



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**MOSTNÍ PROVIZÓRIUM PRO PĚŠÍ A CYKLISTICKOU
DOPRAVU Z MATERIÁLŮ VYŠŠÍCH PEVNOSTÍ**

TEMPORARY BRIDGE FOR PEDESTRIAN AND CYCLING TRANSPORT FROM HIGH STRENGTH
MATERIAL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Adam Bártů

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL SIMON, Ph.D.

BRNO 2020



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
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Adam Bártů
Název	Mostní provizorium pro pěší a cyklistickou dopravu z materiálů vyšších pevností
Vedoucí práce	Ing. Pavel Simon, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Předpisy a standardy upravující požadavky na stavby pro daný typ využití.

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Eurokód: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1993 Eurokód: Navrhování ocelových konstrukcí

ČSN EN 1090-2: Provádění ocelových konstrukcí.

MDČR TP 253 Modulární lávka ML18

MDČR TP 254 Modulární lávka ML36

Závěrečná zpráva projektu TAČR TA 01030849 z roku 2013

a další související normy a technické předpisy

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte několik variant statického návrhu zvětšení rozpětí Modulární lávky ML36 v modulárním kroku 3,0m až do rozpětí 42m(max. 45m), tak aby se dalo využít co nejvíce původních prvků systému. Klimatické zatížení uvažujte pro umístění stavby v II. sněhové a v II. větrové oblasti. Zvažte využití materiálů s vyšší třídou pevnosti. Případně navrhnete pro srovnání jedno zcela jiné technické řešení na základě stejného zadání, rozpětí, volné šířky a zatížení. U všech variant vypracujte a posuďte postup montáže. Nejvýhodnější variantu zpracujte podrobněji. Výstupem práce bude srovnání řešených variant konstrukce, statické posouzení hlavních prvků nosné konstrukce a vybraných spojů zvolené varianty, výkresová dokumentace(dispoziční výkresy, výkresy hlavních konstrukčních dílců a charakteristických detailů, výkresy montáže,) a technická zpráva a výkaz materiálu.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Pavel Simon, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Obsah diplomové práce spočívá v návrhu zvětšení rozpětí ocelové Modulární lávky ML36 pro pěší a cyklisty. Cílem je zachovat co největší počet prvků původní konstrukce. V rámci práce jsou porovnány celkem tři varianty, přičemž jedna z nich byla dále detailně vypracována. Vybranou variantu tvoří prodloužená původní lávka ML36, která je vzepřena předepnutou konstrukcí. Ze statického hlediska se jedná o prostě podepřený příhradový nosník. Rozpětí lávky je 39-45. Hlavní materiál nosných prvků je ocel S355, S460 a S520.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ocelová lávka, modulární lávka, táhlo, předpětí, spojitý nosník, příhradový nosník.

ABSTRACT

The purpose of the thesis is to suggest a span enlargement of steel Modular footbridge ML36 for pedestrian and cycling transport. The aim is to preserve as many elements of the original construction as possible. In the thesis, three variants are discussed with the detailed focus on one of them. The chosen variant is made up by elongated original footbridge ML36, which is supported by prestressed structure. From the static point of view, it is a simply supported truss. The span of the footbridge is 39-45. The main material of the structural elements is steel S355, S460 and S520.

KEYWORDS

Steel footbridge, modular footbridge, tension bar, pre-stressing, continuous beam, truss.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Adam Bártů *Mostní provizorium pro pěší a cyklistickou dopravu z materiálů vyšších pevností*. Brno, 2019. 27 s., 189 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Pavel Simon, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Mostní provizorium pro pěší a cyklistickou dopravu z materiálů vyšších pevností* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Adam Bártů
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Mostní provizorium pro pěší a cyklistickou dopravu z materiálů vyšších pevností* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 12. 2019

