěno na ŽB římsách. V rámci diplomové práce není návrh zábradlí podrobněji proveden.

2.7 Popis spodní stavby

2.7.1 Opěry

Nosná konstrukce je uložena na železobetonových opěrách z betonu C30/37 – XF2, XD1. Opěry jsou hlubinně založeny a to na dvojici vrtaných pilot o průměru 640 mm a délce 6,0 m. Důvodem hlubinného založení je hlavně umístění základové spáry nad hladinou vody, čímž je odstraněna nutnost pažit hlubokou stavební jámu.

2.7.2 Mostní křídla

Křídla jsou kolmá, zavěšená, tloušťky 300mm a délce 2000 mm. Tvar spodní hrany křídel kopíruje sklon okolního terénu. Pro tuto část bude použit beton C30/37 – XF2, XD1.

2.8 Postup výstavby

Výstavba lávky bude probíhat v následujících fázích (pořadí je přibližné, některé fáze mohou probíhat souběžně):

1. **Zemní práce definující pilotovací rovinu**
2. **Zhotovení vrtaných pilot na obou březích**
3. **Zhotovení základů, opěr a křídel**
4. **Montáž ocelové konstrukce**

Montáž bude probíhat na vymezeném území ostrova. Postup svařování jednotlivých dílců je znázorněn na výkrese D.9 – Schéma montáže OK.

V průběhu fáze čtyři je nutné dočasně podepřít volné konce ocelového oblouku. Pro osazení ocelové konstrukce na opěry je nutné rozepřít oblouk a hlavní podélný nosník dočasnými vzpěrami IPE 180. Táhla Detan budou namontována až po osazení na opěry.

5. **Osazení OK jeřábem**

Celková hmotnost osazované konstrukce bude 25,8 t. Pro tuto hmotnost a vyložení 30 m (viz výkres D.9) je dostačující např. jeřáb Liebherr LTM 1300. Konstrukce bude zavěšena pomocí montážních úchytů, které budou umís-

těny na obloucích, v místě připojení příčného ztužení oblouků a montážního rozepření.

6. Montáž táhel

Po osazení konstrukce na ložiska bude provedena montáž systému táhel. Pro odmontování montážního rozepření oblouku a hlavního nosníku je nejdříve nutné namontovat a dopnout všechna ostatní táhla (viz fáze 7 na výkrese D.9). Po odmontování rozepření je pak možné dopnout i zbývající čtveřici táhel. Ke konečnému předpětí táhel dojde působením vlastní tíhy následně betonované desky mostovky.

7. Osazení prefabrikátů

Systém prefabrikátů je tvořen dvěma typy. Při montáži je nejdříve nutné osadit krajní prefabrikáty (Typ 1) a následně vložit střední prefabrikát (Typ 2). Před betonáží desky mostovky je nutné zabezpečit prefabrikáty proti podélnému posunu a utěsnit spáry mezi prefabrikáty a hlavním nosníkem.

8. Betonáž desky mostovky

Při betonáži je nutné zejména dbát na polohu podélných prutů, které jsou umístěny ve výřezech hřebenové lišty.

9. Zásypy stavebních jam, hutněné zásypy za opěrami a křídly

10. Zřízení přechodové oblasti

11. Izolace mostovky

12. Zhotovení říms

13. Konstrukce vozovky na mostě a přiléhajících komunikacích

14. Provedení mostních závěrů

15. Osazení zábradlí

16. Dokončovací práce

3 Závěr

Dle předběžného návrhu několika variant lávky byla vybrána nejvhodnější varianta pro potřeby diplomové práce, i dle požadavků případného investora. Pro tuto variantu byl proveden návrh, včetně vypracování přehledných výkresů. Pro výkresy ocelové nosné konstrukce byl vytvořen detailní 3D model v programu Autodesk Advance Steel. Tato konstrukce byla posouzena a navržené řešení vyhovělo ve všech posudcích provedených v rámci této práce.

4 Seznam použité literatury a norem

- [1] ČSN EN 1990: *Zásady navrhování konstrukcí*, Změna A1, Praha: Český normalizační institut, 2004
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*
- [4] EN 1991-1-5-Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou*
- [5] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou*
- [6] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: *Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*
- [7] ČSN EN 1993-1-5 Eurokód 3: *Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-5: Boulení stěn*
- [8] ČSN EN 1993-2 Eurokód 3: *Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2: Ocelové mosty*
- [9] ČSN EN 1993-1-9 Eurokód 3: *Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-9: Únava*
- [10] ČSN EN 1994-1-1 Eurokód 4: *Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*
- [11] ČSN EN 1994-2 Eurokód 4: *Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty*
- [12] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: *Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*
- [13] ČAMBULA, Jaroslav. *Navrhování mostních konstrukcí podle Eurokódů*. Praha: Pro Ministerstvo dopravy a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. Technická knihovna (ČKAIT). ISBN 978-80-87093-90-0.
- [14] KUCIÁN, Martin. *Most přes sportovní kanál v Račicích*. Praha, 2016. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [15] JRC Scientific and Technical Reports: *Design of Leghtweight Footbridges for Human Induced Vibrations*, EUR 23984 EN, 2009

- [16] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung der Verbunddubelleiste, No. Z-26.4-56, Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 2013

5 Seznam příloh

A. Diplomový seminář – studie variant lávky

B. Statický výpočet

C. Výkaz materiálu

D. Výkresová část

D.1. Koordinační situace	M 1:1000
D.2. Situace	M 1:100
D.3. Podélný řez	M 1:100
D.4. Příčný řez	M 1:50
D.5. Výkres ocelové konstrukce	M 1:50/10
D.6. Detail ložisek a mostního závěru	M 1:10
D.7. Výkres tvaru spodní stavby	M 1:50
D.8. Výkres tvaru a výztuže mostovky	M 1:100/50/25
D.9. Schéma montáže OK	M 1:250/100