



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

VENKOVNÍ JEŘÁBOVÁ DRÁHA

OUTDOOR CRANE RUNWAY

A. PRŮVODNÍ DOKUMENT

A. ACCOMPANYING REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radim Klíč

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Pešek

BRNO 2017

Obsah:

01	Titulní list
02	Zadání VŠKP
03	Abstrakt a klíčová slova
04	Bibliografická citace
05	Prohlášení o původnosti VŠKP
06	Poděkování
07	Seznam použité literatury
08	Obsah práce



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

VENKOVNÍ JEŘÁBOVÁ DRÁHA

OUTDOOR CRANE RUNWAY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

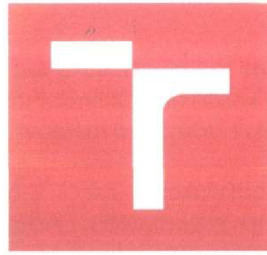
Radim Klíč

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Pešek

BRNO 2017



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
PRACOVISŤE Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

STUDENT Radim Klíč
NÁZEV Venkovní jeřábová dráha
VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE Ing. Ondřej Pešek
DATUM ZADÁNÍ 30. 11. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ 26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu



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

PODKLADY A LITERATURA

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

Bujňák, J. a Vičan, J.: Navrhovanie ocelových konštrukcií, Žilinská univerzita v Žiline, 2012.

Pilgr, M.: Kovové konstrukce. Výpočet jeřábové dráhy pro mostové jeřáby podle ČSN EN 1991-3 a ČSN EN 1993-6, Brno, 2012.

Ferjenčík, P. a kol. Navrhovanie ocelových konštrukcií, 1. časť + 2. časť, ALFA Bratislava / SNTL Praha, 1986.

Marek, P. a kol. Kovové konstrukce pozemních staveb, SNTL / ALFA, Praha, 1985.

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí

a další související normy a technické dokumenty.

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

Vypracujte statický návrh nosné ocelové konstrukce jeřábové dráhy v objektu výroby betonových prefabrikátů u Čáslavi. Jeřábová dráha bude sloužit pojezdu dvojici mostových jeřábů o nosnosti 40 t a rozpětí 25 m. Délka jeřábové dráhy bude přibližně 100 m a skladebná výška konzoly jeřábové dráhy je 10 m. Uvedené rozměry je možno upřesnit podle konkrétních podmínek. Výstupem práce bude statický výpočet hlavních prvků nosné konstrukce, výkresová dokumentace (dispoziční výkresy, výkresy hlavních konstrukčních dílců a charakteristických detailů) a technická zpráva.

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).



Ing. Ondřej Pešek

Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Cílem mé práce byl návrh a posouzení ocelové konstrukce venkovní jeřábové dráhy. Jeřábová dráha má sloužit pojezdu dvojici mostových jeřábů o jednotlivé nosnosti 40 tun. Konstrukce jeřábové dráhy je umístěna v objektu výroby betonových prefabrikátů u Čáslavi.

Dráha má rozpětí 25 metrů a délku 100 metrů. Skladebná výška konzoly jeřábové dráhy je 10 metrů. Hlavní nosník jeřábové dráhy je tvořen jednoose symetrickým svařovaným I profilem z oceli S355. Jednotlivé pruty vodorovného výztužného nosníku jsou navrženy z oceli S235. Sloupy jsou navrženy jako plnostěnné svařované I profily z oceli S235 a jsou v příčném směru vetknuté. Prostorovou tuhost v podélném směru zajišťují brzdná ztužidla, která jsou navržena v jednoduchém křížovém uspořádání.

Klíčová slova

Ocelová konstrukce, venkovní jeřábová dráha, hlavní nosník jeřábové dráhy, vodorovný výztužný nosník, sloup, brzdné ztužidlo, konzola, pohyblivé zatížení

Abstract

The aim of my bachelor's thesis is a design and an assessment of a steel construction of an outdoor crane runway. The crane runway is used for operations of two bridge cranes. Each bridge crane has 40 tons of lifting capacity. The construction of the crane runway is located in a site of a factory for prefabricated concrete elements.

The length of the track is 100 meters and the span of the crane bridge is 25 meters. The upper surface of cantilever is 10 meters above ground. A central beam of the crane runway consists of an uniaxially symmetrical welded I profile which is made from steel of the grade S355. Every single bar of a horizontal bracing beam is made from steel of the grade S235. Columns are designed as solid-web welded I profiles and they are made from steel of the grade S235. These columns are transversely fixed. Spatial rigidity in the longitudinal direction of the construction is provided by braking bracings. These bracings are designed as simple cross layout.