Bc.
autor práce

Adam

Bártů

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	Ing. Pavel Simon, Ph.D.
Autor práce	Adam Bártů
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Název práce	Mostní provizorium pro pěší a cyklistickou dopravu z materiálů vyšších pevností
Název práce v anglickém jazyce	Temporary bridge for pedestrian and cycling transport from high strength material
Typ práce	Diplomová práce
Přidělovaný titul	Ing.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	PDF
Abstrakt práce	Obsah diplomové práce spočívá v návrhu zvětšení rozpětí ocelové Modulární lávky ML36 pro pěší a cyklisty. Cílem je zachovat co největší počet prvků původní konstrukce. V rámci práce jsou porovnány celkem tři varianty, přičemž jedna z nich byla dále detailně vypracována. Vybranou variantu tvoří prodloužená původní lávka ML36, která je vzepřena předepnutou konstrukcí. Ze statického hlediska se jedná o prostě podepřený příhradový nosník. Rozpětí lávky je 39-45. Hlavní materiál nosných prvků je ocel S355, S460 a S520.
Abstrakt práce v anglickém jazyce	The purpose of the thesis is to suggest a span enlargement of steel Modular footbridge ML36 for pedestrian and cycling transport. The aim is to preserve as many elements of the original construction as possible. In the thesis, three variants are discussed with the detailed focus on one of them. The chosen variant is made up by elongated original footbridge ML36, which is supported by prestressed structure. From the static point of view, it is a simply

supported truss. The span of the footbridge is 39-45. The main material of the structural elements is steel S355, S460 and S520.

Klíčová slova

Ocelová lávka, modulární lávka, táhlo, předpětí, spojitý nosník, příhradový nosník.

**Klíčová slova
v anglickém
jazyce**

Steel footbridge, modular footbridge, tension bar, pre-stressing, continuous beam, truss.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Pavlovi Simonovi, PhD. Za velmi cenné, odborné rady, vstřícný přístup a hlavně ochotu, se kterou se práce vedoucího ujal. Také děkuji všem svým přátelům, především potom Radkovi Pešákovi a Denisovi Ujházymu. V neposlední řadě děkuji své rodině, jenž mi byla oporou po celou dobu studia.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE

Bc. Adam Bártů

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. Pavel Simon, Ph.D.

BRNO 2020

1 Obsah

1	Obsah.....	12
2	Obecné informace.....	14
3	Použité normativní dokumenty.....	14
4	Popis konstrukce.....	14
5	Geometrie.....	15
6	Zatížení.....	16
6.1	Vlastní tíha.....	16
6.2	Ostatní stálé zatížení.....	16
6.3	Zatížení chodci.....	16
6.4	Zatížení větrem.....	16
6.5	Předpětí.....	16
7	Popis konstrukce.....	17
7.1	HP1 – Horní pas.....	17
7.2	R1 – Krajní rám.....	17
7.3	R2 – Vnitřní rám.....	17
7.4	BD1 – Boční diagonála.....	17
7.5	Horní diagonála.....	17
7.6	MR1 – Mostovkový rošt.....	17
7.7	Z1 – Zábradlí.....	17
7.8	ST1-5 – Táhla.....	17
8	Povrchová úprava.....	18
9	Montáž.....	18
9.1	Varianta A.....	18
9.2	Varianta B.....	18
10	Hmotnost konstrukce.....	20
11	Závěr.....	21
12	Seznam použité literatury.....	22
13	Seznam použité literatury.....	22
14	Internetové zdroje.....	23
15	Seznam příloh.....	23
15.1	Příloha A – Varianta A.....	23
15.2	Příloha B – Varianta B.....	23
15.3	Příloha C – Varianta C.....	23
15.4	Příloha D – Výkresová dokumentace.....	23

15.5	Příloha E – Softwarový výstup – Varianta A.....	23
15.6	Příloha F – Softwarový výstup – Varianta B.....	23
15.7	Příloha G – Softwarový výstup - Varianta C.....	23
16	Seznam použitých zkratk a symbolů	23
16.1	Velká písmena latinské abecedy	23
16.2	Malá písmena latinské abecedy.....	24
16.3	Velká písmena řecké abecedy.....	26
16.4	Malá písmena řecké abecedy	26

2 Obecné informace

Obsahem diplomové práce je návrh řešení umožňující zvětšení rozpětí Modulární lávky ML36 s požadavkem na využití co největšího počtu původních prvků systému. Výsledná varianta je vybrána na základě porovnání tří variant.

3 Použité normativní dokumenty

Konstrukce byla navržena těmito platnými normativními dokumenty:

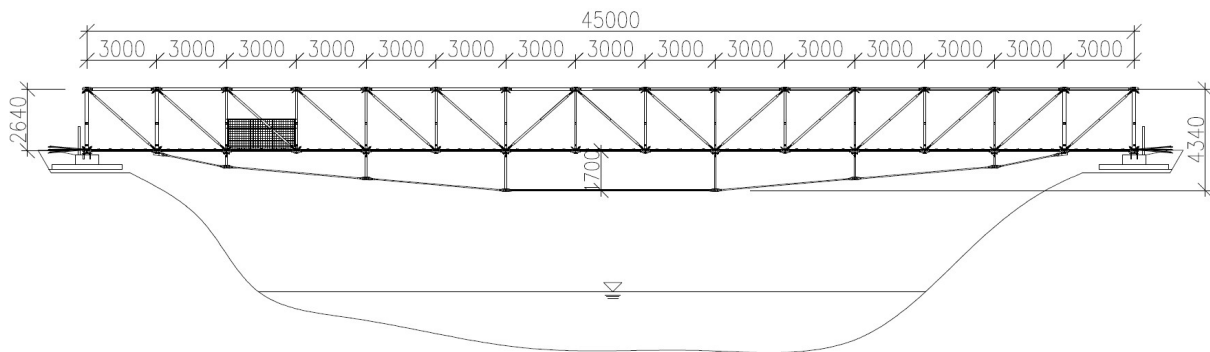
- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [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 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků
- [8] ČSN EN 1993-2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty

4 Popis konstrukce

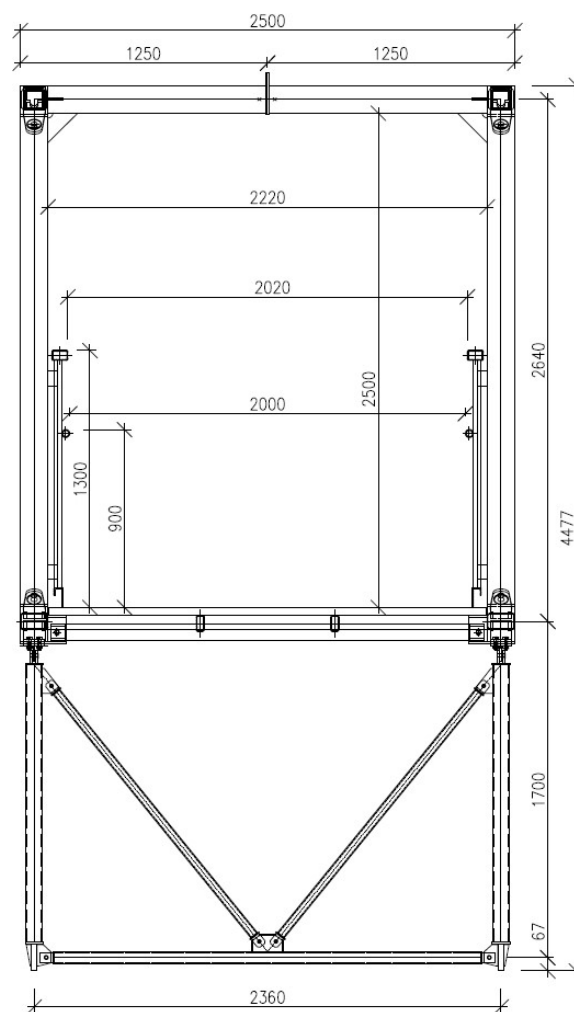
Lávka ML36 je mostním provizoriem řešeným jako příhradová ocelová konstrukce pro rozpětí až 36 m. Je tvořena příčnými rámy ve vzdálenosti 3 m, které jsou vzájemně propojeny dílci horního, dolního pasu a mostovkovým roštem. Prostorovou tuhost zajišťují stěnová a horní vodorovná ztužidla. Ze statického hlediska se jedná o prostě podepřený nosník. Většina nosných prvků původní konstrukce lávky ML36 je z oceli S355, táhla z oceli S460. Nosné prvky ztužující soupravy s označením ZT1-ZT9 jsou z oceli třídy S355. Systémová táhla Macalloy M42 z pevnostní třídy S520. Třída provádění EXC2.

Obr. 2: Podélný řez a půdorys

5 Geometrie



Obr. 2: Podélný řez lávky



Obr. 2: Příčný řez lávky v polovině rozpětí

6 Zatížení

6.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha konstrukce byla vypočtena programem Dlubal RFEM.