Keywords

Steel structure, outdoor crane runway, crane runway beam, horizontal diagonal bracing of crane runway beam, column, braking bracing, cantilever, moving load

Bibliografická citace VŠKP

Radim Klíč *Venkovní jeřábová dráha*. Brno, 2017. 19 s., 177 s., příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ondřej Pešek

Prohlášení:

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

V Brně dne 24. 5. 2017



.....
podpis autora

Poděkování:

Děkuji především svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Odřejovi Peškovi za jeho odborné vedení mé práce, poskytované rady a také jeho čas při konzultacích. Poděkování patří také mé rodině, která mě při studiu na vysoké škole a tvorbě bakalářské práce podporovala.

Seznam použité literatury

Normy

- [1] ČSN EN 1991-1-3 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*, Praha: ČNI, 2005.
- [2] ČSN EN 1991-1-4 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*, Praha: ČNI, 2007.
- [3] ČSN EN 1991-3 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení*, Praha: ČNI, 2008.
- [4] ČSN EN 1993-1-1 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, Praha: ČNI, 2006.
- [5] ČSN EN 1993-1-5 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn*, Praha: ČNI, 2008.
- [6] ČSN EN 1993-1-9 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-9: Únava*, Praha: ČNI, 2006.
- [7] ČSN EN 1993-6 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 6: Jeřábové dráhy*, Praha: ČNI, 2008.
- [8] ČSN EN 1993-1-8 (731401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků*, Praha: ČNI, 2006.
- [9] STN EN 1993-1-1 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhovanie ocelových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy*
- [10] ČSN 73 5130 *Jeřábové dráhy*, Praha: ČNI, 1993.
- [11] ČSN EN 1090-2+A1 (73 2601) *Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce*, Praha: ČNI, 2012.
- [12] ČSN EN ISO 12944-5 (03 8241) *Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 5: Ochranné nátěrové systémy*, Praha: ČNI, 2008

Literatura

- [15] PILGR, M. *Kovové konstrukce – Výpočet jeřábové dráhy pro mostové jeřáby podle ČSN EN 1991-3 a ČSN EN 1993-6*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012
- [16] VRANÝ, T., JANDERA, M., ELIÁŠOVÁ M. – *Ocelové konstrukce 2 – Cvičení*. Praha: České technika – nakladatelství ČVUT, 2005
- [17] KARMAZÍNOVÁ M. *Prvky kovových konstrukcí – Modul BO02-M02 Spoje kovových konstrukcí* (skriptum). Brno: VUT, 2005
- [18] MELCHER J., BAJER M. *Prvky kovových konstrukcí – Modul BO02-M07 Navrhování ocelových konstrukcí na mezní stav únavy* (skriptum). Brno: VUT
- [19] MELCHER J., BAJER M. *Prvky kovových konstrukcí – Modul BO02-M01 Materiál a konstrukční prvky ocelových konstrukcí* (skriptum). Brno: VUT
- [20] MELCHER J., BAJER M. *Prvky kovových konstrukcí – Modul BO02-M04 Pruty namáhané smykem a ohybem* (skriptum). Brno: VUT
- [21] MELCHER J., KARMAZÍNOVÁ M., BAJER M., SÝKORA K. *Prvky kovových konstrukcí – Modul BO02-M03 Pruty namáhané tahem a tlakem* (skriptum). Brno: VUT
- [22] MELCHER J., ŠMAK M. *Kovové konstrukce I – Modul BO04-MO3 Konstrukce jeřábové dráhy* (skriptum). Brno: VUT

- [23] MELCHER J., PILGR M. *Kovové konstrukce I – Modul BO04-MO4 Sloupy a větrové ztužidlo* (skriptum). Brno: VUT
- [24] VESELKA M. *Kovové konstrukce I – Modul BO04-M01 Uspořádání a konstrukční řešení průmyslových budov* (skriptum). Brno: VUT

Další použitá literatura

- [28] VN 73 2615 *Směrnice pro kotvení ocelových konstrukcí*, Vítkovice a.s., Ostrava, 1994
- [29] NCCI: *Návrh kloubové patky se smykovou zarážkou*
- [30] Poznámky z výuky BO002 Prvky kovových konstrukcí
- [31] Poznámky z výuky BO004 Kovové konstrukce I
- [32] Poznámky z výuky BO008 Kovové konstrukce II
- [33] Poznámky z výuky BO009 Kovové mosty I
- [34] Poznámky z výuky BD001 Základy stavební mechaniky
- [35] Poznámky z výuky v předmětu BD004 Statika 2
- [36] Staticstools.eu [online], dostupné z <http://www.staticstools.eu/>
- [37] KINDMAN R. [online], dostupné z <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/stab.200610037/epdf>
- [38] MACHÁČEK J. [online] *Kroucení prutů*, dostupné z <http://people.fsv.cvut.cz/~machacek/prednaskyOK3/OK3-4z.pdf>

Obsah práce

A. Průvodní dokument

- 01 Titulní list
- 02 Zadání VŠKP
- 03 Abstrakt a klíčová slova
- 04 Bibliografická citace
- 05 Prohlášení o původnosti VŠKP
- 06 Poděkování
- 07 Seznam použité literatury
- 08 Obsah práce

B. Technická zpráva

C. Statický výpočet

D. Výkresová dokumentace

- 01 Dispoziční výkresy
- 02 Výkres kotvení
- 03 Hlavní nosník jeřábové dráhy
- 04 Vodorovný výztužný nosník, výztužný nosník v šikmé rovině
- 05 Brzdné ztužidlo, sloup
- 06 Detaily



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

VENKOVNÍ JEŘÁBOVÁ DRÁHA

OUTDOOR CRANE RUNWAY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA

B. ENGINEERING REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radim Klíč

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Pešek

BRNO 2017

Obsah

1. Úvod.....	2
2. Zatížení konstrukce.....	3
2.1. Stálé zatížení.....	3
2.2. Proměnné zatížení jeřáby.....	3
2.3. Proměnné zatížení klimatické.....	4
2.4. Zatížení lávky a zábradlí.....	4
2.5. Únavové zatížení.....	4
3. Hlavní konstrukční prvky konstrukce.....	4
3.1. Hlavní nosník jeřábové dráhy.....	4
3.2. Vodorovný výztužný nosník.....	5
3.3. Výztužný nosník v šikmé rovině.....	5
3.4. Dřík sloupu.....	5
3.5. Špička sloupu.....	5
3.6. Brzdné ztužidlo.....	6
3.7. Konzola.....	6
3.8. Kolejnice.....	6
4. Rektifikace jeřábové dráhy.....	6
5. Kotvení.....	6
6. Revizní lávky.....	7
7. Ochranný nátěr.....	7
8. Výroba a montáž konstrukce.....	7
9. Odhad hmotnosti ocelové konstrukce jeřábové dráhy.....	8
10. Seznam použité literatury.....	9
10.1. Normy.....	9
10.2. Literatura.....	9
10.3. Další použitá literatura.....	10
11. Použitý software.....	10

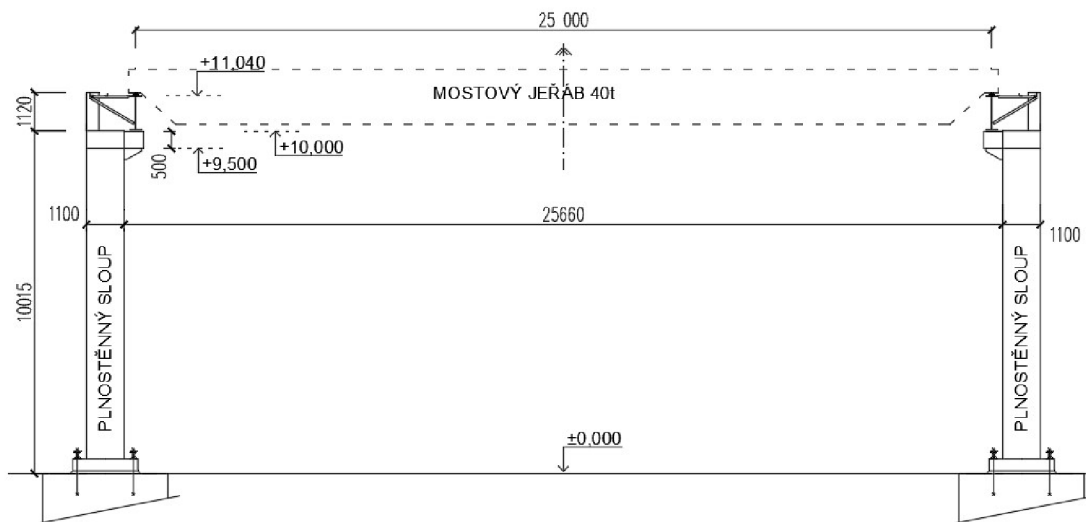
1. Úvod

Konstrukce jeřábové dráhy, nacházející se ve výrobně betonových prefabrikátů u Čáslavi, je navržena pro dva mostové jeřáby o nosnosti 40 tun. Jako výrobce mostových jeřábů byla vybrána firma Iteco Abus. Celková délka jeřábové dráhy je navržena na 100 metrů a rozpětí je 25 metrů. Skladebná výška konzoly jeřábové dráhy je 10 metrů. Jako hlavní nosník jeřábové dráhy je navržen svařovaný jednoose symetrický I profil, který je doplněn vodorovným výztužným nosníkem. Ten je podporován výztužným nosníkem v šikmé rovině. Prostorová tuhost soustavy je zajištěna v příčném směru pomocí vetknutých sloupů a ve směru podélném je zajištěna pomocí brzdných ztužidel. Špička i dřík sloupu jsou navrženy jako plnostěnné. Všechny prvky ocelové konstrukce jsou navrženy z oceli třídy S235J2 nebo S355J2.