6.2 Ostatní stálé zatížení

Mostovkové panely Fiberline MD40 – $g_m = 11,60 \text{ kg/m}^2$

Zábradlí – $g_{zabr} = 21,67 \text{ kg/m}$

6.3 Zatížení chodci

Charakteristická hodnota rovnoměrného zatížení chodci byla stanovena pro každou délku mostu zvlášť dle následujícího vzorce:

$$q_{fk} = 2,0 + 120/(L+30) \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

charakteristická hodnota zatížení pro most o délce $L = 45 \text{ m}$:

$$q_{fk} = 2,0 + 120 / (45+30) = 3,6 \text{ kN/m}^2$$

Charakteristická hodnota vodorovného zatížení působící ve směru lávky:

$$q_{fk,ch} = 0,1 \cdot q_{fk}$$

Vodorovné zatížení zábradlí

$$q_{zabr} = 1,0 \text{ kN/m}$$

6.4 Zatížení větrem

II. větrná oblast: $v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$

Kategorie terénu III

Maximální výška nad terénem uvažována $z = 10,0 \text{ m}$

6.5 Předpětí

Hodnota předpínací síly u systémových táhel Macalloy M42 je pro každou délku mostu jiná.

ML39B – bez nutností předpínání

ML42B – 150 kN

ML45B – 250kN

7 Popis konstrukce

7.1 HP1 – Horní pas

Horní pas je tvořen dílci z profilu TRC 100x5, které jsou kloubově připojeny k ráům pomocí čepů $\varnothing 35 \times 143$ pevnostní třídy 8.8. Pro variantu A jsou použity taktéž čepy $\varnothing 35 \times 143$ z pevnostní třídy 10.9. Systémová délka dílců je 2725 mm.

7.2 R1 – Krajiní rám

Krajiní rám je tvořen ze dvou stejných dílů z profilu TRO 140x8. Díly ráů jsou vzájemně spojeny ve vrcholové části pomocí šroubů M16-8.8. R1 slouží jako krajiní, nadpodporové rámy. Pro varianty ML39B, ML42B a ML45B jsou navíc použity na místech, ve kterých jsou ke konstrukci připojena táhla ML42.

7.3 R2 – Vnitřní rám

R2 je vnitřní rám tvořený ze dvou stejných dílů z profilu TRO 140x80x4, které jsou ve vrcholové části propojeny pomocí šroubů M16-8.8. Rámy R2 lze použít na všech ostatních pozicích, vyjma těch, které jsou uvedeny pro R1.

7.4 BD1 – Boční diagonála

Boční diagonály jsou z profilu TR $\varnothing 76,1 \times 4,0$. Diagonály jsou na koncích opatřeny závitovou tyčí M30 s koncovkou Macalloy. Diagonály umožňují délkovou rektifikaci ± 14 mm, čímž je umožněno provést nadvýšení lávky

7.5 Horní diagonála

Horní diagonály jsou tvořeny dvěma křížem přes sebe umístěnými táhly M16 ze systému Macalloy s mezí kluzu 460 MPa. Pro připojení k hlavní konstrukci jsou táhla na konci osazena koncovkami FA16. Koncovky táhel umožňují délkovou rektifikaci $\pm 7,5$ mm.

7.6 MR1 – Mostovkový rošt

Rošt se skládá z podélných a příčných profilů z TRO 80x40x4, které jsou vyztuženy diagonálami z trubek TR38x4. Mostovkový rošt tvoří podporu pro mostovkové panely z kompozitního plastu Fiberline. K příčným ráům R1 a R2 je připojen pomocí šroubů M20-10.9.

7.7 Z1 – Zábradlí

Na lávce je navrženo ocelové zábradlí se dvěma madly a to ve výšce 1,3 m pro cyklistickou dopravu a druhé ve výšce 0,9 m usnadňující pohyb osob se sníženou schopností pohybu. Výplň zábradlí je řešena pomocí ocelové svařované sítě.

7.8 ST1-5 – Táhla

Táhla sloužící k předepnutí konstrukce jsou realizovány pomocí systému Macalloy M42 s mezí kluzu 520 MPa.

Pro připojení k hlavní konstrukci jsou táhla na konci osazena koncovkami FA42. K propojení táhel a jejich předepnutí slouží napínáky TA42.

8 Povrchová úprava

Ochrana proti korozi bude provedena pomocí žárového zinkování ponorem. Veškeré prvky musí před nanášením zinkového povlaku projít procesem mechanické a chemické úpravy povrchu.