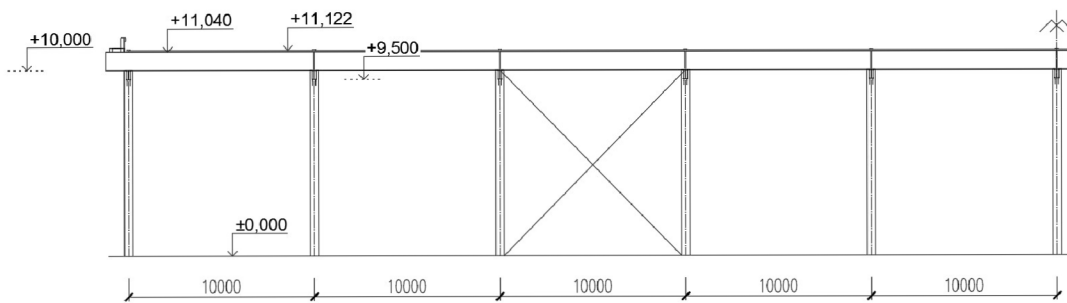
Při statickém posouzení bylo uvažováno s mostovými jeřáby od firmy Iteco Abus s následujícími parametry:

Kategorie únavových účinků	S3
Tíha jeřábu s kočkou	237,600 KN
Rychlost zdvihu kladkostroje	0,66/4 m/min
Rychlost pojezdu jeřábu	10/40 m/min
Pohon hnacích kol	separátní
Uložení kol vzhledem k bočním pohybům	pevné/pevné (FF)
Vedení jeřábu na jeřábové dráze	oboustranné nákolky

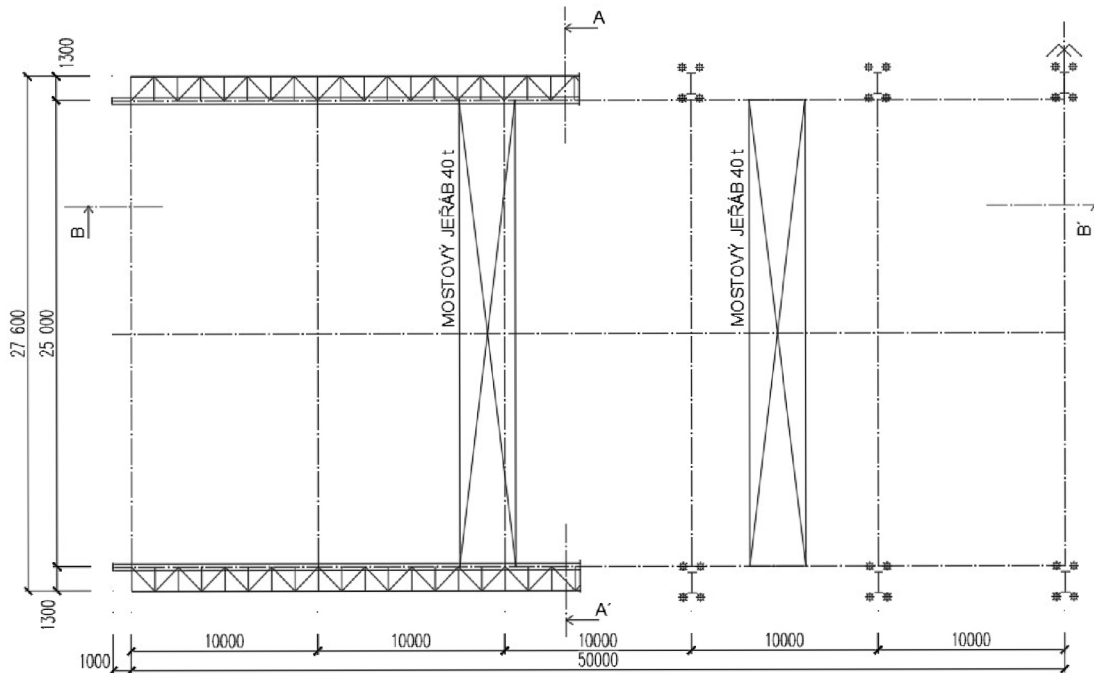
Obr. 1.1 – Dispozice konstrukce – příčný řez (řez A-A')



Obr. 1.2. – Dispozice konstrukce – podélný řez (řez B-B')



Obr. 1.3. – Dispozice konstrukce – půdorys



2. Zatížení konstrukce

2.1. Stálé zatížení

Kolejnice jeřábové dráhy A65	0,431 KN/m
Vlastní tíha nosníku jeřábové dráhy (odhad)	3,954 KN/m
<u>Vlastní tíha VVN a lávky (odhad)</u>	<u>1,500 KN/m</u>
Celkové stálé zatížení	5,885 KN/m