9 Montáž

9.1 Varianta A

Montáž probíhá standardním způsobem jako pro lávky stávajícího systému ML36. Výstavba začne smontováním krajního rámu R1 ve vodorovné poloze a jeho spojení ve vrcholu pomocí šroubů M16x55. Rám se skládá ze dvou stejných částí z profilu TRO 140x8. Následně dojde ke vzdvihu a zajištění ve svislé poloze. Poté se šrouby M20x75 připojí mostovkový rošt a sestaví rám R2 z profilu TRO 140x80x4, který bude připojen na opačný konec mostovkového roštu. Následuje připojení dílců dolního pasu TRO 140x80x5 čepy $\varnothing 35 \times 143$ a bočních diagonál 76,1x4,0 čepy $\varnothing 29 \times 52$. Směr natočení bočních diagonál je určen výkresovou dokumentací. Další v pořadí jsou dílce horního pasu TRC 100x5 uchyceny k rámu čepy $\varnothing 35 \times 143$ a systémová táhla Macalloy M16, sloužící jako vodorovné ztužidlo, pomocí čepů $\varnothing 14 \times 37$, čímž je dokončena montáž jednoho 3m modulu. Sestavení dalších modulů probíhá stejným způsobem, vždy s použitím rámu R2. Poslední příčný rám je opět R1, profilu TRO 140x8. Po sestavení celé lávky je osazena nad otvor pomocí jeřábu nebo výsunem.

Pro variantu ML39A a ML42A je nutné vyměnit taktéž některé prvky horního pasu. Nově navržené prvky jsou z profilu TRC 120x5 a nesou označení HP2. Pro jejich připojení je nutné vždy použít čepy z pevnostní třídy 10.9. Umístění těchto dílců je dáno výkresovou dokumentací.

U varianty ML42A je rovněž nutné vyměnit stávající čepy, připojující dílce dolního pasu k příčným ráům, za čepy $\varnothing 35 \times 143$ z pevnostní třídy 10.9.

Nové čepy je potřeba označit, aby nedošlo k jejich záměně s původními. Označení je možné provést nástřikem barvou na jejich čelní straně.

Při montáži se musí dbát zvýšené pozornosti, aby nedošlo k záměně stávajících dílců konstrukce s nově navrženými.

9.2 Varianta B

Montáž probíhá standardním způsobem jako pro lávky stávajícího systému ML36 (bez nutnosti náhrady jakýchkoliv prvků). Jediným rozdílem je použití rámu R1 na prvních a posledních dvou pozicích. Náhrada rámu R2 je potřeba z důvodu velkého ohybového momentu způsobeného excentricitou uložení systémových táhel na spodní straně.

Po sestavení celé lávky dojde k jejímu zdvižení pomocí jeřábu a umístění na pomocné podpěry do výšky min. 2 m. Pro podpěry je možné užití systému PIŽMO nebo PERI.

Podle výkresové dokumentace se na spodní hranu rámu R1 umístí plech U1 pro uchycení systémových táhel Macalloy M42. Na spodní hranu daných rámu R2 se pomocí šroubů připojí styčnickový plech U2 pro uchycení svislých prvků ztužujících

soustavy z profilu TRC 80x4. Mezi jednotlivé svislé prvky budou následně namontovány vodorovné prvky TRC 60x4 a k nim připojeny diagonály z profilu TR 42,4x4. Po instalaci všech ztužující soupravy ZS dojde k instalaci táhel Macalloy. Jako první se připojí krajní táhla ST1. Koncovky (SA42) na krajích táhel jsou vždy opačného závitů. Musejí být zcela dotaženy, aby nemohlo dojít prokluzu v čepích. V osazení táhel ST2 se pokračuje směrem od krajů ke středu lávky. Všechna táhla musejí být opět dotažena tak, aby již nedocházelo k následnému prokluzu v čepích při aplikaci předpětí. Středové táhlo se skládá ze dvou dílců ST3 pro ML39B. Pro variantu ML42B, je mezi dílce ST3 vložena další 3m tyč, resp. 6m pro ML45B. Díly jsou propojeny napínáky TA42. Po osazení všech táhel bude provedeno předpětí táhel pomocí hydraulických napínacích jednotek. U varianty ML39B není konstrukci potřeba předpínat. Potřebné předpínací síly jsou 100 kN pro ML42B a 250 kN pro ML45B. Vnesení předpětí probíhá po částech. Polovina potřebné síly je vnesena pomocí prvního napínáku, zbylé předpětí pomocí druhého.