2.2. Proměnné zatížení jeřáby

Tíha mostového jeřábu	$Q_{c,r,max} = 65,170 \text{ KN}$ $Q_{c,r,(max)} = 53,630 \text{ KN}$
Zatížení kladkostroje	$Q_{H,r,max} = 191,840 \text{ KN}$ $Q_{H,r,(max)} = 8,160 \text{ KN}$
Zrychlení mostu jeřábu	$H_{L,1} = H_{L,2} = 5,363 \text{ KN}$

$$H_{T,1} = 17,418 \text{ KN}$$

$$H_{T,2} = 4,188 \text{ KN}$$

Příčení mostu jeřábu

$$H_{S,1,1,T} = 18,537 \text{ KN}$$

$$H_{S,2,1,T} = 77,103 \text{ KN}$$

$$S = 95,640 \text{ KN}$$

Zrychlení kočky mostového jeřábu

$$H_{T,3,1} = H_{T,3,2} = 10,628 \text{ KN}$$

2.3. Proměnné zatížení klimatické

Max. dynamický tlak větru za provozu (20 m/s) *

$$q_p(z) = 613,643 \text{ N/m}^2$$

Maximální dynamický tlak větru (25 m/s)

$$q_p(z) = 889,258 \text{ N/m}^2$$

Základní zatížení sněhem

$$s = 0,6 \text{ KN/m}^2$$

* „Při kombinacích zatížení kladkostroje se zatížením větrem se má uvažovat maximální síla, slučitelná s provozem jeřábu. Tato síla F_w se stanoví pro rychlost větru 20 m/s.“ (viz ČSN EN 1991-3 čl. A.1. (6) [3]).

2.4. Zatížení lávky a zábradlí

Zatížení lávky

$$Q_k = 1,5 \text{ KN}$$

Zatížení zábradlí

$$H_k = 0,3 \text{ KN}$$

2.5. Únavové zatížení

Konstrukce bude sloužit pojezdu dvojici mostových jeřábů, která je umístěna v kategoriích únavových účinků S3.

Zatížení jedním jeřábem

$$Q_{e,\sigma} = 105,231 \text{ KN}$$

$$Q_{e,\tau} = 152,414 \text{ KN}$$

Zatížení spřaženými jeřáby

$$Q_{e,\sigma,dub} = 66,266 \text{ KN}$$

$$Q_{e,\tau,dub} = 115,568 \text{ KN}$$

Zatížení lokálními účinky od kolového zatížení

$$Q_{e,\sigma,loc} = 132,532 \text{ KN}$$

$$Q_{e,\tau,loc} = 174,943 \text{ KN}$$

3. Hlavní konstrukční prvky konstrukce

3.1. Hlavní nosník jeřábové dráhy

Hlavní nosník jeřábové dráhy je ze statického hlediska navržen jako prostý nosník o rozpětí 10 metrů. Nosník je navržen jako svařovaný plnostěnný a konstantního průřezu. Průřez hlavního nosníku je tvořen horní pásnicí o tloušťce 25 mm a šířce 350 mm, stojinou o tloušťce 10 mm s výškou 955 mm a spodní pásnicí o tloušťce 20 mm a šířce

350 mm. Stojina hlavního nosníku jeřábové dráhy musí být vyztužena koncovými a mezilehlými výztuhami po vzdálenosti 1250 mm. Tloušťka výztužných plechů je 8 mm a šířka výztuh je 90 mm.

Pro snížení vrubového účinku je důležité nepřivařovat výztuhy ve vzdálenosti 150 mm od okraje spodní pásnice.

Krční svary spojující pásnici a stojinu nesmí obsahovat místa přerušeni a budou provedeny automaticky.

Koncové pole bude opatřeno koncovým nárazníkem a musí zde být proveden výlez na lávku, která je umístěna na vodorovném výztužném nosníku.

Všechny části hlavního nosníku budou provedeny z oceli S355J2.

3.2. Vodorovný výztužný nosník

Vodorovný výztužný nosník je navržen jako příhradový a bude uložen na rozpětí 10 metrů. Vzdálenost mezi těžištěm hlavního nosníku a těžištěm pásu vodorovného nosníku je 1300 mm. Pás vodorovného nosníku je tvořen dvojicí rovnoramenných úhelníků L80x8, které budou spojeny po 625 mm vložkami P10 – 70x80. Jako diagonály jsou navrženy rovnoramenné úhelníky L80x10 a L70x7. Svislice budou z úhelníků L75x7. Styčnickové plechy spojující horní pásnici hlavního nosníku s diagonálami a svislicemi vodorovného výztužného nosníku musí být provedeny v zaoblení o minimálním poloměru R=150 mm.

Ve svislém směru je pás vodorovného nosníku podporován výztužným nosníkem v šikmé rovině.

Na svislicích bude uložena revizní lávka.

Všechny pruty a styčnickové plechy budou vyrobeny z oceli S235J2.

3.3. Výztužný nosník v šikmé rovině

Je navržen jako příhradový, jednotlivé pruty budou z rovnoramenných úhelníků L60x60x6 z oceli S235. Výztužný nosník v šikmé rovině bude podepírat pás vodorovného nosníku po vzdálenostech 2500 mm.

3.4. Dřík sloupu

Dřík sloupu je navržen jako dvojose symetrický svařovaný I profil z oceli S235J2 a je vysoký 9,895 m. Pásnice jsou navrženy o tloušťce 25 mm a šířce 450 mm. Stojina je tlustá 15 mm a vysoká 1050 mm. Dřík sloupu bude v příčném směru vetknutý a ve směru podélném bude kloubově uložen.

3.5. Špička sloupu

Je navržena z válcovaného IPE 360 z oceli S235J2 o výšce 1120 mm. Špička sloupu bude přenášet zatížení z vodorovného výztužného nosníku, který na ní bude uložen.

3.6. Brzdné ztužidlo

Prostorová tuhost konstrukce v podélném směru bude zajištěna pomocí brzdných ztužidel, která budou umístěna vždy mezi 3 a 4 sloupem od začátku a konce jeřábové dráhy. Brzdné ztužidlo je navrženo v jednoduchém křížovém uspořádání. Pruty budou

z hladké bezešvé trubky 89x10 z oceli S235J2. Z důvodu omezení kroutícího momentu, působícího na sloup jeřábové dráhy, bude ztužidlo umístěno v úrovni vnitřní pásnice dříku sloupu.

3.7. Konzola

Konzola bude sloužit k uložení hlavního nosníku jeřábové dráhy. Je navržena z dvojose symetrického svařovaného I profilu z oceli S355J2 a je dlouhá 560 mm. Na dřík sloupu bude přivařena pomocí koutových svarů a bude vyztužena dvojicí výztuh, které budou umístěny pod spodní pásnici konzoly. Výztuhy budou umístěny také mezi pásnicemi pod teoretickým uložením hlavního nosníku jeřábové dráhy.

3.8. Kolejnice

Profilové kolejnice A65 budou provedeny jako stykované. Kolejnice z jednoho nosníku přesahuje na nosník druhý, na kterém je uložena posuvně s použitím vodících lišt. Konce kolejnic se upraví řezem pod úhlem 45° a mezi čely se ponechá vůle 6 mm k vyrovnání výrobních tolerancí.

Kolejnice budou uloženy na pružnou elastomerovou podložku Gantrail MK8 o šířce 168 mm, která je určena pro provoz těžkých jeřábů ve venkovním prostředí. Kolejnice budou k hlavnímu nosníku jeřábové dráhy připevněny pomocí regulovatelných svěrek Gantrail, Svěrky budou k horní pásnici hlavního nosníku připevněny pomocí koutových svarů.

4. Rektifikace jeřábové dráhy

Uložení hlavního nosníku jeřábové dráhy je provedeno tak, aby byla možná výšková, délková i šířková rektifikace. Detaily uložení jeřábové dráhy jsou provedeny tak, aby byly umožněny doporučené rektifikace dle ČSN 73 5130. Příčnou rektifikaci umožňují příčné oválné otvory v ložisku pro připevňovací šrouby nosníků. Po rektifikaci nosníku jeřábové dráhy se do mezery mezi sloupem a opěrnými místy vodorovného vyztužného nosníku svisle zasunou klíny a jejich poloha se zabezpečí přišroubováním na sloup.

Výškovou rektifikaci umožňují podložky vkládané mezi spodní pásnici nosníku a úložnou desku ložiska.

Podélná rektifikace je zajištěna pomocí zvětšených otvorů pro ložiskové šrouby. Mezi čely hlavních nosníků je navržena vůle, která se ve spodní části vyplní vložkami.

5. Kotvení

Přenos vnitřních sil ze sloupu do základu je zajištěn pomocí patního plechu, který je vyztužen přivařenými podélnými výztuhami a následně pomocí kotevních šroubů. Předem zabetonované kotevní šrouby budou opatřeny kotevní hlavou. Hloubka zabetonování kotevních šroubů je navržena 600 mm. Při osazování šroubů je ponechána tolerance ± 50 mm. Patka je navržena z betonu C 20/25. Pro přenos posouvající síly je navržena smyková zarážka.

patní plech	P40 – 1930x700 – S355J2
podélné výztuhy	2 x UPE 350 – 1900 – S355J2

kotevní příčníky	4 x UPN 100 – 1100 – S355J2
kotevní šrouby	4 x M42x3 – 1230/S235
smyková zarážka	IPE 450 – 300 – S235JR
podlití	tl. 80 mm

6. Revizní lávky

Revizní lávka o šířce 500 mm je navržena na obou větvích jeřábové dráhy. Podlaha lávky bude provedena z podlahového roštu, který bude na jedné straně uložen na pásu vodorovném nosníku a na straně druhé bude uložena na rovnoramenném úhelníku, který bude uložen na svislicích vodorovného výztužného nosníku. Lávka bude směrem do volného prostranství opatřena ocelovým zábradlím.

7. Ochranný nátěr

Příprava povrchu: Sa2 ½ - velmi důkladné otryskání.

Jako pojivo pro základní nátěr bude použit epoxid. Základní nátěr bude proveden ve dvou vrstvách a musí mít jmenovitou tloušťku suchého povlaku 160 µm.

Následující nátěr bude proveden ve třech vrstvách a jako pojivo musí být použit akrylát nebo polyvinylchlorid. Tento nátěr musí mít jmenovitou tloušťku suchého povlaku 280 µm.

Tento nátěrový systém odpovídá stupni korozní agresivity C4 a má životnost minimálně 15 let. Nutno podotknout, že životnost není „záruční doba“, má pouze pomoci vlastníkovvi zařízení sestavit plán údržby. Nátěr bude muset být v průběhu životnosti obnoven, pokud se objeví okem viditelné koroze.

8. Výroba a montáž konstrukce

Třída následků	CC1
Kategorie použitelnosti	SC2
Výrobní kategorie	PC2
Třída provedení	EXC2

Dřík sloupu a hlavní nosník jeřábové dráhy, včetně koncových a mezilehlých výztuh, budou svařeny již ve výrobě. Krční svary budou provedeny automatem. Ve výrobě bude také k dříku sloupu přivařena konzola a špička sloupu. Příhradový vodorovný výztužný nosník bude sestaven již ve výrobě. Ve výrobě bude také provedeno sestavení hlavního nosníku jeřábové dráhy, vodorovného výztužného nosníku a výztužného šikmého nosníku do jednoho celku.

Přístupové cesty na staveniště včetně cest na staveništi musí být upravené, aby umožnili vjezd vozidel, dopravující předem vyrobené dílce z výroby. Na staveništi musí být zřízen zpevněný povrch pro jeřáby a přepravní zařízení.

Montáž samotné konstrukce musí být zahájena minimálně po 28 dnech od zabetonování základů. Základové patky musí být zhotoveny z betonu pevnosti C20/25. Do patek již budou zabetonovány kotevní šrouby s tolerancí ±50 mm. V patce musí být ponechán otvor pro smykovou zarážku.

Montáž samotné konstrukce:

- 1) Nejprve je nutné osadit smykovou zarážku do již ponechaného otvoru v základové patce. Zarážka musí být osazována s již přivařeným patním plechem.
- 2) Poté bude provedeno podlití z betonu o minimální pevnosti jako je navržena základová patka.
- 3) Po zatvrdnutí podlití bude patní plech opatřen podélnými výztuhami a kotevními příčníky, díky kterým se zafixují kotevní šrouby. Kotvení je lépe objasněno ve výkresu 06 – Details.
- 4) Pomocí jeřábu bude vztyčen sloup a následně bude přivařen k patní desce
- 5) Poté bude na konzolu osazen hlavní nosník jeřábové dráhy, který tvoří jeden celek společně s vodorovným výztužným nosníkem a výztužným šikmým nosníkem.
- 6) Uložení lávky včetně zábradlí. Montáž žebříku na revizní lávku.
- 7) Montáž brzdných ztužidel.
- 8) Osazení elastomerové podložky Gantrail, kolejnic A 65 a následně jejich připevnění k hlavnímu nosníku jeřábové dráhy pomocí regulovatelných svěrek Gantrail.

Pro zachování dobrého stavu konstrukce je nutné provádět pravidelnou údržbu, která musí být prováděna odborně způsobilou osobou.

9. Odhad hmotnosti ocelové konstrukce jeřábové dráhy

Prvek		Průřezová plocha [m ²]	Délka prvku [m]	Počet [ks]	Objem oceli [m ³]
Hlavní nosník jeřábové dráhy		0,0253	9,980	20	5,0499
Dřík sloupu		0,0383	9,895	22	8,3375
Špička sloupu	IPE 360	0,0073	1,120	22	0,1799
Konzola		0,0160	0,560	22	0,1971
Brzdné ztužidlo		0,0025	25,580	4	0,2558
Nosné kotvení	UPE 350	0,0078	1,900	44	0,6521
	UPN 100	0,0013	1,100	88	0,1258
	P 40	0,0280	1,930	22	1,1889
	IPE 450	0,0099	0,300	22	0,0653
Vodorovný výztužný nosník	L 80x10	0,0015	1,315	80	0,1578
	L 70x7	0,0009	1,280	80	0,0922
	L 75x7	0,0010	0,940	140	0,1316
	L 80x8	0,0012	9,788	20	0,2349
Výztužný nosník v šikmé rovině	L 60x6	0,0007	1,910	160	0,2139
Výztuhy hlavního nosníku		0,0007	0,955	180	0,1203
Celkový objem oceli					17,0031

Celková hmotnost konstrukce:

$$17,0031 \cdot 7\,850 = 133,474 \text{ t}$$

Cena ocelové konstrukce (uvažují 35 Kč/kg):

$$35 \cdot 133\,474 = 4\,671\,590 \text{ Kč}$$

10. Seznam použité literatury

10.1. Normy

- [1] ČSN EN 1991-1-3 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*, Praha: ČNI, 2005.
- [2] ČSN EN 1991-1-4 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*, Praha: ČNI, 2007.
- [3] ČSN EN 1991-3 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení*, Praha: ČNI, 2008.
- [4] ČSN EN 1993-1-1 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, Praha: ČNI, 2006.
- [5] ČSN EN 1993-1-5 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn*, Praha: ČNI, 2008.
- [6] ČSN EN 1993-1-9 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-9: Únava*, Praha: ČNI, 2006.
- [7] ČSN EN 1993-6 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 6: Jeřábové dráhy*, Praha: ČNI, 2008.
- [8] ČSN EN 1993-1-8 (731401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků*, Praha: ČNI, 2006.
- [9] STN EN 1993-1-1 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhovanie ocelových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy*
- [10] ČSN 73 5130 *Jeřábové dráhy*, Praha: ČNI, 1993.
- [11] ČSN EN 1090-2+A1 (73 2601) *Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce*, Praha: ČNI, 2012.
- [12] ČSN EN ISO 12944-5 (03 8241) *Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 5: Ochranné nátěrové systémy*, Praha: ČNI, 2008

10.2. Literatura

- [15] PILGR, M. *Kovové konstrukce – Výpočet jeřábové dráhy pro mostové jeřáby podle ČSN EN 1991-3 a ČSN EN 1993-6*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012
- [16] VRANÝ, T., JANDERA, M., ELIÁŠOVÁ M. – *Ocelové konstrukce 2 – Cvičení*. Praha: České technika – nakladatelství ČVUT, 2005
- [17] KARMAZÍNOVÁ M. *Prvky kovových konstrukcí – Modul BO02-M02 Spoje kovových konstrukcí* (skriptum). Brno: VUT, 2005
- [18] MELCHER J., BAJER M. *Prvky kovových konstrukcí – Modul BO02-M07 Navrhování ocelových konstrukcí na mezní stav únavy* (skriptum). Brno: VUT
- [19] MELCHER J., BAJER M. *Prvky kovových konstrukcí – Modul BO02-M01 Materiál a konstrukční prvky ocelových konstrukcí* (skriptum). Brno: VUT
- [20] MELCHER J., BAJER M. *Prvky kovových konstrukcí – Modul BO02-M04 Pruty namáhané smykem a ohybem* (skriptum). Brno: VUT
- [21] MELCHER J., KARMAZÍNOVÁ M., BAJER M., SÝKORA K. *Prvky kovových konstrukcí – Modul BO02-M03 Pruty namáhané tahem a tlakem* (skriptum). Brno: VUT
- [22] MELCHER J., ŠMAK M. *Kovové konstrukce I – Modul BO04-MO3 Konstrukce jeřábové dráhy* (skriptum). Brno: VUT

- [23] MELCHER J., PILGR M. *Kovové konstrukce I – Modul BO04-MO4 Sloupy a větrové ztužidlo* (skriptum). Brno: VUT
- [24] VESELKA M. *Kovové konstrukce I – Modul BO04-M01 Uspořádání a konstrukční řešení průmyslových budov* (skriptum). Brno: VUT

10.3. Další použitá literatura

- [28] VN 73 2615 *Směrnice pro kotvení ocelových konstrukcí*, Vítkovice a.s., Ostrava, 1994
- [29] NCCI: *Návrh kloubové patky se smykovou zarážkou*
- [30] Poznámky z výuky BO002 Prvky kovových konstrukcí
- [31] Poznámky z výuky BO004 Kovové konstrukce I
- [32] Poznámky z výuky BO008 Kovové konstrukce II
- [33] Poznámky z výuky BO009 Kovové mosty I
- [34] Poznámky z výuky BD001 Základy stavební mechaniky
- [35] Poznámky z výuky v předmětu BD004 Statika 2
- [36] Staticstools.eu [online], dostupné z <http://www.staticstools.eu/>
- [37] KINDMAN R. [online], dostupné z <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/stab.200610037/epdf>
- [38] MACHÁČEK J. [online] *Kroucení prutů*, dostupné z <http://people.fsv.cvut.cz/~machacek/prednaskyOK3/OK3-4z.pdf>

11. Použitý software

Microsoft Word 2016
Microsoft Excel 2016
AutoCAD 2017
SCIA Engineer 16.0