Po vnesení předpětí může být lávka osazena nad otvor pomocí jeřábu. Uchycení závěsů na lávku musí být v místech styčnicků rámu R2 a horního pasu. Místo umístění závěsů a úhel závěsy svíraný je zobrazen na obrázku.

V případě demontáže lávky je pro uvolnění táhel potřeba vnést větší předpínací sílu, než při jejich montáži. V tohoto důvodu byl průměr táhla zvolen tak, aby jejich využití v tahu nepřekračovalo 70 %.

10 Hmotnost konstrukce

Označ.	Název dílce	Průřez	Hmotnost dílce [kg]	Rozpětí [m]		
				ML39	ML42	ML45
HP1	Díl horního pasu	TRC 100x5	51	26 ks	28 ks	30 ks
DP1	Díl dolního pasu	TRO 140x80x5	65	26 ks	28 ks	30 ks
R1	Krajní rám	TRC 140x8	195	8 ks	8 ks	8 ks
R2	Vnitřní rám	TRO 140x80x4	119	20 ks	22 ks	24 ks
BD1	Boční diagonála	TR Ø76,1x4	37	26 ks	28 ks	30 ks
HD1	Horní diagonála	tyč Ø15	4,9	26 ks	28 ks	30 ks
ST1	Systémové táhlo Macalloy 520	tyč Ø39	28,2	4 ks	4 ks	4 ks
ST2	Systémové táhlo Macalloy 520	tyč Ø39	56,4	8 ks	8 ks	8 ks
ST3	Systémové táhlo Macalloy 520	tyč Ø39	14,1	4 ks	4 ks	4 ks
ST4	Systémové táhlo Macalloy 520	tyč Ø39	28,2	0 ks	2 ks	0 ks
ST5	Systémové táhlo Macalloy 520	tyč Ø39	56,4	0 ks	0 ks	2 ks
ZS1	Dílec zpevňující soupravy	TRO 80x4	6,6	2 ks	2 ks	2 ks
ZS2	Dílec zpevňující soupravy	TR Ø42,4x4	5,2	4 ks	4 ks	4 ks
ZS3	Dílec zpevňující soupravy	TRO 60x4	16,28	2 ks	2 ks	2 ks
ZS4	Dílec zpevňující soupravy	TRO 80x4	11,3	2 ks	2 ks	2 ks
ZS5	Dílec zpevňující soupravy	TR Ø42,4x4	6,4	4 ks	4 ks	4 ks
ZS6	Dílec zpevňující soupravy	TRO 60x4	16,28	2 ks	2 ks	2 ks
ZS7	Dílec zpevňující soupravy	TRO 80x4	16	2 ks	2 ks	2 ks
ZS8	Dílec zpevňující soupravy	TR Ø42,4x4	7,9	4 ks	4 ks	4 ks
ZS9	Dílec zpevňující soupravy	TRO 60x4	16,28	2 ks	2 ks	2 ks
MR1	Mostovkový rošt		103	13 ks	14 ks	15 ks
Z1	Zábradlí		65	26 ks	28 ks	30 ks
LZ2	Dílec ložiska		31	4 ks	4 ks	4 ks
NR2	Nájezdová rampa		100	2 ks	2 ks	2 ks
NR2.1	Přechodový kus k NR2		30	2 ks	2 ks	2 ks
	Mostovka Fiberline MD40		14,5	78 ks	84 ks	90 ks
	Dřevěný trámeček 80/40 mezi MR1		2,3	12 ks	13 ks	14 ks
Hmotnost spojovacích prostředků				205 kg	220 kg	235 kg
Celková hmotnost				13686 kg	14633 kg	15581 kg

11 Závěr

Konstrukce je navržena dle platných norem a vyhovuje na I. a II mezní stav.

V Brně dne 10.1. 2020

Bc. Adam Bártů
autor práce

12 Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Březen 2004. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-4 ed. 2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Duben 2013. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [3] ČSN EN 1991-2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou. Červenec 2005. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Leden 2007. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [5] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků. Leden 2007. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [6] ČSN EN 1993-2: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty. Leden 2008. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- zatížení – Zatížení teplotou, Praha, ČNI, 2005.

13 Seznam použité literatury

- [7] PECHAL, Antonín. Mosty. Brno: Ing. Antonín Pechal, CSc., 2009. ISBN 978-80-254-5279-0
- [8] KARMAZÍNOVÁ, Marcela. *Prvky kovových konstrukcí: Spoje kovových konstrukcí*. Brno, 2005. Studijní opory. Vut.
- [9] PILGR, Milan. *Kovové konstrukce: Navrhování prvků ocelových konstrukcí*. Brno, 2018. ISBN 978-80-7623-018-7
- [10] MDČR TP 253: Modulární lávka ML18
- [11] MDČR TP 254: Modulární lávka ML36

14 Internetové zdroje

[12] Ústav kovových a dřevěných konstrukcí – Fakulta stavební VUT v Brně – PEŠEK O. [online], dostupné z <https://www.fce.vutbr.cz/KDK/pesek.o>

[13] Ústav kovových a dřevěných konstrukcí – Fakulta stavební VUT v Brně – BALÁZS I. [online], dostupné z <https://www.fce.vutbr.cz/KDK/balazs.i>

[14] *Tension system: Táhla Macalloy* [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <http://www.tension.cz/produkty/tahla-macalloy>

15 Seznam příloh

15.1 Příloha A – Varianta A

15.2 Příloha B – Varianta B

15.3 Příloha C – Varianta C

15.4 Příloha D – Výkresová dokumentace

15.5 Příloha E – Softwarový výstup – Varianta A

15.6 Příloha F – Softwarový výstup – Varianta B

15.7 Příloha G – Softwarový výstup - Varianta C

16 Seznam použitých zkratk a symbolů

16.1 Velká písmena latinské abecedy

A průřezová plocha

A_0 průřezová plocha průřezu o průměru d_0

A_{eff} účinná plocha průřezu

A_w návrhová účinná plocha svaru

$B_{p,Rd}$ návrhová smyková únosnost v protlačení hlavy nebo matice šroubu

$C_{1/2/3}$ součinitelé závislé na zatížení a podmínkách uložení konců

C_e součinitel expozice

C_m součinitel ekvivalentního konstantního momentu

C_t tepelný součinitel

E Youngův modul pružnosti

F zatížení

$F_{b,Rd}$	návrhová únosnost šroubu v otláčení
$F_{f,Rd}$	návrhová únosnost ve tření
$F_{v,Ed}$	návrhová smyková síla ve šroubu v mezním stavu únosnosti
$F_{t,Ed}$	návrhová tahová síla ve šroubu v mezním stavu únosnosti
$F_{t,Rd}$	návrhová únosnost šroubu v tahu
$F_{v,Rd}$	návrhová únosnost šroubu ve stříhu
G	stálé zatížení
G_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
F_d	návrhová hodnota zatížení
F_k	charakteristická hodnota zatížení
l_v	intenzita turbulence
I	moment setrvačnosti průřezu
L	systemová délka
L_{cr}	vzpěrná délka
$M_{c,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu k některé hlavní ose průřezu
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
$M_{pl,Rd}$	návrhová plastická momentová únosnost
M_{Rk}	charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu v ohybu
$N_{b,Rd}$	vzpěrná únosnost
N_{cr}	kritická síla
$N_{c,Rd}$	návrhová únosnost průřezu v prostém tlaku
N_{Ed}	návrhová hodnota osové síly
$N_{j,Rd}$	návrhová únosnost patky
$N_{pl,Rd}$	návrhová únosnost neoslabeného průřezu
N_{Rk}	charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu při působení osové síly
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu
Q	proměnné zatížení
Q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení
V_{Ed}	návrhová smyková síla
W_{pl}	plastický modul průřezu

16.2 Malá písmena latinské abecedy

b	šířka konstrukce
b	šířka průřezu
c	funkční přesah desky
c_{dir}	součinitel směru
$c_{e(z)}$	součinitel expozice
c_f	součinitel tření
c_{pe}	součinitel vnějšího tlaku

c_r	součinitel drsnosti
c_o	součinitel orografie
c_{season}	součinitel ročního období
d	vnější průměr kruhové trubky
d	jmenovitý průměr šroubu, průměr čepu, nebo průměr spojovacího prostředku
d_o	průměr otvoru pro šroub, nýt nebo čep
d_o	velikost otvoru kolmo k působící tahové síle, obvykle průměr otvoru
d_1	velikost otvoru rovnoběžně k působící tahové síle, obvykle průměr otvoru
d_m	průměrný průměr hlavy šroubu
e	výstřednost síly nebo vzdálenost od okraje
e	vzdálenost šroubu od okraje
f_{cd}	návrhová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{jd}	návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku
f_{Rdu}	návrhová pevnost betonu v uložení
f_u	mez pevnosti
f_{ub}	mez pevnosti pro šrouby
f_y	mez kluzu
f_{yb}	mez kluzu pro šrouby
g	stálé zatížení
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
k_l	součinitel turbulence
k_r	součinitel terénu
k_y	součinitel vzpěrné délky
k_{yy}	součinitel interakce
k_z	součinitel vzpěrné délky
k_{zz}	součinitel interakce
k_w	součinitel vzpěrné délky
k_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
l_w	délka svaru
m	hmotnost
n	počet příčných vazeb
p	rozteč spojovacích prostředků
q	proměnné zatížení
q_b	referenční (základní) dynamický tlak (pro střední rychlost)
q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení
q_p	maximální hodnota dynamického tlaku (dynamický tlak při nárazu větru)
r	poloměr zaoblení
s	zatížení sněhem na střeše
s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi v místě staveniště

t	tloušťka
t ₁	tloušťka stěn průřezu o průměru d ₁
t _f	tloušťka pásnice
t ₀	tloušťka stěn průřezu o průměru d ₀
t _p	tloušťka patního plechu
t _w	tloušťka stojiny
u	průhyb
U _{max}	maximální hodnota průhybu
v _m	střední rychlost větru
v _{b,0}	výchozí hodnota základní rychlosti větru
v _b	základní rychlost větru
w	tlak větru
x	šířka tlačené oblasti
z ₀	parametr drsnosti terénu
z _{0,II}	parametr drsnosti terénu (terén kategorie II)
z _e	referenční výška pro zatížení vnějšího povrchu větrem, vnější nebo vnitřní tlak
z _{min}	minimální výška
z _g	souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

16.3 Velká písmena řecké abecedy

φ	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti
φ _{LT}	hodnota pro výpočet součinitele klopení χ _{LT}

16.4 Malá písmena řecké abecedy

α _{LT}	součinitel imperfekce při klopení
β	součinitel vzpěrné délky
β	poměr d ₁ /d ₀
β _j	součinitel materiálu styčnicku
β _w	korelační součinitel pro svary závislý na druhu oceli
γ	poměr šířky pásu nebo jeho průměru k dvojnásobku tloušťky jeho stojiny
γ _G	dílčí součinitel stálého zatížení, v němž jsou uváženy modelové nejistoty a proměnnost rozměrů
γ _{G,j}	dílčí součinitel j-tého stálého zatížení
γ _M	globální dílčí součinitel spolehlivosti (materiálu)
γ _{M0}	dílčí součinitel únosnosti průřezu kterékoliv třídy
γ _{M1}	dílčí součinitel únosnosti průřezu při posuzování stability prutu
γ _{M2}	dílčí součinitel únosnosti průřezu při porušení v tahu oslabeného průřezu

- γ_{M5} dílčí součinitel únosnosti styčnicků příhradových nosníků z prutů uzavřeného průřezu
- γ_Q dílčí součinitel proměnného zatížení, v němž jsou uváženy modelové nejistoty a proměnnost rozměrů
- $\gamma_{Q,i}$ dílčí součinitel i-tého proměnného zatížení
- ε součinitel závisející na f_y
- ζ_g bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
- ζ_j bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu
- θ úhel
- λ štíhlost
- λ^- poměrná štíhlost
- λ_{LT} poměrná štíhlost při klopení
- μ_i tvarový součinitel zatížení sněhem
- μ_{cr} bezrozměrný kritický moment
- π Ludolfovo číslo
- ρ měrná hmotnost vzduchu
- σ normálové napětí
- $\sigma_{0,Ed}$ největší tlakové napětí v pásu ve styčnicku;
- $\sigma_{p,Ed}$ hodnota $\sigma_{0,Ed}$ s vyloučením napětí od složek osových sil
- v mezipásových prutech ve styčnicku rovnoběžných s osou pásu
- τ smykové napětí
- χ součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru
- χ_{LT} poměrná štíhlost při klopení
- ψ_0 součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení