

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2019

**TOMÁŠ
PINTÍŘ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Lávka v Plzni

Footbridge in Plzeň

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Autor bakalářské práce: Tomáš Pintíř

Vedoucí bakalářské práce: doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

Praha 2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Pintř Jméno: Tomáš Osobní číslo: 423809
Zadávací katedra: K134
Studijní program: SI
Studijní obor: K

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Lávka v Plzni

Název bakalářské práce anglicky: Footbridge in Plzeň

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte statický výpočet nosných konstrukcí, dispoziční výkresy, výkresy základních detailů a technickou zprávu.

Seznam doporučené literatury:
předán osobně

Jméno vedoucího bakalářské práce: J. Dolejš

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2019 Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2019
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

[Signature] Podpis vedoucího práce [Signature] Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.

20.2.2019 Datum převzetí zadání [Signature] Podpis studenta(ky)

Název bakalářské práce: Lávka v Plzni

Anotace:

Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení dřevěné lávky přes řeku Mži v obci Radčice. Cílem práce je návrh nové lávky. Navržená lávka slouží pro cyklisty a pěší. Návrh je dále podmíněn jejím začleněním do krajiny. Jedná se o lávku obloukovou o jednom poli. Práce zahrnuje technickou zprávu, statický výpočet a výkresovou dokumentaci. Pro statický výpočet byl využit program SMATH Studio. Pro výpočet vnitřních sil a stabilitní výpočet byl využit program SCIA Engineer.

Klíčová slova:

Dřevo, lávka, obloukový most, statický výpočet

Bachelor's Thesis title: Footbridge in Plzeň

Annotation:

The subject of this bachelor thesis is design and assessment of wooden footbridge, which leads over the river Mže in the township Radčice. Objective of thesis is design of a new wooden footbridge. Design solution is conditioned by the necessity to displace pedestrian and cycling transport and pursuit to incorporate a new structure to the landscape at the same time, It is one field arch bridge- Thesis includes technical report, static calculation and drawing documentation. For the static calculation has been used the SMATH Studio program. For the calculation of internal forces and calculation of stability has been used the SCIA Engineer program.

Key words:

Wood, footbridge, arch bridge, calculation

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval doc. Dr. Ing. Jakubu Dolejšovi, za čas strávený při konzultacích, odborné rady, trpělivost a vedení mého postupu při vytváření této práce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Lávka v Plzni“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne

.....

podpis

TECHNICKÁ ZPRÁVA

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ		
KATEDRA: KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: TOMÁŠ PINTÍŘ	VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	
TÉMA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: LÁVKA V PLZNI		

Obsah

1.	Úvod.....	2
2.	Základní údaje	2
2.1.	Umístění	2
2.2.	Údaje o stavbě.....	2
2.3.	Popis konstrukce	2
3.	Charakter přemostované překážky	2
4.	Materiály	3
5.	Ochrana dřeva	3
6.	Konstrukční prvky - hlavní nosný systém	3
6.1.	Oblouk	3
6.2.	Dřevěné táhlo	3
6.3.	Závěsy	3
7.	Konstrukční prvky – ostatní	3
7.1.	Mostovka	3
7.2.	Zábradlí	4
7.3.	Ztužidla	4
8.	Zatížení konstrukce	4
8.1.	Stálé zatížení.....	4
8.2.	Proměnné zatížení.....	4
9.	Montáž.....	4
10.	Použitý software	5
11.	Použitá literatura	5
12.	Normy	5

1. Úvod

Cílem bakalářské práce je navržení a posouzení nové lávky přes řeku Mži na okraji obce Radčice. Lávka bude sloužit pro pěší a cyklisty, kteří do teď museli používat silniční most v blízkosti navrhované lávky. To je do budoucna nevyhovující řešení z důvodu napojení obce na obchvat města Plzně, z čehož vyplývá zvýšení hustoty silniční dopravy.

2. Základní údaje

2.1. Umístění

Umístění lávky je na okraji obce Radčice a bude tak navazovat na pěší a cyklistickou trasu vedoucí mezi touto obcí a nedalekou obcí Křimice. Lávka je umístěna zhruba 20 m po proudu od stávajícího silničního mostu.

2.2. Údaje o stavbě

Název:	Lávka v Plzni
Obec:	Plzeň 7 – Radčice
Kraj:	Plzeňský
Katastrální území:	Radčice u Plzně 737411

2.3. Popis konstrukce

Jedná se o dřevěnou obloukovou lávku. Hlavní nosný systém je tvořen obloukem, který je v úpatí stažen dřevěným táhlem zavěšeným na ocelových závěsech. Vzepětí oblouku činí 4,175 m. Dřevěné táhlo slouží mimo stažení oblouku také k nesení dřevěné mostovky tvořené: příčníky, podélníky a obrušnou vrstvou tvořenou dubovými fošnami.

Výškové řešení je podmíněno průtokem Q100.

3. Charakter přemostované překážky

Přemostovanou překážkou je tok řeky Mže. Šířka Mže v místě přemostění činí zhruba 25 metrů při běžném průtoku. Při návrhu bylo uvažováno s průtokem Q100. Šířka toku je při tomto průtoku irelevantní z důvodu její velikosti, ale je počítáno s výškou toku tak, aby nedošlo k zaplavení dřevěné konstrukce včetně ložisek. Toto je zajištěno i při deformaci konstrukce způsobené zatížením.

4. Materiály

Hlavní nosný systém je tvořen z lepeného lamelového dřeva třídy GL32h. Ostatní prvky jsou ze dřeva rostlého a to konkrétně: příčník a podélník ze smrkového dřeva C24 a obrušná vrstva z dubových fošen třídy D30.

5. Ochrana dřeva

Povrchová úprava dřeva bude provedena podle dílenské dokumentace.

6. Konstrukční prvky - hlavní nosný systém

6.1. Oblouk

Oblouk je hlavním prvkem nosné konstrukce lávky. Je zhotoven z lepeného lamelového dřeva třídy GL32h. Jedná se o obdélníkový profil výšky 600 mm a šířky 240 mm. Oblouk přenáší většinu zatížení a to za pomoci ocelových závěsů, které ho propojují s dřevěným táhlem.

6.2. Dřevěné táhlo

Materiál dřevěného táhla se shoduje s obloukem a jedná se tedy o lepené lamelové dřevo třídy GL32h. Profil je obdélníkový o výšce 600 mm a šířce 240 mm. Prvek jednak přenáší tah vnášený do něj v patě oblouku a zároveň je do něj ukotvena mostovka. Zatížení od mostovky jsou z prvku přenášeny do oblouku za pomoci ocelových závěsů.

6.3. Závěsy

Závěsy jsou prvkem hlavní nosné konstrukce, a slouží k přenesení síly od mostovky a dopravy z dřevěného táhla do oblouku hlavní nosné konstrukce. Materiál závěsu je ocel S355 a jedná se o kruhový průřez o průměru 20mm.

7. Konstrukční prvky – ostatní

7.1. Mostovka

Mostovka se skládá z dubových fošen, třinácti příčníků a pěti podélníků

Fošny sloužící jako obrušná vrstva jsou zhotoveny z dubového dřeva D30 o rozměrech 250/60 mm. Tyto fošny jsou uloženy na podélník.

Podélníky mají rozměry 150/180 mm. Jsou zhotoveny ze smrkového dřeva třídy C24. Podélník je po délce tvořen jedním kusem, a vytváří tak spojitý nosník o dvanácti polích. Podélníky jsou uloženy na příčníky.

Příčníky jsou stejně jako podélníky tvořeny ze smrkového dřeva C24 a jejich rozměry jsou 200/250 mm, s výjimkou krajních příčníků, jejichž rozměry jsou rozšířeny na 200/350 mm. Uloženy jsou na koncích do ocelových úhelníků připojených pomocí svorníků do dřevěného táhla hlavní nosné konstrukce.

7.2. Zábradlí

Lávka je opatřena dřevěným zábradlím s plechovými výplněmi s otvory. Výška zábradlí je 1300 mm a odpovídá tak doporučené hodnotě pro mostní objekty s možností vjezdu cyklistů.

7.3. Ztužidla

Ztužidla jsou na konstrukci dvou druhů, a to konkrétně ztužidla oblouku hlavní nosné konstrukce a ztužidla mostovky. Ztužení oblouku hlavní nosné konstrukce se skládá z dřevěných příčníků o rozměrech 200/200 mm, a dále čtyř kruhových trubek délky 5,56 m o profilu 102/6,3. Ztužení mostovky tvoří 24 trubek profilu 54/6,3 o délce 3,945 m.

8. Zatížení konstrukce

8.1. Stálé zatížení

Stálé zatížení je uvažováno od vlastní tíhy konstrukce a taktéž ostatní stálé zatížení zahrnující nesené části konstrukce. Síly od vlastní tíhy jsou ve výpočtu vygenerovány programem SCIA Engineer.

8.2. Proměnné zatížení

Je uvažováno spojitě zatížení chodce 5 kN/m^2 a dále soustředné zatížení 10 kN působící na ploše o straně $0,10 \text{ m}$. Dále se uvažuje zatížení větrem. Zatížení obslužným vozidlem není uvažováno z důvodu zamezení vjezdu takového zavazadla. Obslužné vozidlo má možnost překonat řeku přes blízký most určený pro silniční dopravu

9. Montáž

První bude zhotovena spodní stavba včetně mostních ložisek tak, aby mohla být osazena dřevěná konstrukce. Po vyzrání betonu bude spodní stavba připravena k osazení konstrukce.

V dalším postupu bude osazena samotná dřevěná konstrukce. Konstrukce bude jako celek smontována ve výrobní hale a převezena na místo stavby na podvalníku. Poté bude konstrukce osazena na ložiska pomocí těžké techniky.

Následně budou překontrolovány geometrické proporce konstrukce a provedeny případné korekce tak, aby měření odpovídala návrhu. Po zkontrolování geometrie konstrukce bude upevněna kotevními šrouby.

10. Použitý software

- SCIA Engineer
- SMath Studio
- Excel

Pro zhotovení statického výpočtu je využit program SMath Studio. Tabulky vyskytující se ve výpočtu jsou poté zhotoveny v programu Excel. Výpočty vnitřních sil a stabilitní výpočty jsou zhotoveny v programu SCIA Engineer.

11. Použitá literatura

[1] KUKLÍK, Petr, Anna KUKLÍKOVÁ a Karel MIKEŠ. Dřevěné konstrukce 1: cvičení. 2. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05227-3

[2] KUKLÍK, Petr. Dřevěné konstrukce. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2005. ISBN 80-01-03310-4

[3] ŠAFÁŘ, Roman. Betonové mosty 1: přednášky. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04661-6

12. Normy

[1] ČSN EN 1990 (73 0002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.

[2] ČSN EN 1990/A1 (73 0002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí Příloha A2: Použití pro mosty.

[3] ČSN EN 1991-1-1 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

[4] ČSN EN 1993-1-1 ed.2 (73 1401) Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

[5] ČSN EN 1995-1-1 (73 1701) Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

[6] ČSN EN 1995-2: (73 6212) Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 2: Mosty.

STATICKÝ VÝPOČET

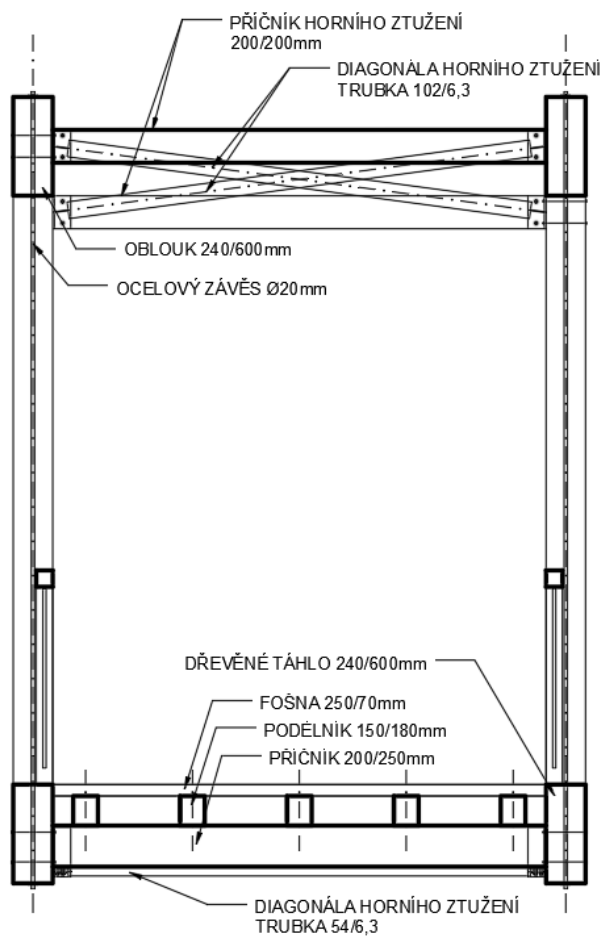
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ		
KATEDRA: KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: TOMÁŠ PINTÍŘ	VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	
TÉMA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: LÁVKA V PLZNI		

Obsah

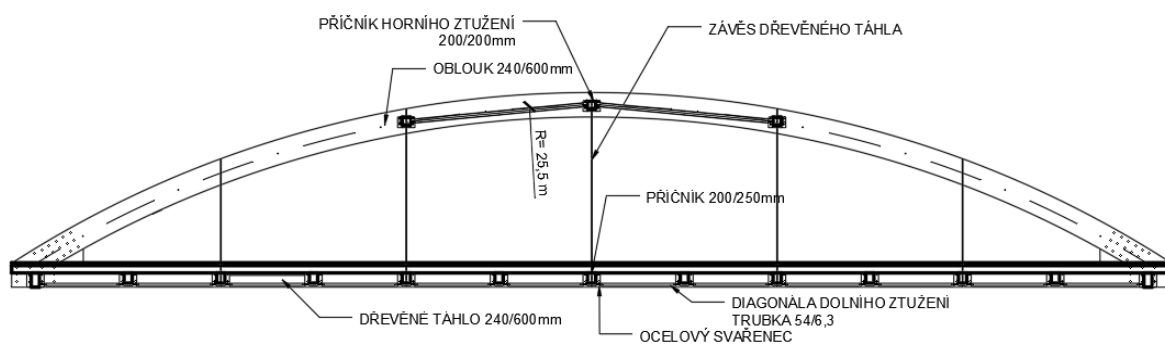
1.	SCHÉMA KONSTRUKCE	3
2.	SEZNAM PRVKŮ	4
2.1.	PRVKY MOSTOVKY	4
2.2.	PRVKY HLAVNÍHO NOSNÉHO SYSTÉMU	5
2.3.	PRVKY ZTUŽENÍ	7
3.	POSOUZENÍ PRVKŮ MOSTOVKY	9
3.1.	FOŠNA	9
3.2.	PODÉLNÍK	12
3.3.	PŘÍČNÍK	15
4.	POSOUZENÍ HLAVNÍHO NOSNÉHO SYSTÉMU	19
4.1.	ZATÍŽENÍ MODELU	19
4.2.	OBLOUK	23
4.3.	DŘEVĚNÉ TÁHLO	25
4.4.	OCELOVÝ ZÁVĚS	28
5.	POSOUZENÍ PRVKŮ ZTUŽENÍ	29
5.1.	HORNÍ ZTUŽENÍ	29
5.1.1.	PŘÍČNÍK HORNÍHO ZTUŽENÍ	29
5.1.2.	DIAGONÁLA HORNÍHO ZTUŽENÍ	30
5.2.	DOLNÍ ZTUŽENÍ	32
5.2.1.	DIAGONÁLA DOLNÍHO ZTUŽENÍ	32
6.	SPOJE	34
6.1.	SPOJ DŘEVĚNÉ TÁHLO / PŘÍČNÍK	34
6.2.	PŘÍPOJE DIAGONÁL ZTUŽENÍ	37
6.3.	VETKUTÍ OBLOUK / DŘEVĚNÉ TÁHLO	38
7.	PRŮHYB KONSTRUKCE	53
8.	NÁVRH MOSTNÍCH LOŽISEK	55

1. SCHÉMA KONSTRUKCE

PŘÍČNÝ ŘEZ



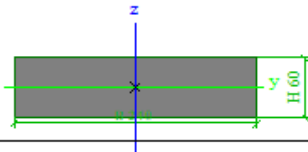
PODÉLNÝ ŘEZ



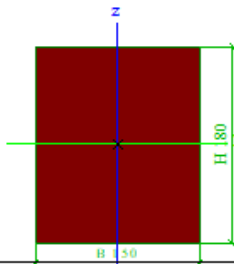
2. SEZNAM PRVKŮ

2.1 PRVKY MOSTOVKY

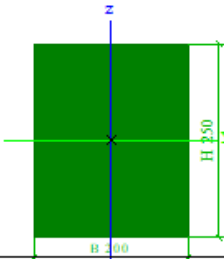
FOŠNA

Jméno	Fošna	
Typ	OBDEL	
Detailní	240; 60	
Materiál	D30 (EN 338)	
Výroba	dřevo	
Použit 2D MKP výpočet	✓	
		
A [m ²]	1,4400e-02	
A _{y, z} [m ²]	1,2003e-02	1,2052e-02
I _{y, z} [m ⁴]	4,3200e-06	6,9120e-05
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,5724e-08	1,4517e-05
W _{el y, z} [m ³]	1,4400e-04	5,7600e-04
W _{pl y, z} [m ³]	1,8514e-04	7,4057e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	120	30
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	6,0000e-01	6,0000e-01
M _{ply +, -} [Nm]	4,44e+03	4,44e+03
M _{plz +, -} [Nm]	1,78e+04	1,78e+04

PODÉLNÍK

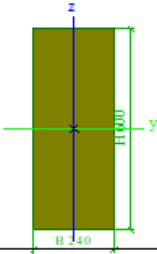
Jméno	PODÉLNÍK	
Typ	OBDEL	
Detailní	150; 180	
Materiál	C24 (EN 338)	
Výroba	dřevo	
Použit 2D MKP výpočet	✓	
		
A [m ²]	2,7000e-02	
A _{y, z} [m ²]	2,2528e-02	2,2519e-02
I _{y, z} [m ⁴]	7,2900e-05	5,0625e-05
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	6,7395e-09	1,0078e-04
W _{el y, z} [m ³]	8,1000e-04	6,7500e-04
W _{pl y, z} [m ³]	9,9254e-04	8,2711e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	75	90
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	6,6000e-01	6,6000e-01
M _{ply +, -} [Nm]	2,08e+04	2,08e+04
M _{plz +, -} [Nm]	1,74e+04	1,74e+04

PŘÍČNÍK

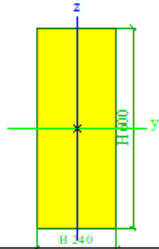
Jméno	Příčník	
Typ	OBDEL	
Detailní	200; 250	
Materiál	C24 (EN 338)	
Výroba	dřevo	
Použit 2D MKP výpočet	✓	
		
A [m ²]	5,0000e-02	
A _{y, z} [m ²]	4,1732e-02	4,1708e-02
I _{y, z} [m ⁴]	2,6042e-04	1,6667e-04
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	5,5619e-08	3,4290e-04
W _{el y, z} [m ³]	2,0833e-03	1,6667e-03
W _{pl y, z} [m ³]	2,5528e-03	2,0423e-03
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	100	125
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	9,0000e-01	9,0000e-01
M _{ply +, -} [Nm]	5,36e+04	5,36e+04
M _{plz +, -} [Nm]	4,29e+04	4,29e+04

2.2 PRVKY HLAVNÍHO NOSNÉHO SYSTÉMU

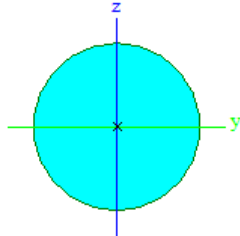
OBLOUK

Jméno	OBLOUK	
Typ	OBDEL	
Detailní	240; 600	
Materiál	C14 (EN 338)	
Výroba	dřevo	
Použit 2D MKP výpočet	✓	
		
A [m ²]	1,4400e-01	
A _{y, z} [m ²]	1,2036e-01	1,2006e-01
I _{y, z} [m ⁴]	4,3200e-03	6,9120e-04
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,0724e-05	2,0640e-03
W _{el y, z} [m ³]	1,4400e-02	5,7600e-03
W _{pl y, z} [m ³]	1,3407e-02	5,3628e-03
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	120	300
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,6800e+00	1,6800e+00
M _{ply +, -} [Nm]	2,15e+05	2,15e+05
M _{plz +, -} [Nm]	8,58e+04	8,58e+04

DŘEVĚNÉ TÁHLO

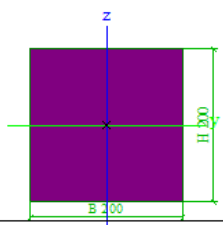
Jméno	DŘEVĚNÉ TÁHLO	
Typ	OBDEL	
Detailní	240; 600	
Materiál	C14 (EN 338)	
Výroba	dřevo	
Použití 2D MKP výpočet	✓	
		
A [m ²]	1,4400e-01	
A _{y, z} [m ²]	1,2036e-01	1,2006e-01
I _{y, z} [m ⁴]	4,3200e-03	6,9120e-04
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,0724e-05	2,0640e-03
W _{el y, z} [m ³]	1,4400e-02	5,7600e-03
W _{pl y, z} [m ³]	1,3407e-02	5,3628e-03
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	120	300
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,6800e+00	1,6800e+00
M _{ply +, -} [Nm]	2,15e+05	2,15e+05
M _{plz +, -} [Nm]	8,58e+04	8,58e+04

OCELOVÝ ZÁVĚS

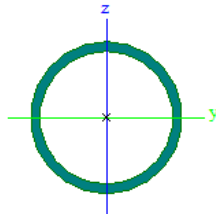
Jméno	závěs 20	
Typ	RD20	
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	c	
Posudek rovinného vzpěru z-z	c	
Klopení	Výchozí	
Použití 2D MKP výpočet	✓	
<div></div>		
A [m²]	3,1400e-04	
A _{y, z} [m²]	2,8216e-04	2,8216e-04
I _{y, z} [m⁴]	7,6894e-09	7,6894e-09
I _w [m⁶], t [m⁴]	3,9042e-23	1,5738e-08
W _{el y, z} [m³]	7,6894e-07	7,6894e-07
W _{pl y, z} [m³]	1,3123e-06	1,3123e-06
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	10	10
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m²/m]	6,2666e-02	6,2829e-02
M _{ply +, -} [Nm]	4,73e+02	4,73e+02
M _{plz +, -} [Nm]	4,73e+02	4,73e+02

2.3 PRVKY ZTUŽENÍ

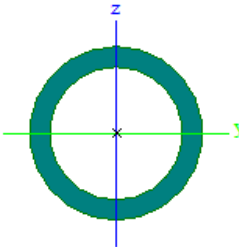
PŘÍČNÍK HORNÍHO ZTUŽENÍ

Jméno	PŘÍČNÍK HORNÍHO ZTUŽENÍ	
Typ	OBDEL	
Detailní	200; 200	
Materiál	C24 (EN 338)	
Výroba	dřevo	
Použit 2D MKP výpočet	✓	
		
A [m²]	4,0000e-02	
A _{y, z} [m²]	3,3385e-02	3,3385e-02
I _{y, z} [m⁴]	1,3333e-04	1,3333e-04
I _w [m⁶], I _t [m⁴]	7,8093e-09	2,2445e-04
W _{el y, z} [m³]	1,3333e-03	1,3333e-03
W _{pl y, z} [m³]	1,6338e-03	1,6338e-03
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	100	100
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m²/m]	8,0000e-01	8,0000e-01
M _{ply +, -} [Nm]	3,43e+04	3,43e+04
M _{plz +, -} [Nm]	3,43e+04	3,43e+04

DIAGONÁLA HORNÍHO ZTUŽENÍ

Jméno	DIAGONÁLA HORNÍHO ZTUŽENÍ		
Typ	MSRR101.6x6.3		
Zdroj hodnot	Structural hollow sections / Vallourec & Mannesmann Tubes / Ed.1998		
Materiál	S 235		
Výroba	válcovaný		
Posudek rovinného vzpěru y-y	a		
Posudek rovinného vzpěru z-z	a		
Klopení	Výchozí		
Použit 2D MKP výpočet	x		
<div></div>			
A [m²]	1,8900e-03		
A y, z [m²]	1,2008e-03	1,2008e-03	
I y, z [m⁴]	2,1500e-06	2,1500e-06	
I w [m⁶], i [m⁴]	7,1245e-42	4,3000e-06	
W el y, z [m³]	4,2300e-05	4,2300e-05	
W pl y, z [m³]	5,7300e-05	5,7300e-05	
d y, z [mm]	0	0	
c YUSS, ZUSS [mm]	51	51	
α [deg]	0,00		
A L, D [m²/m]	3,1900e-01	5,9876e-01	
M pl y +, - [Nm]	1,35e+04	1,35e+04	
M pl z +, - [Nm]	1,35e+04	1,35e+04	

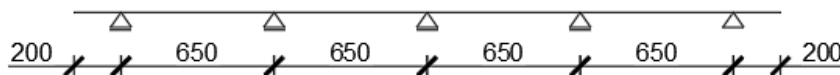
DIAGONÁLA DOLNÍHO ZTUŽENÍ

Jméno	DIAGONÁLA DOLNÍHO ZTUŽENÍ		
Typ	RO54X6.3		
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1		
Materiál	S 235		
Výroba	válcovaný		
Posudek rovinného vzpěru y-y	a		
Posudek rovinného vzpěru z-z	a		
Klopení	Výchozí		
Použit 2D MKP výpočet	x		
			
A [m²]	9,4400e-04		
A y, z [m²]	6,0102e-04		6,0102e-04
I y, z [m⁴]	2,7300e-07		2,7300e-07
I w [m⁶], t [m⁴]	3,4328e-43		5,4600e-07
W el y, z [m³]	1,0100e-05		1,0100e-05
W pl y, z [m³]	1,4334e-05		1,4334e-05
d y, z [mm]	0		0
c YUSS, ZUSS [mm]	27		27
α [deg]	0,00		
A L, D [m²/m]	1,6923e-01		2,9969e-01
M ply +, - [Nm]	3,39e+03		3,39e+03
M plz +, - [Nm]	3,39e+03		3,39e+03

3. POSOUZENÍ PRVKŮ MOSTOVKY

3.1 FOŠNA

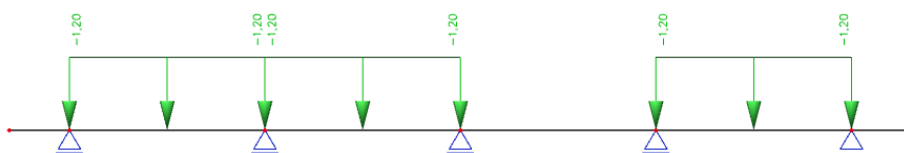
SCHÉMA KONSTRUKCE



ZATĚŽOVACÍ STAVY (charakteristické hodnoty)

zatížení vedoucí k max M

spojité zatížení q_{fk}

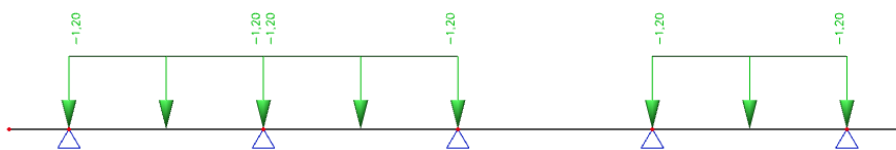


zatížení osamělou silou $Q_{fwk} = 10\text{kN}$ působící na ploše $0,1 \times 0,1\text{m}$

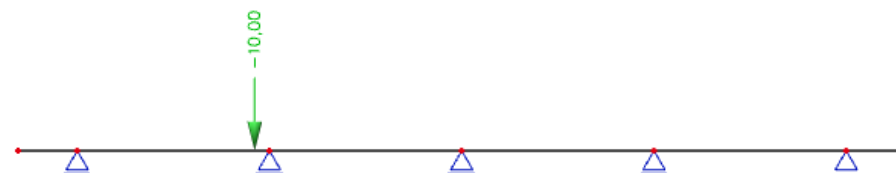


zatížení vedoucí k max V

spojité zatížení q_{fk}



zatížení osamělou silou $Q_{fwk} = 10\text{kN}$ působící na ploše $0,1 \times 0,1\text{m}$
(působí síla je ve vzdálenosti $0,05\text{m}$ od druhé podpory zleva)

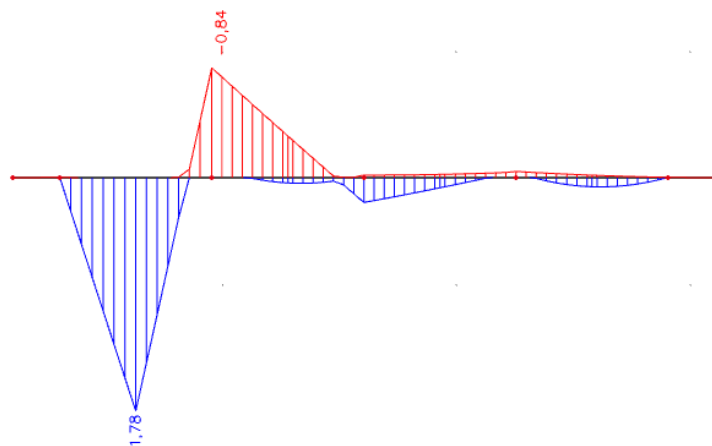


OBÁLKY VNITŘNÍCH SIL

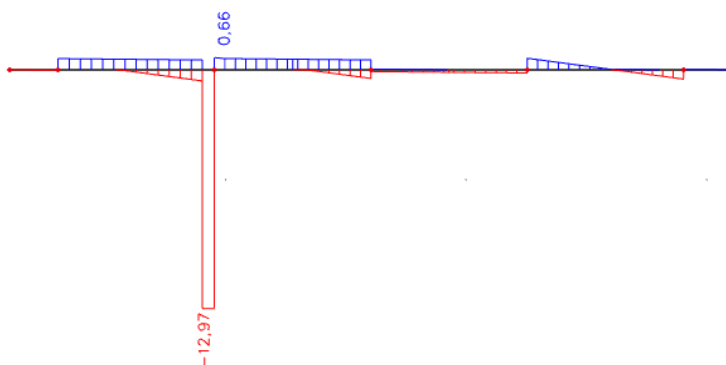
obálky vnitřních sil vypočtené z návrhových hodnot zatížení

koeficienty γ_f stálé zatížení - 1,35
proměnné zatížení - 1,35

obálka maximálních momentů



obálka maximálních posouvajících sil



VNITŘNÍ SÍLY

$$M_{rd} := 1,78 \text{ kN m}$$

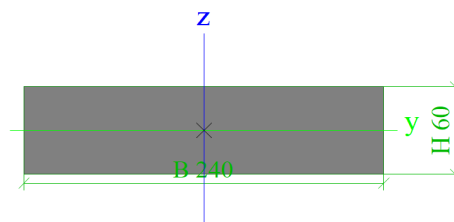
$$V_{rd} := 12,97 \text{ kN}$$

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$h := 60 \text{ mm}$$

$$b := 240 \text{ mm}$$

$$L := 3 \text{ m}$$



MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI

dubové dřevo třídy D30

třída provozu 3

zatížení krátkodobé

$$f_{m,k} := 30 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M := 1,3$$

$$k_{cr} := 0,67$$

$$f_{v,k} := 4 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} := 0,7$$

$$f_{m,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{Y_M} = 16,15 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{Y_M} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$b_{eff} := k_{cr} \cdot b = 160,8 \text{ mm}$$

$$W := \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 1,44 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

POSOUZENÍ PRVKU

ohybové napětí

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_{rd}}{W} = 12,36 \text{ MPa}$$

posouzení ohybového napětí

$$\sigma_{m,d} = 12,36 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} < f_{m,d}$$

FOŠNA VYHOVUJE PŘI OHYBU

smykové napětí

$$\tau_{v,d} := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{rd}}{b_{eff} \cdot h} = 2,02 \text{ MPa}$$

posouzení smykového napětí

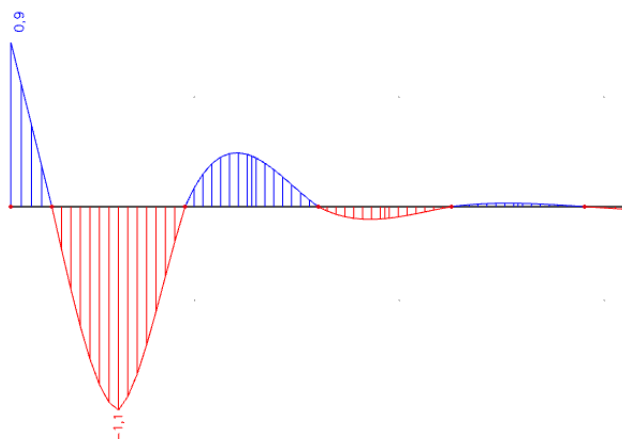
$$\tau_{v,d} = 2,02 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} < f_{v,d}$$

FOŠNA VYHOVUJE VE SMYKU

průhyb vyvozený maximálním momentem [mm]



$$L_{pole} := 650 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} := 1,1 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} := \frac{L_{pole}}{250} = 2,6 \text{ mm}$$

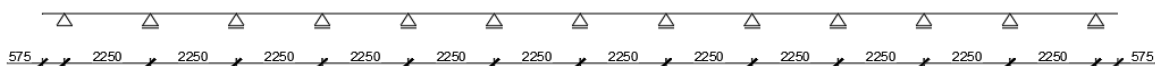
$$\delta_{max} \leq \delta_{lim}$$

FOŠNA VYHOVUJE NA PRŮHYB

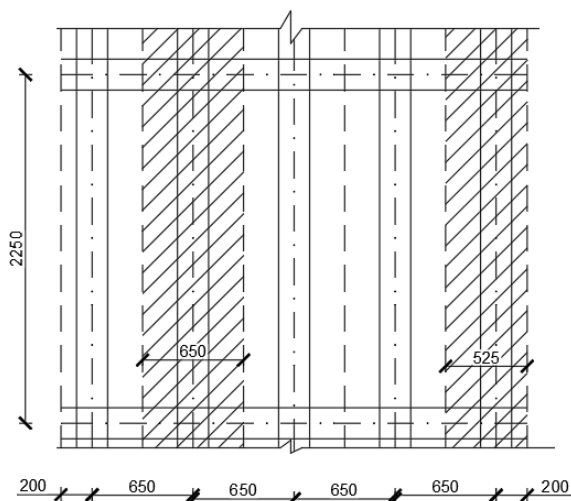
navrhují 60 mm + 10 mm rezerva - 70 mm celkem

3.2 PODÉLNÍK

SCHEMA KONSTRUKCE



SCHEMA ZATĚŽOVACÍCH ŠÍŘEK



Zatížení působící na podélník:

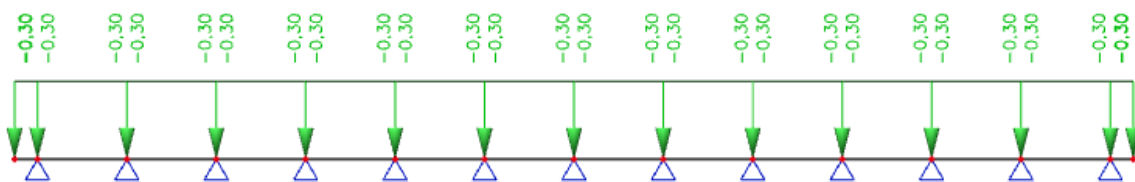
- vlastní tíha podélníku (do výpočtu započtena automaticky pomocí SCIA Engineer
- tíha fošny (obrusná vrstva
- zatížení chodci a ciklisty 5 kN/m^2
- zatížení bodovou silou 10 kN

-větší zatížení působí na vnitřní podélník, výpočet tedy provedu na tomto prvku

ZATÍŽENÍ	objemová tíha $[\text{kN/m}^3]$ při $g=9,81 \text{ m/s}^2$	výška prvku [m]	zatížení [kN/m^2]	zatížení [kN]	zatěžovací šířka [m]	charakteristické zatížení	γ_f	návrhové zatížení
SPOJITÉ STÁLÉ						[kN/m^2]		[kN/m^2]
fošna	6,671	0,07	0,47	-	0,65	0,30	1,35	0,41
SPOJITÉ PROMĚNNÉ						[kN/m^2]		[kN/m^2]
chodci/ciklisté	-	-	5	-	0,65	3,25	1,35	4,39
BODOVÉ PROMĚNNÉ						[kN]		[kN]
soustředné zatížení	-	-	-	10	-	10	1,35	13,50

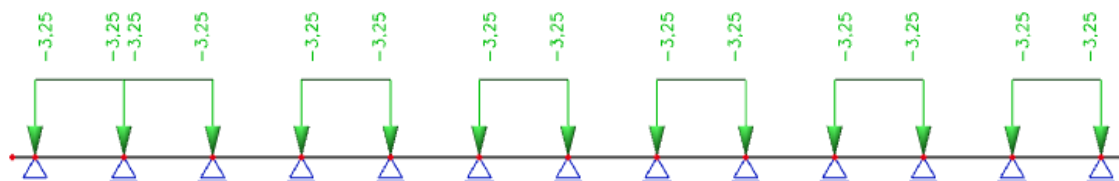
ZATĚŽOVACÍ STAVY (charakteristické hodnoty)

zatížení fošnou

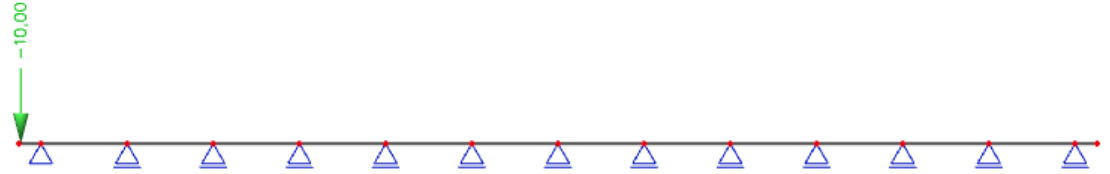


rozložení zatížení vedoucí k max M

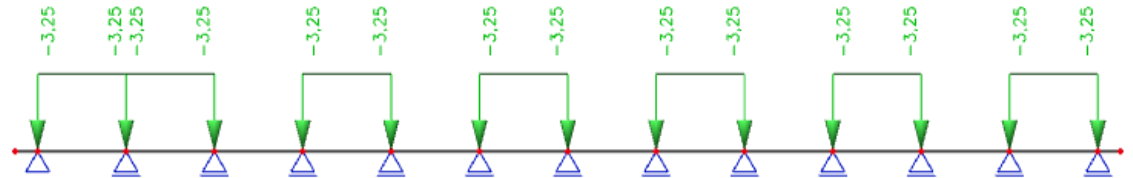
spojité zatížení q_{fk}



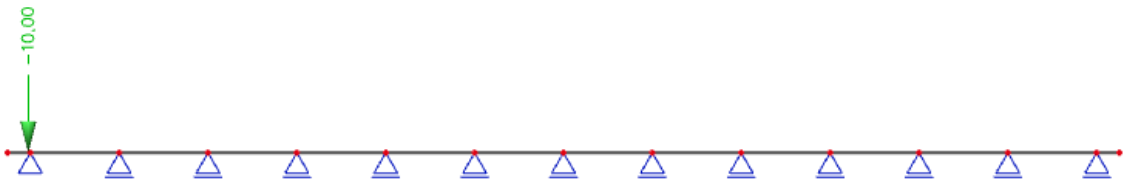
zatížení osamělou silou $Q_{fwk} = 10 \text{ kN}$ působící na ploše $0,1 \times 0,1 \text{ m}$



zatížení vedoucí k max V
spojité zatížení q_{fk}



zatížení osamělou silou $Q_{fwk} = 10 \text{ kN}$ působící na ploše $0,1 \times 0,1 \text{ m}$
(působí síla je ve vzdálenosti $0,05 \text{ m}$ od první podpory zleva)

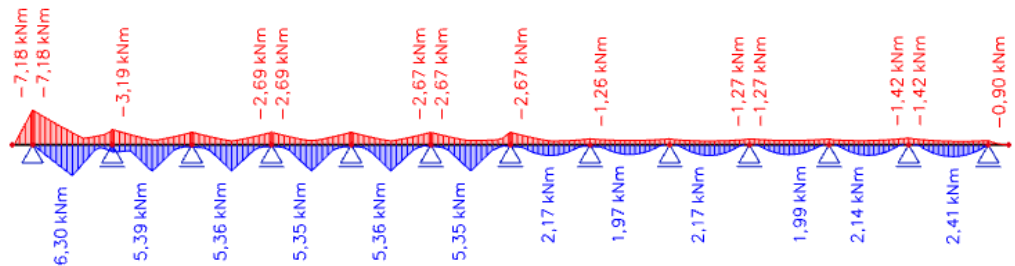


OBÁLKY VNITŘNÍCH SIL

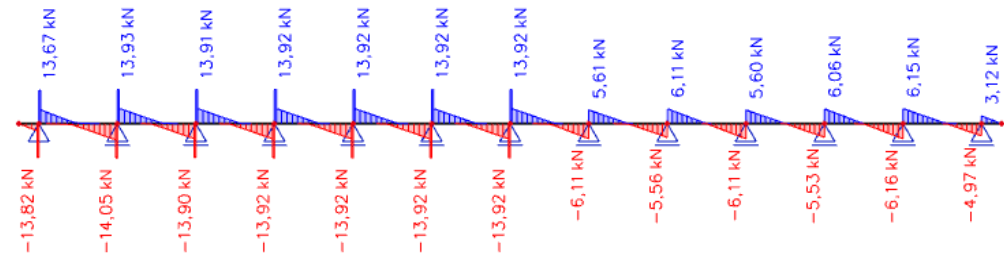
obálky vnitřních sil vypočtené z návrhových hodnot zatížení

koeficienty γ_f stálé zatížení - 1,35
proměnné zatížení - 1,35

obálka maximálních momentů



obálka maximálních posouvajících sil



VITŘNÍ SÍLY

$$M_{rd} := 7,96 \text{ kN m}$$

$$V_{rd} := 15,3 \text{ kN}$$

GEOMETRICKÉ VLASTNOSTI

$$h := 180 \text{ mm}$$

$$b := 150 \text{ mm}$$

$$W := \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 8,1 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI

smrkové dřevo třídy C24

třída provozu 3

zatížení krátkodobé

$$f_{m,k} := 24 \text{ MPa}$$

$$Y_M := 1,3$$

$$k_{cr} := 0,67$$

$$f_{v,k} := 4 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} := 0,7$$

$$f_{m,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{Y_M} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{Y_M} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$b_{eff} := k_{cr} \cdot b = 100,5 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ PRVKU

ohybové napětí

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_{rd}}{W} = 9,83 \text{ MPa}$$

posouzení ohybového napětí

$$\sigma_{m,d} = 9,83 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} < f_{m,d}$$

PODÉLNÍK VYHOVUJE PŘI OHYBU

smykové napětí

$$\tau_{v,d} := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{rd}}{b_{eff} \cdot h} = 1,27 \text{ MPa}$$

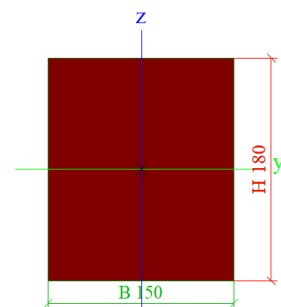
posouzení smykového napětí

$$\tau_{v,d} = 1,27 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} < f_{v,d}$$

PODÉLNÍK VYHOVUJE VE SMYKU



3.3 PŘÍČNÍK

SCHÉMA KONSTRUKCE

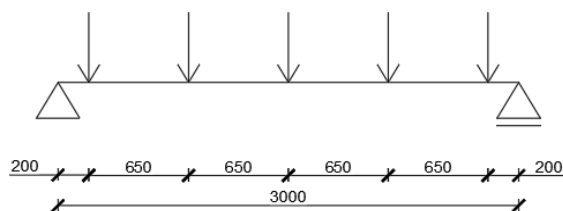
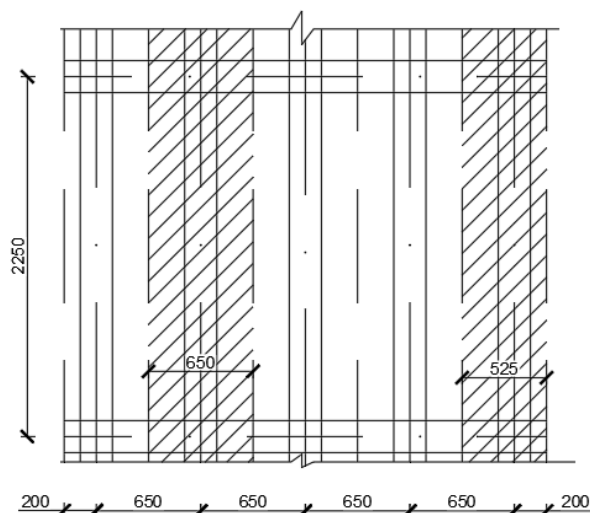


SCHÉMA ZATĚŽOVACÍCH ŠÍŘEK



zatížení působící na příčník

krajní pole

vnitřní pole

-bodová síla Q_{fw}

-spojité zatížení q_{fk}

525 x 2250 mm

650 x 2250 mm

-vlastní tíha fošny

525 x 2250 mm

650 x 2250 mm

-vlastní tíha podélníku 4575 mm

-vlastní tíha příčníku (započtena pomocí SCIA Engineer)

síly působící na vnitřním poli

zatížení		objemová tíha [kN/m ³] při $g=9,81\text{m/s}^2$	zatížení [kN/m ²]	výpočet	$F1_k$ [kN]	γ_f	$F1_d$ [kN]
porměnné	zatížení chodci a ciklisty q_{fw}	-	5	$0,65*2,25*5$	7,313	1,5	10,969
	soustředné zatížení	-	-		10,000	1,5	15,000
stálé	vl. tíha fošny	6,671	-	$0,07*0,65*2,25*6,671$	0,683	1,35	0,922
	vl. tíha podélníku	4,464	-	$0,2*0,2*2,25*4,464$	0,402	1,35	0,542
síla F1		-	-		11,085		16,464

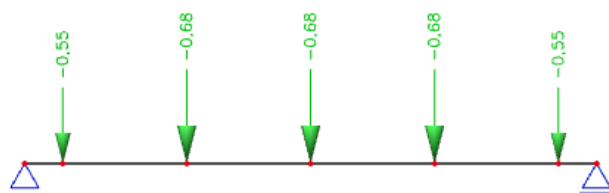
síly působící na krajním poli

zatížení		objemová tíha [kN/m ³] při $g=9,81\text{m/s}^2$	zatížení [kN/m ²]	výpočet	$F2_k$ [kN]	γ_f	$F2_d$ [kN]
porměnné	zatížení chodci a ciklisty q_{fw}	-	5	$0,525*2,25*5$	5,906	1,5	8,859
	soustředné zatížení	-	-		10,000	1,5	15,000
stálé	vl. tíha fošny	6,671	-	$0,07*0,525*2,25*6,671$	0,552	1,35	0,745
	vl. tíha podélníku	4,464	-	$0,2*0,2*2,25*4,464$	0,402	1,35	0,542
síla F2		-	-		10,953		16,287

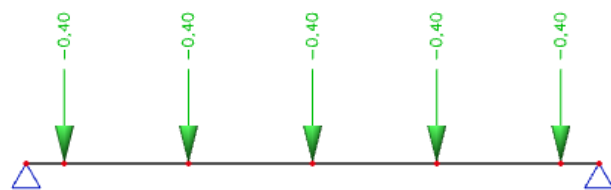
ZATĚŽOVACÍ STAVY (charakteristické hodnoty)

-vlastní tíha příčnicku - generována programem SCIA Engineer

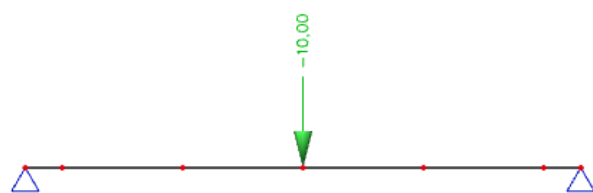
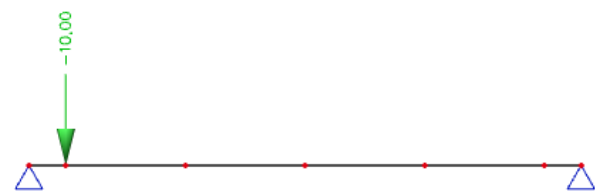
zatížení od fošny



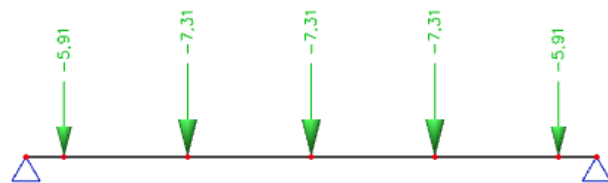
zatížení od podélníku



zatížení soustřednou silou



zatížení od chodců a cyklistů

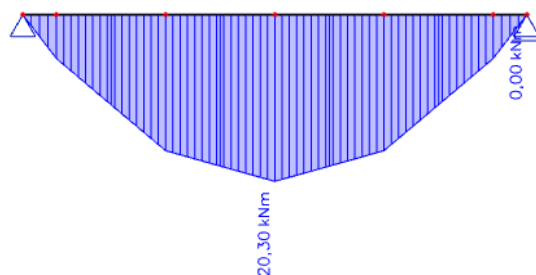


OBÁLKY VNITŘNÍCH SIL

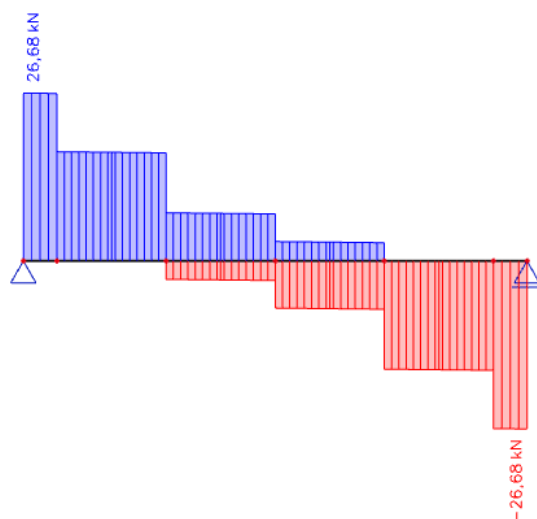
obálky vnitřních sil vypočtené z návrhových hodnot zatížení

koeficienty γ_f stálé zatížení - 1,35
proměnné zatížení - 1,35

průběh momentů



obálka maximálních posouvajících sil



VNITŘNÍ SÍLY

$$M_{rd} := 20,3 \text{ kN m}$$

$$V_{rd} := 26,68 \text{ kN}$$

GEOMETRICKÉ VLASTNOSTI

$$h := 250 \text{ mm}$$

$$b := 200 \text{ mm}$$

$$W := \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 2,08 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI

smrkové dřevo třídy C24

třída provozu 3

zatížení krátkodobé

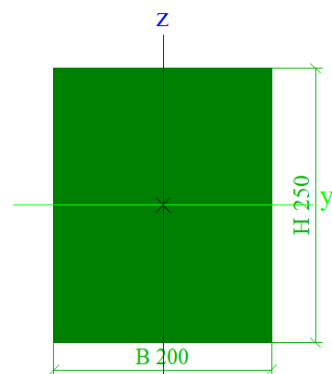
$$f_{m,k} := 24 \text{ MPa} \quad \gamma_M := 1,3 \quad k_{cr} := 0,67$$

$$f_{v,k} := 4 \text{ MPa} \quad k_{mod} := 0,7$$

$$f_{m,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$b_{eff} := k_{cr} \cdot b = 134 \text{ mm}$$



POSOUZENÍ PRVKU

ohybové napětí

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_{rd}}{W} = 9,74 \text{ MPa}$$

posouzení ohybového napětí

$$\sigma_{m,d} = 9,74 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} < f_{m,d}$$

PŘÍČNÍK VYHOVUJE PŘI OHYBU

smykové napětí

$$\tau_{v,d} := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{rd}}{b_{eff} \cdot h} = 1,19 \text{ MPa}$$

posouzení smykového napětí

$$\tau_{v,d} = 1,19 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 2,15 \text{ MPa}$$

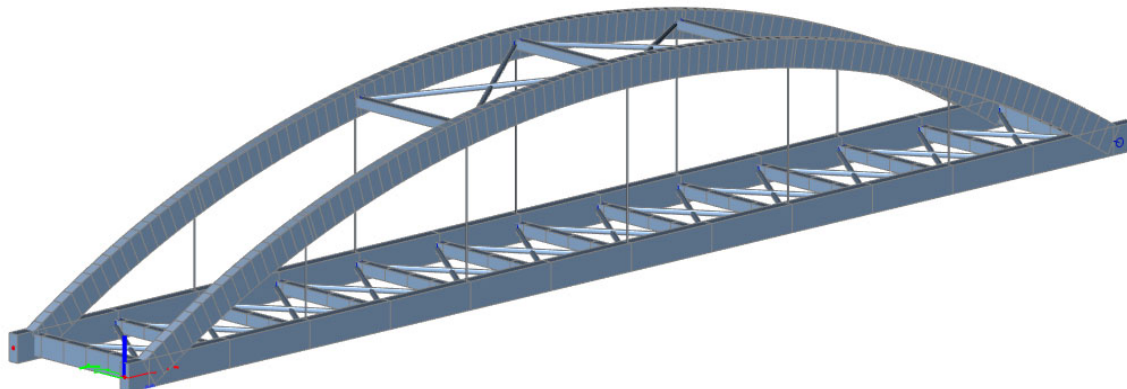
$$\tau_{v,d} < f_{v,d}$$

PŘÍČNÍK VYHOVUJE VE SMYKU

4. POSOUZENÍ HLAVNÍHO NOSNÉHO SYSTÉMU

4.1 ZATÍŽENÍ MODELU

- z důvodu nutnosti stabilitního výpočtu bude pro další výpočet využit 3D model vyobrazen na následujícím obrázku



REDUKCE ZATÍŽENÍ OD CHODCŮ

- vzhledem k délce lávky přesahující 10 m je možné běžnou hodnotu zatížení 5 kN/m^2 redukovat a to podle vzorce:

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

$$2,5 \text{ kN/m}^2 \leq q_{fk} \leq 5,0 \text{ kN/m}^2$$

Kde L je zatěžovací délka [m]

$$L := 27 \text{ m}$$

$$q_{fk} := 2 + \frac{120}{(27 + 30)} = 4,11$$

$$q_{fk} := 4,11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

VÝPOČET ZATÍŽENÍ

- zatížení vlatní tíhou (prvky, které jsou v modelu zastoupeny) jsou generovány přímo v programu SCIA

síly na krajní příčninky -> přenesené krajními podélníky

zatížení		objemová tíha $[\text{kN/m}^3]$ při $g=9,81 \text{ m/s}^2$	zatížení $[\text{kN/m}^2]$	výpočet	F_{2k} [kN]	γ_f	F_{2d} [kN]
proměnné	zatížení chodci a ciklisty q_{fw}	-	5	$0,525 \cdot 1,7 \cdot 4,11$	3,668	1,35	4,952
	vl. tíha fošny	6,671	-	$0,07 \cdot 0,525 \cdot 1,7 \cdot 6,671$	0,417	1,35	0,563
stálé	vl. tíha podélníku	4,464	-	$0,2 \cdot 0,2 \cdot 1,7 \cdot 4,464$	0,304	1,35	0,410

síly na krajní příčninky -> přenesené vnitřními podélníky

zatížení		objemová tíha $[\text{kN/m}^3]$ při $g=9,81 \text{ m/s}^2$	zatížení $[\text{kN/m}^2]$	výpočet	F_{1k} [kN]	γ_f	F_{1d} [kN]
proměnné	zatížení chodci a ciklisty q_{fw}	-	5	$0,65 \cdot 1,7 \cdot 4,11$	4,542	1,35	6,131
	vl. tíha fošny	6,671	-	$0,07 \cdot 0,65 \cdot 1,7 \cdot 6,671$	0,516	1,35	0,697
stálé	vl. tíha podélníku	4,464	-	$0,2 \cdot 0,2 \cdot 1,7 \cdot 4,464$	0,304	1,35	0,410

zatížení		objemová tíha [kN/m ³] při g=9,81m/s ²	zatížení [kN/m ²]	výpočet	F _{2k} [kN]	γ _f	F _{2d} [kN]
proměnné	zatížení chodci a ciklisty q _{fw}	-	5	0,525*2,25*4,11	4,855	1,35	6,554
stálé	vl. tíha fošny	6,671	-	0,07*0,525*2,25*6,671	0,552	1,35	0,745
	vl. tíha podélníku	4,464	-	0,2*0,2*2,25*4,464	0,402	1,35	0,542

zatížení		objemová tíha [kN/m ³] při $g=9,81\text{m/s}^2$	zatížení [kN/m ²]	výpočet	F _{1k} [kN]	γ _f	F _{1d} [kN]
proměnné	zatížení chodci a ciklisty q _{fw}	-	5	0,65*2,25*4,11	6,011	1,35	8,115
stálé	vl. tíha fošny	6,671	-	0,07*0,65*2,25*6,671	0,683	1,35	0,922
	vl. tíha podélníku	4,464	-	0,2*0,2*2,25*4,464	0,402	1,35	0,544

[illegible]

schéma zatížení od fošny

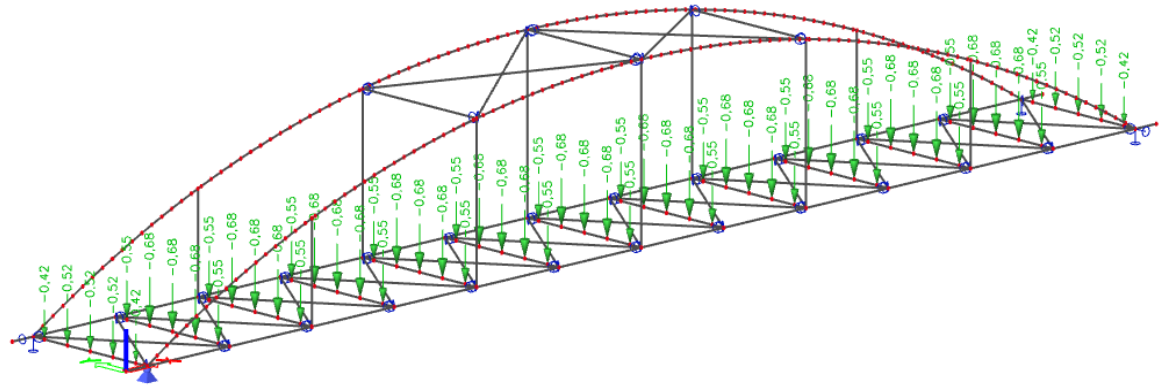
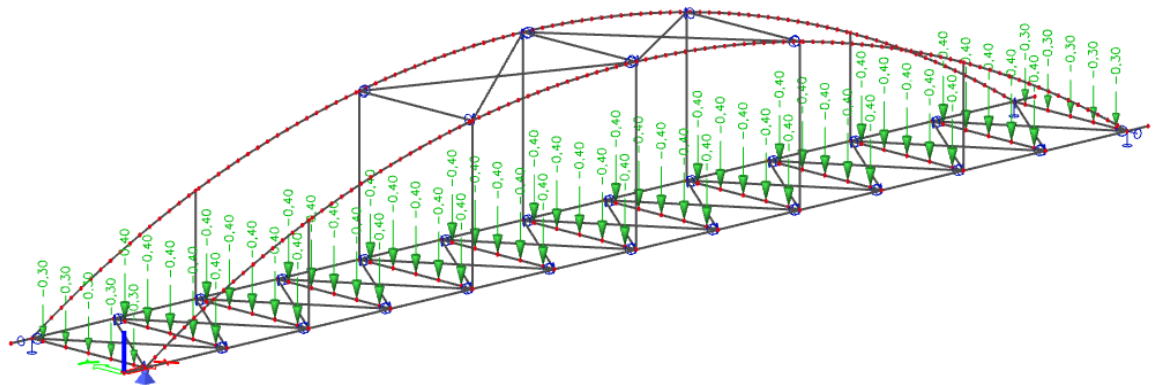


schéma zatížení od podélníku



ZATÍŽENÍ VĚTREM

Základní rychlost větru

-lávka se nachází ve větrné oblasti II

$$v_{b,0} := 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

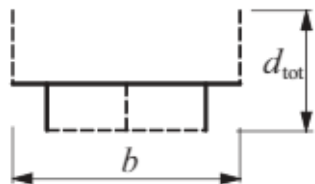
$$c_{dir} := 1,0$$

$$c_{season} := 1,0$$

$$v_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Základní tlak větru

$$\rho := 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

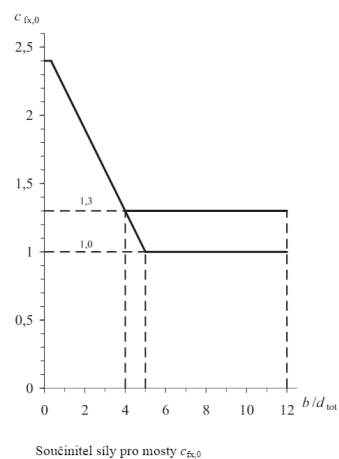


$$b := 3,24 \text{ m}$$

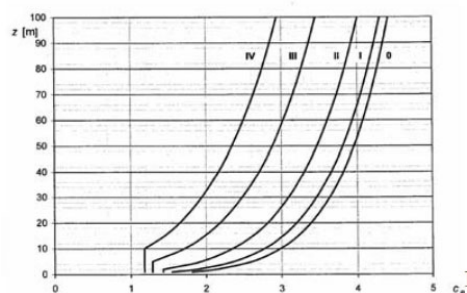
$$d_{tot} := 4,775 \text{ m}$$

$$\frac{b}{d_{tot}} = 0,68$$

$$\rightarrow c_{fx,0} := 1,3$$



Referenční výška mostu $z_e := 5,2 \text{ m}$



-> $c := 2,2$

$$f_{w,x,2} := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot c = 0,86 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

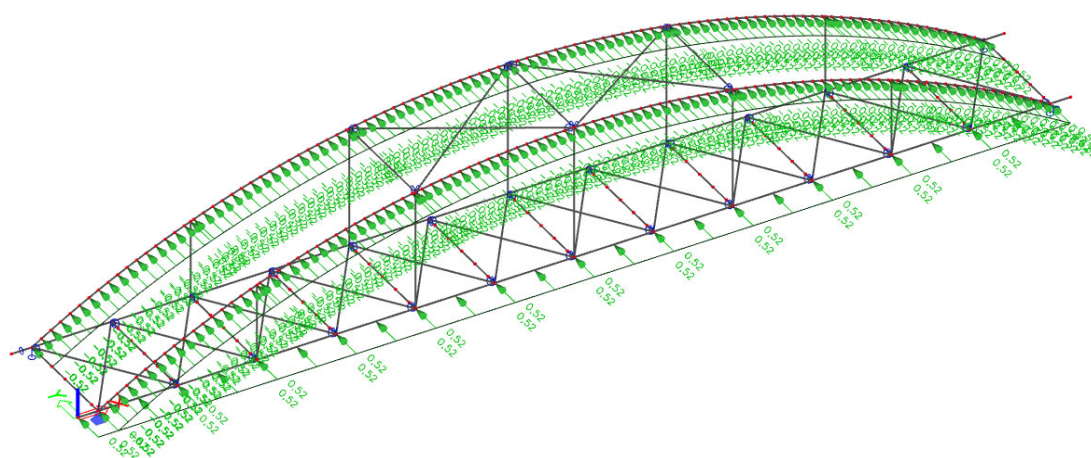
převedení na kN/m

výška prvků

$h := 0,6 \text{ m}$

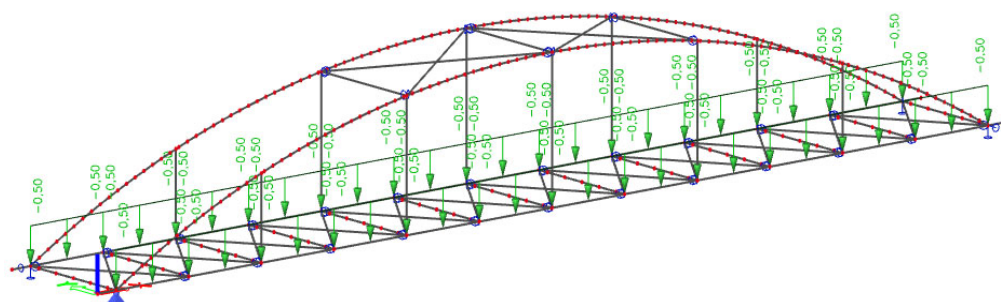
$$f_{w,x} := f_{w,x,2} \cdot h = 0,52 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

schéma zatížení větrem



OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

- dále je počítáno s ostatním stálým zatížením. Toto zatížení působí přímo na dřevěné táhlo hlavní nosné konstrukce. Je uvažováno bezpečně 0,5 kN/m.



ZATĚŽOVACÍ STAVY

zatěžovací stav - KZ1

- vlastní tíha
- tíha fošny
- tíhapodélníku
- zatížení od chodců
- zatížení větrem

zatěžovací stav - KZ2

- vlastní tíha
- tíha fošny
- tíhapodélníku
- zatížení od chodců na 1/2 konstrukce
- zatížení větrem

zatěžovací stav - KZ3

- vlastní tíha
- tíha fošny
- tíhapodélníku
- zatížení větrem

4.2 OBLOUK

VITŘNÍ SÍLY (obálka vnitřních sil)

$$M_{y,rd} := 63,81 \text{ kN m}$$

$$M_{z,rd} := 25,19 \text{ kN m}$$

MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI

$$k_{mod} := 0,8$$

lepené lamolové dřevo GL32h

$$\gamma_M := 1,25$$

třída provozu 3

$$E_{0,05} := 11,1 \text{ GPa}$$

$$\beta_c := 0,1$$

$$f_{c,0,k} := 29 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 18,56 \text{ MPa}$$

$$f_{m,k} := 32 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 20,48 \text{ MPa}$$

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$h := 600 \text{ mm}$$

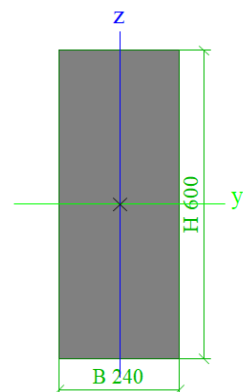
$$b := 240 \text{ mm}$$

$$A := h \cdot b = 0,14 \text{ m}^2$$

$$I_y := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 0 \text{ m}^4$$

$$W_y := \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0,01 \text{ m}^3$$

$$W_z := \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = 0,01 \text{ m}^3$$



POSUDEK OBLOUKU NA VZPĚR

	Ned (nelin)	α_{cr}	N_{cr} (nelin)	L_{cr} (nelin)	$\sigma_{c,0,d}$ [Mpa]	σ_{cr} [Mpa]	λ	$\bar{\lambda}$	k	k_c
	(převzato za scia)	(převzato za scia)	$N_{cr} = N_{ed} * \alpha_{cr}$	$L_{cr} = \sqrt{\frac{\pi^2 * E_{0,05} * I_y}{N_{cr}}}$	$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed}}{A}$	$\sigma_{cr} = \frac{N_{cr}}{A}$	$\lambda = \pi * \sqrt{\frac{E_{0,05}}{\sigma_{cr}}}$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{f_{c,0,d}}{\sigma_{cr}}}$	$k = 0,5 * (1 + \beta_c * (\bar{\lambda} - 0,3) + \bar{\lambda}^2)$	$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \bar{\lambda}^2}}$
KZ1	325,96	3,48	1134,3	21,06	2,26	7,88	121,59	1,92	2,422	0,256
		5,23	1704,8	17,18	2,26	11,84	99,18	1,57	1,788	0,377
		5,66	1844,9	16,51	2,26	12,81	95,34	1,50	1,692	0,405
KZ2	228,28	4,86	1109,4	21,30	1,59	7,70	122,95	1,94	2,464	0,251
		7,51	1714,4	17,13	1,59	11,91	98,90	1,56	1,781	0,379
		8,1	1849,1	16,50	1,59	12,84	95,23	1,50	1,689	0,406
KZ3	92,07	10,37	954,8	22,96	0,64	6,63	132,53	2,09	2,776	0,217
		19,07	1755,8	16,93	0,64	12,19	97,73	1,54	1,751	0,387
		20,56	1893,0	16,30	0,64	13,15	94,12	1,49	1,662	0,415

pokračování tabulky: "posudek oblouku na vzpěr"

	posudek [-]	podmínka	
	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}}$		
KZ1	0,48	< 1	VYHOVUJE
	0,32	< 1	VYHOVUJE
	0,30	< 1	VYHOVUJE
KZ2	0,34	< 1	VYHOVUJE
	0,23	< 1	VYHOVUJE
	0,21	< 1	VYHOVUJE
KZ3	0,16	< 1	VYHOVUJE
	0,09	< 1	VYHOVUJE
	0,08	< 1	VYHOVUJE

POSUDEK OBLOUKU NA OHYB

$$\sigma_{m,y,d} := \frac{M_{y,rd}}{W_y} = 4,43 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 20,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d} \quad \boxed{\text{VYHOVUJE}}$$

$$\sigma_{m,z,d} := \frac{M_{z,rd}}{W_z} = 4,37 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 20,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} \leq f_{m,d} \quad \boxed{\text{VYHOVUJE}}$$

KOMBINACE TLAK A OHYB

maximální napětí (viz výpočet na vzpěr)

$$\sigma_{c,0,d} := 2,264 \text{ MPa}$$

$$k_c := 0,256$$

$$k_m := 0,7$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = 0,84 < 1$$

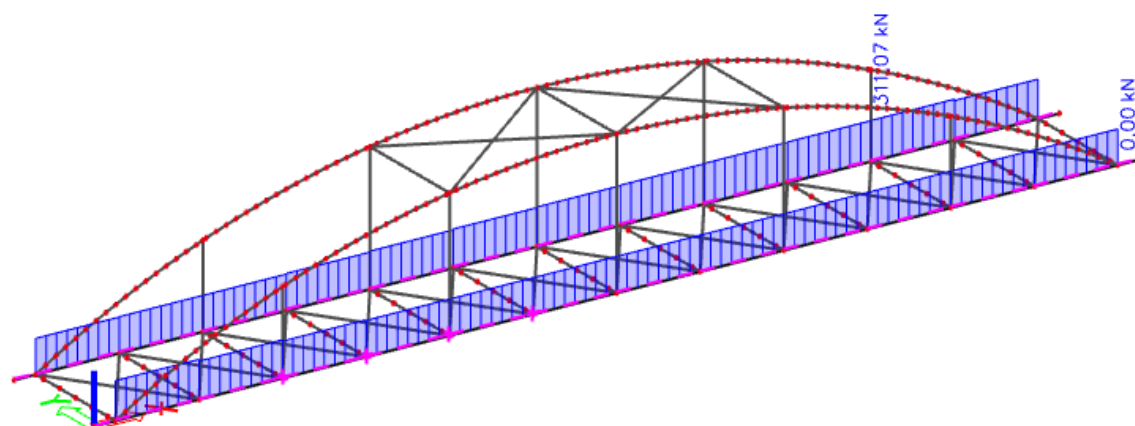
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = 0,84 < 1$$

$$\boxed{\text{VYHOVUJE}}$$

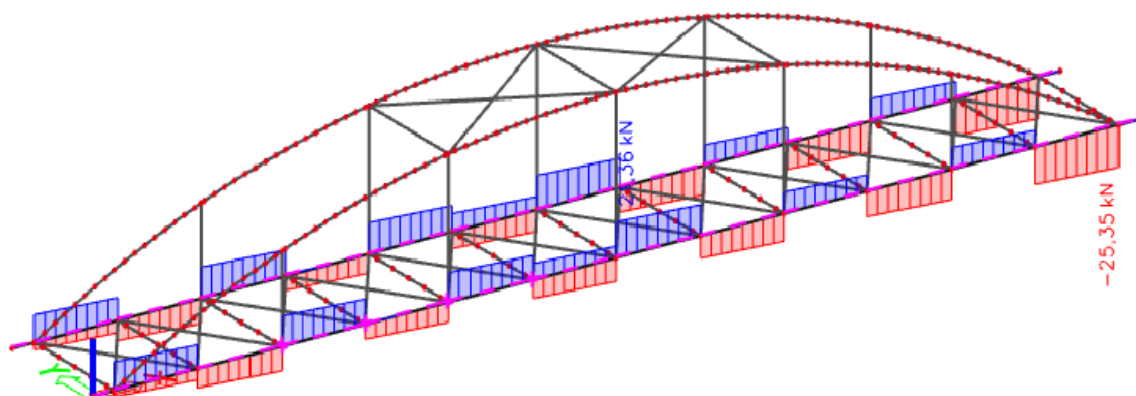
4.3 DŘEVĚNÉ TÁHLO

OBÁLKY VNITŘNÍCH SIL

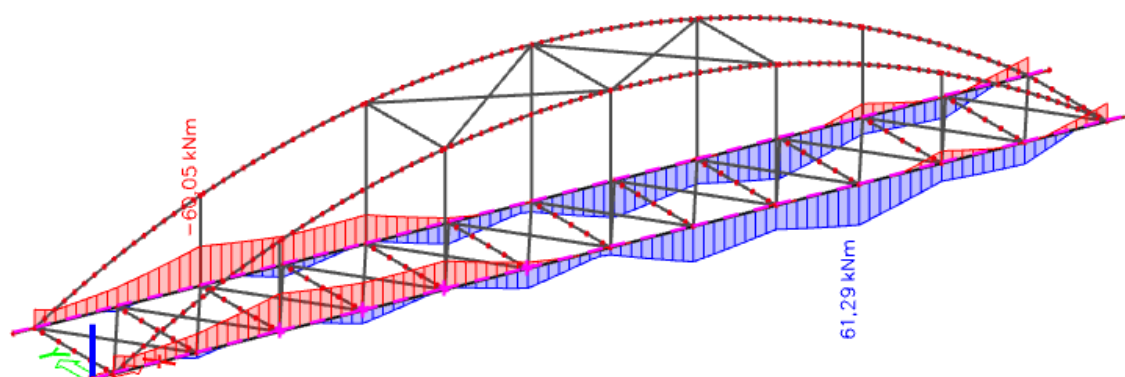
Normálová síla N



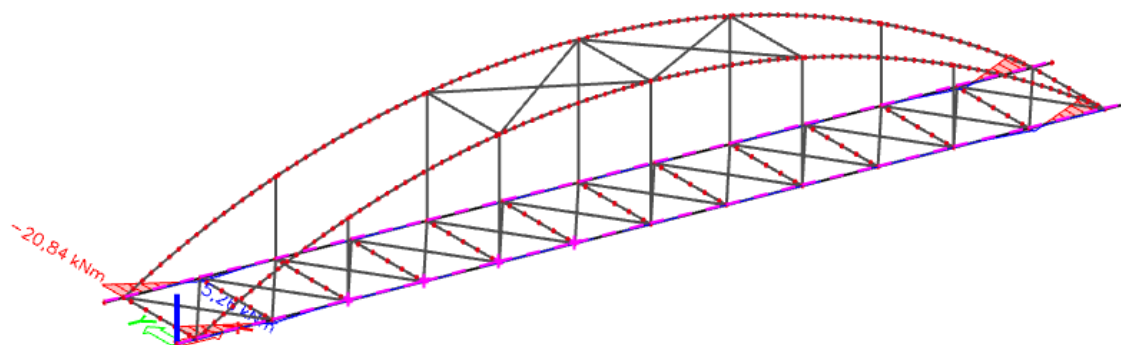
Posouvající síla V_z



Moment M_y



Moment M_z



$$M_{y,rd} := 61,29 \text{ kN m}$$

$$M_{z,rd} := 20,84 \text{ kN m}$$

$$V_{z,rd} := 25,35 \text{ kN}$$

$$N_{rd} := 311,07 \text{ kN}$$

GEOMETRICKÉ VLASTNOSTI

$$h := 600 \text{ mm}$$

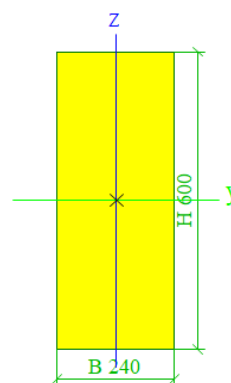
$$b := 240 \text{ mm}$$

$$A := h \cdot b = 0,14 \text{ m}^2$$

$$I_y := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 0 \text{ m}^4$$

$$W_y := \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 1,44 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

$$W_z := \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h = 5,76 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$



MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI

lepené lamelové dřevo třídy GL32h

třída provozu 3

zatížení krátkodobé

$$f_{m,k} := 32 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M := 1,25$$

$$k_{cr} := 0,67$$

$$f_{v,k} := 3,5 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} := 0,7$$

$$f_{t,0,k} := 25,6 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 17,92 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 1,96 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 14,34 \text{ MPa}$$

$$b_{eff} := k_{cr} \cdot b = 160,8 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ PRVKU

ohybové napětí od M_y

$$\sigma_{m,y,d} := \frac{M_{y,rd}}{W_y} = 4,26 \text{ MPa}$$

posouzení ohybového napětí od M_y

$$\sigma_{m,y,d} = 4,26 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} < f_{m,d} \quad \boxed{\text{VYHOVUJE}}$$

ohybové napětí od M_z

$$\sigma_{m,z,d} := \frac{M_{z,rd}}{W_z} = 3,62 \text{ MPa}$$

posouzení ohybového napětí od M_z

$$\sigma_{m,z,d} = 3,62 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} < f_{m,d} \quad \boxed{\text{VYHOVUJE}}$$

smykové napětí

$$\tau_{v,d} := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{z,rd}}{b_{eff} \cdot h} = 0,39 \text{ MPa}$$

posouzení smykového napětí

$$\tau_{v,d} = 0,39 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 1,96 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} < f_{v,d} \quad \boxed{\text{VYHOVUJE}}$$

napětí v tahu

$$\sigma_{t,0,d} := \frac{N_{rd}}{A} = 2,16 \text{ MPa}$$

posouzení napětí v tahu

$$\sigma_{t,0,d} = 2,16 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = 14,34 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} < f_{t,0,d}$$

$$k_m := 0,7$$

posouzení kombinace tahu a ohybu

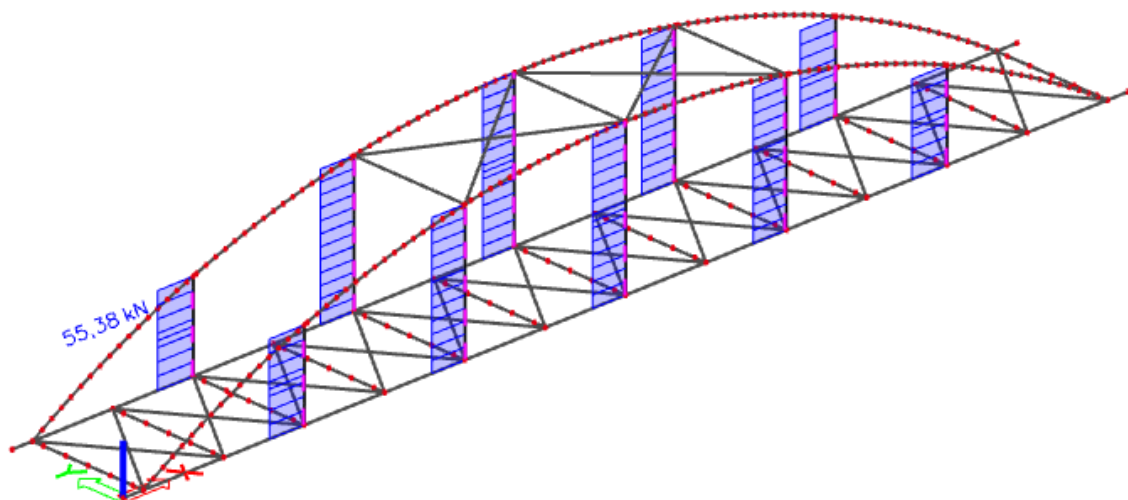
$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = 0,53 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = 0,52 \leq 1$$

DŘEVĚNÉ TÁHLO VYHOVUJE

4.4 OCELOVÝ ZÁVĚS

NORMÁLOVÁ SÍLA NA PRVEK



$$N_{Ed} := 55,38 \text{ kN}$$

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$A := \pi \cdot d^2 = 1,2566 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

S355

$$E := 210000 \text{ MPa}$$

$$f_y := 355 \text{ MPa}$$

POSOUZENÍ PRVKU

únosnost v tahu

$$\gamma_{M0} := 1,0$$

$$N_{pl,Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 4,4611 \cdot 10^2 \text{ kN}$$

posudek

$$N_{Ed} = 55,38 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = 4,4611 \cdot 10^2 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$$

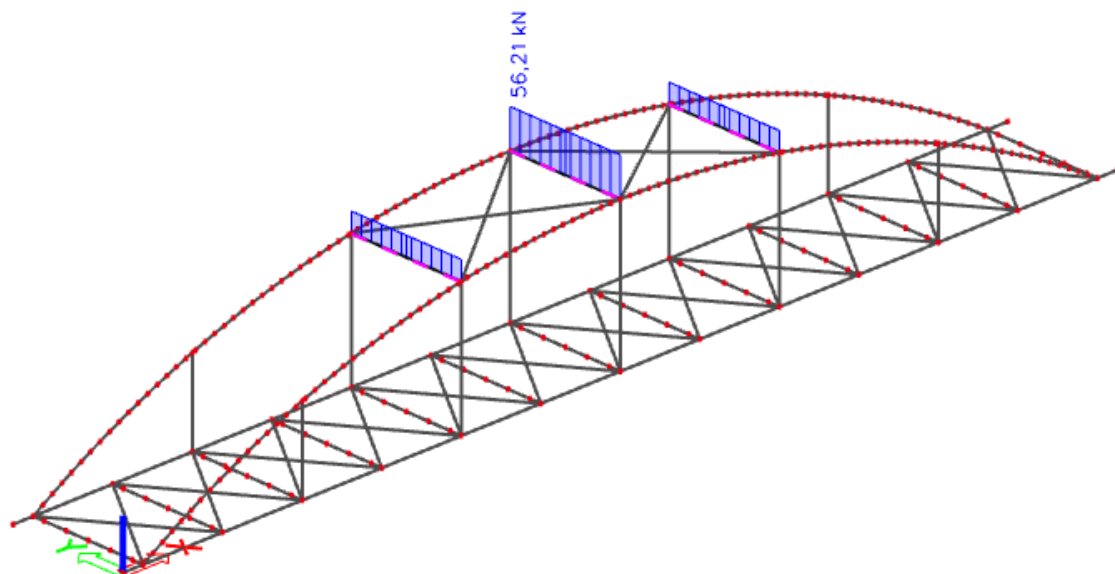
OCELOVÝ ZÁVĚS VYHOVUJE

5. POSOUZENÍ PRVKŮ ZTUŽENÍ

5.1 HORNÍ ZTUŽENÍ

5.1.1 PŘÍČNÍK HORNÍHO ZTUŽENÍ

OBÁLKA NORMÁLOVÝCH SIL



maximální normálová síla

$$N_{rd} := 56,21 \text{ kN}$$

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$h := 200 \text{ mm}$$

$$b := 200 \text{ mm}$$

$$A := h \cdot b = 40000 \text{ mm}^2$$

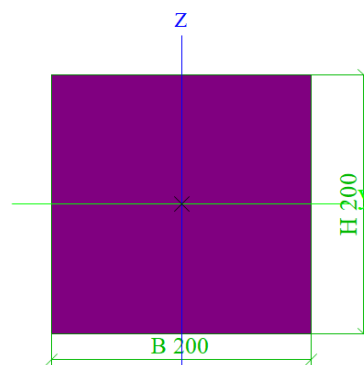
$$W := \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 1,33 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI

smrkové dřevo třídy C24

třída provozu 3

zatížení krátkodobé



$$f_{m,k} := 24 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M := 1,3$$

$$k_{cr} := 0,67$$

$$f_{v,k} := 4 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} := 0,7$$

$$f_{t,0,k} := 14 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 7,54 \text{ MPa}$$

$$b_{eff} := k_{cr} \cdot b = 134 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ PRVKU

napětí v tahu

$$\sigma_{t,0,d} := \frac{N_{rd}}{A} = 1,41 \text{ MPa}$$

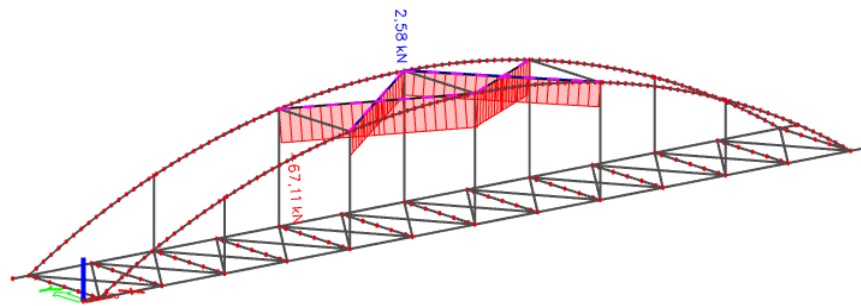
$$f_{t,0,d} = 7,54 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} < f_{t,0,d}$$

PŘÍČNÍK HORNÍHO ZTUŽENÍ VYHOVUJE

5.1.2 DIAGONÁLA HORNÍHO ZTUŽENÍ

obálka normálových sil



tlak

$$N_{Ed,c} := 67,11 \text{ kN}$$

tah

$$N_{Ed,t} := 2,58 \text{ kN}$$

MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI

ocel S355

$$f_y := 355 \text{ MPa}$$

$$E := 210000 \text{ MPa}$$

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

Kruhová trubka 102/6,3

$$d := 89 \text{ mm}$$

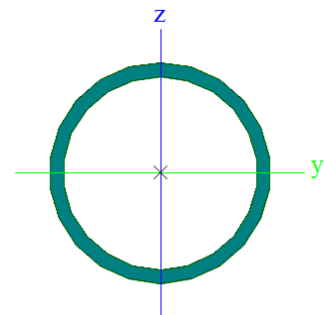
$$t := 6,3 \text{ mm}$$

$$A := 1637 \text{ mm}^2$$

$$I := 1,41 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i := 29,3 \text{ mm}$$

$$L := 5,56 \text{ m}$$



POSOUZENÍ PRVKU

$$\lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76,41$$

$$\beta := 1$$

$$L_{cr} := L \cdot \beta = 5,56 \text{ m}$$

$$\alpha := 0,49$$

$$Y_{M0} := 1,0$$

$$Y_{M1} := 1,00$$

$$Y_{M2} := 1,25$$

$$\lambda := \frac{L_{cr}}{i \cdot \lambda_1} = 2,48$$

$$\phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2 \right) = 4,14$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0,13$$

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{Y_{M1}} = 77,9 \text{ kN}$$

λ - poměrná štíhlost

L_{cr} - vzpěrná délka v rovině vybočení

i - poloměr setrvačnosti

α - součinitel imperfekce (pro křivku c, $\alpha=0,49$)

χ - součinitel vzpěrnosti

posudek

$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{b,Rd}} = 0,86 \leq 1 \quad \boxed{\text{VYHOVUJE}}$$

posouzení diagovály horního ztužení v tahu

$$N_{pl,Rd} := \frac{A \cdot f_y}{Y_{M0}} = 581,14 \text{ kN}$$

posudek diagovála horního ztužení v tahu

$$N_{Ed,t} = 2,58 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = 581,14 \text{ kN}$$

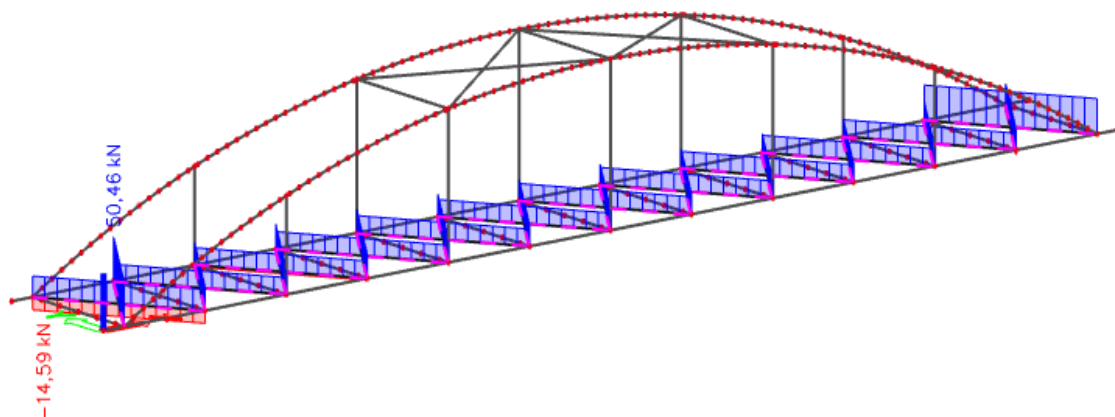
$$N_{Ed} \leq N_{pl,Rd} \quad \boxed{\text{VYHOVUJE}}$$

DIAGONÁLA HORNÍHO ZTUŽENÍ VYHOVUJE

5.2 DOLNÍ ZTUŽENÍ

5.2.1 DIAGONÁLA DOLNÍHO ZTUŽENÍ

OBÁLKA NORMÁLOVÝCH SIL



tlak

$$N_{Ed,c} := 14,59 \text{ kN}$$

tah

$$N_{Ed,t} := 50,46 \text{ kN}$$

MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI

ocel S355

$$f_y := 355 \text{ MPa}$$

$$E := 210000 \text{ MPa}$$

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

Kruhová trubka 54/6,3

$$d := 54 \text{ mm}$$

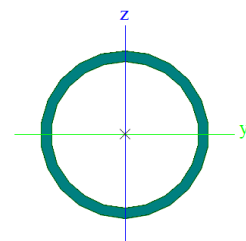
$$t := 6,3 \text{ mm}$$

$$A := 944 \text{ mm}^2$$

$$I := 273,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$i := 17,0 \text{ mm}$$

$$L := 3,945 \text{ m}$$



POSOUZENÍ PRVKU

$$\alpha := 0,49$$

$$Y_{M0} := 1,0$$

$$Y_{M1} := 1,00$$

$$Y_{M2} := 1,25$$

posouzení diagovály dolního ztužení na vzpěr

$$\lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76,41$$

$$\beta := 1$$

$$L_{cr} := L \cdot \beta = 3,94 \text{ m}$$

$$\lambda := \frac{L_{cr}}{i \cdot \lambda_1} = 3,04$$

$$\phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2 \right) = 5,81$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0,09$$

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 31,16 \text{ kN}$$

λ - poměrná štíhlost
 L_{cr} - vzpěrná délka v rovině vybočení
 i - poloměr setrvačnosti
 α - součinitel imperfekce (pro křivku c, $\alpha=0,49$)
 χ - součinitel vzpěrnosti

posudek

$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{b,Rd}} = 0,47 \leq 1 \quad \boxed{\text{Diagovála dolního ztužení vyhovuje na vzpěr}}$$

posouzení diagonály dolního ztužení v tahu

$$N_{pl,Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 335,12 \text{ kN}$$

posudek diagonály dolního ztužení v tahu

$$N_{Ed,t} = 50,46 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = 335,12 \text{ kN}$$

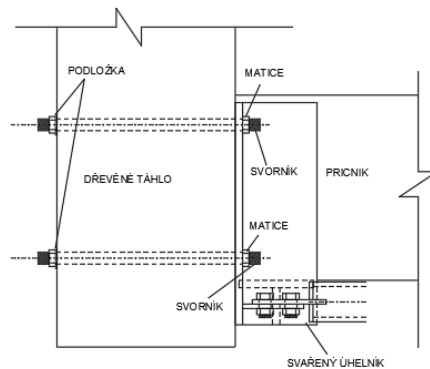
$$N_{Ed} \leq N_{pl,Rd} \quad \boxed{\text{Diagovála dolního ztužení v tahu vyhovuje}}$$

6. SPOJE

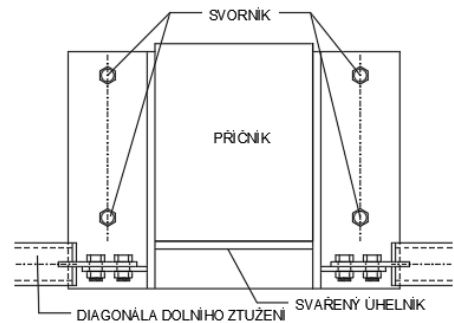
6.1 SPOJ DŘEVĚNÉ TÁHLO / PŘÍČNÍK

- Připoj příčnicku na dřevěné táhlo hlavní nosné konstrukce je zhotoven pomocí ocelového svařence připojeného na táhlo pomocí svorníků. Do tohoto svařence je po sléze zasazen příčník.

podhled kolmo na příčník



podhled rovnoběžně s příčnickem



PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

SVORNÍK

$$d := 16 \text{ mm}$$

$$A := 201 \text{ mm}^2$$

$$A_s := 157 \text{ mm}^2$$

plech (svařený úhelník)

$$t := 10 \text{ mm}$$

MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI

Svorník 8.8

$$f_{u,k} := 800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

plech S355

$$f_y := 355 \text{ MPa}$$

$$G := 84 \text{ GPa}$$

$$f_u := 510 \text{ MPa}$$

$$\nu := 0,3$$

$$E := 210 \text{ MPa}$$

$$\rho := 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

dřevo GL32h

$$\rho_k := 440 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$t_1 := 240 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk,1} := 0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$Y_M := 1,25$$

$$F_{v,Rk,2} := 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$

$$F_{v,Rk} := \min \left(\begin{bmatrix} F_{v,Rk,1} \\ F_{v,Rk,2} \end{bmatrix} \right)$$

$$M_{y,Rk} := 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} := 579280,9 \text{ N mm}$$

$$M_{y,Rd} := \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_M} = 4,63 \cdot 10^5 \text{ N mm}$$

$$f_{h,0,k} := 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

$$f_{h,0,k} := 30,307 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 1,3 \cdot 0,015 \cdot d$$

$$k_{90} := 1,54$$

$$f_{h,90,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(90)^2 + \cos(90)^2} = 21,17 \text{ MPa}$$

$$f_{h,k} := f_{h,90,k} = 21,17 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Rk,1} := 0,5 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d = 40646,89 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk,2} := 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{0}{4} = 22781,4 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} := \min \left(\begin{bmatrix} F_{v,Rk,1} \\ F_{v,Rk,2} \end{bmatrix} \right) = 22,78 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0,7$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 12,76 \text{ kN}$$

počet střižných rovin

$$n_1 := 4$$

síla působící na jednu střižnou rovinu

$$V_z := 22,66 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} := \frac{V_z}{n_1} = 5,66 \text{ kN}$$

posouzení

$$F_{v,Rd} = 12,76 \text{ kN}$$

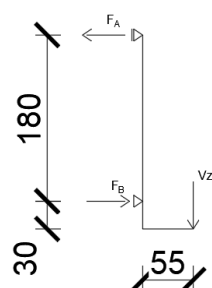
$$F_{v,Ed} = 5,66 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} \geq F_{v,Ed}$$

SVORNÍK VYHOVÝ VE STŘIHU

ZATÍŽENÍ OSOVOU SÍLOU

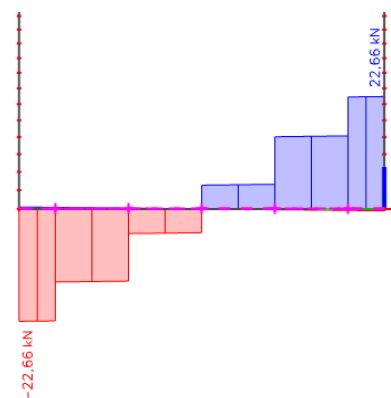
výpočet osové síly



$$V_z = 22,66 \text{ kN}$$

- na svorník působí tahová síla o velikosti

$$F_{t,Ed} := \frac{V_z \cdot 55 \text{ mm}}{180 \text{ mm}} = 6,92 \text{ kN}$$



- posouvající síly na příčník

protlačení svorníku podložkou
vlastnosti podložky
ocel S235

$$t_p := 5 \text{ mm}$$

$$d_m := 24 \text{ mm}$$

$$f_{u,p} := 360 \text{ MPa}$$

únosnost při protlačení

$$Y_{M2} := 1,25$$

$$B_{p,Rd} := 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot \frac{f_{u,p}}{Y_{M2}} = 65,14 \text{ kN}$$

d_m - střední průměr kružnice opsané a vepsané matici

t_p - tloušťka podložky

$f_{u,p}$ - mez pevnosti podložky

posudek

$$F_{t,Ed} = 6,92 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} = 65,14 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} \leq B_{p,Rd}$$

$$k_2 := 0,9$$

PODLOŽKA VYHOVÍ NA PROTLAČENÍ

přetržení dřívku

$$F_{t,Rd} := \frac{k_2 \cdot f_{u,k} \cdot A_s}{Y_{M2}} = 90,43 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = 6,92 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} < F_{t,Rd}$$

SVORNÍK VYHOVÍ NA PŘETRŽENÍ

interakce smyku a tahu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,5 \leq 1$$

SVORNÍK VYHOVÍ NA INTERAKCI SMYKU A TAHU

5.2 PŘÍPOJ DIAGONÁL ZTUŽENÍ

- Přípoj je zhotoven pomocí šroubu na styčný plech tl. 6 mm přivařenému k úhelníku sloužícímu primárně k připojení příčnicku.
- Připojení ztužení oblouku i mostovky je vyřešeno stejným detailem. Je tedy navrženo na maximální sílu z obou případů.

$$N_{Ed} := 67,11 \text{ kN}$$

šroub M16 8.8

$$d := 16 \text{ mm}$$

$$A := 201 \text{ mm}^2$$

$$A_s := 157 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

posouzení ve smyku

$$F_{v,Rd} := \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 60,29 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 67,11 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{v,Rd}} = 1,1132$$

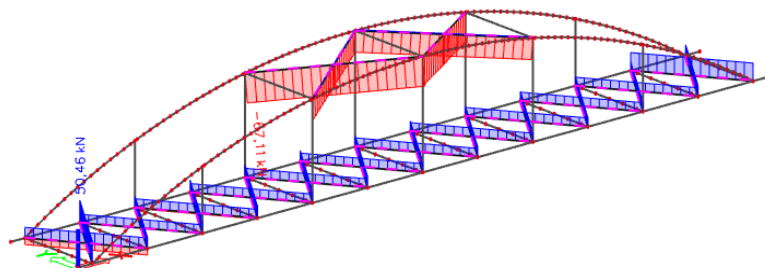
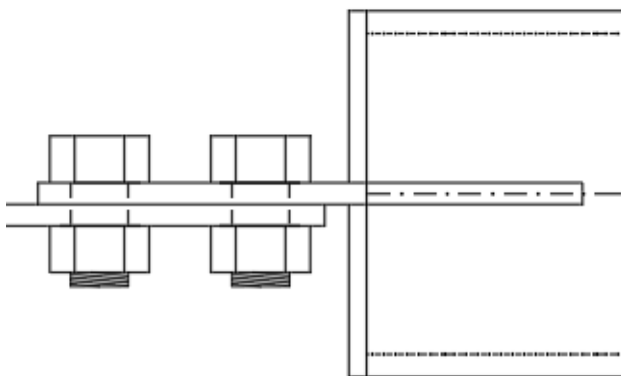
- navrhuji dva šrouby M16 8.8

$$2 \cdot F_{v,Rd} = 120,576 \text{ kN}$$

$$2 \cdot F_{v,Rd} \geq N_{Ed}$$

DVA ŠROUBY VE SMYKU VYHOVÝ

SCHÉMA PŘÍPOJE DIAGONÁLY ZTUŽENÍ



- normálové síly na diagonálách ztužení

6.3 VETKNUTÍ: OBLOUK / DŘEVĚNÉ TÁHLO

ZJEDNODUŠENÝ VÝPOČET SPOJE OBLOUK/DŘEVĚNÉ TÁHLO

kolík M24 8.8

$$f_{u,b} := 800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t_1 := 240 \text{ mm}$$

$$Y_{M2} := 1,25$$

$$d := 24 \text{ mm}$$

$$A := 314 \text{ mm}^2$$

$$A_s := 245 \text{ mm}^2$$

$$n := 2$$

únosnost jednoho kolíku

$$M_{y,Rk} := 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} := 579280,9 \text{ N mm}$$

$$f_{h,0,k} := 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

$$f_{h,0,k} := 30,307 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := (1,30 + 0,015 \cdot d)$$

$$k_{90} := 1,66$$

$$F_{v,Rk,1} := f_{h,0,k} \cdot t_1 \cdot d = 174,57 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2} := f_{h,0,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,0,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 75,7 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,0,k} \cdot d} = 47,21 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min \left(\begin{bmatrix} F_{v,Rk,1} \\ F_{v,Rk,2} \\ F_{v,Rk,3} \end{bmatrix} \right) = 47,21 \text{ kN}$$

Předběžný návrh počtu kolíků podle normálové síly

síla na skupinu kolíků pro oblouk

$$N_{Ed,obl,celk} := 334,73 \text{ kN}$$

síla na skupinu kolíků pro dřevěné táhlo

$$N_{Ed,tah,celk} := 310,01 \text{ kN}$$

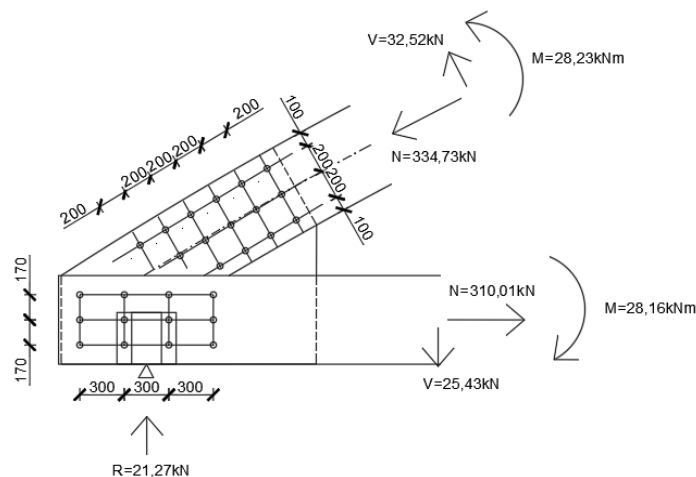
minimální počet kolíků pro oblouk

$$n_{min,obl} := \frac{N_{Ed,obl,celk}}{F_{v,Rk}} = 7,09$$

minimální počet kolíků pro dřevěné táhlo

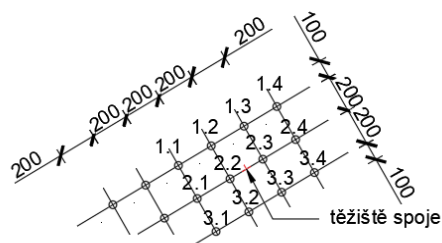
$$n_{min,tah} := \frac{N_{Ed,tah,celk}}{F_{v,Rk}} = 6,57$$

SCHÉMA SPOJE



NÁVRH SKUPINY KOLÍKŮ NA OBLOUKU

- Při výpočtu je z důvodu zjednodušení počítáno pouze s dvanácti kolíky označenými na následujícím obrázku.



síly společné pro všechny kolíky

-počet kolíků

$$n_{obl} := 12$$

normálová síla

$$N_{Ed,obl,celk} = 334,73 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,obl} := \frac{N_{Ed,obl,celk}}{n_{obl}} = 27,89 \text{ kN}$$

posouvací síla

$$V_{Ed,obl,celk} := 32,52 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,obl} := \frac{V_{Ed,obl,celk}}{n_{obl}} = 2,71 \text{ kN}$$

moment

$$M_{Ed,obl,celk} := 28,23 \text{ kN m}$$

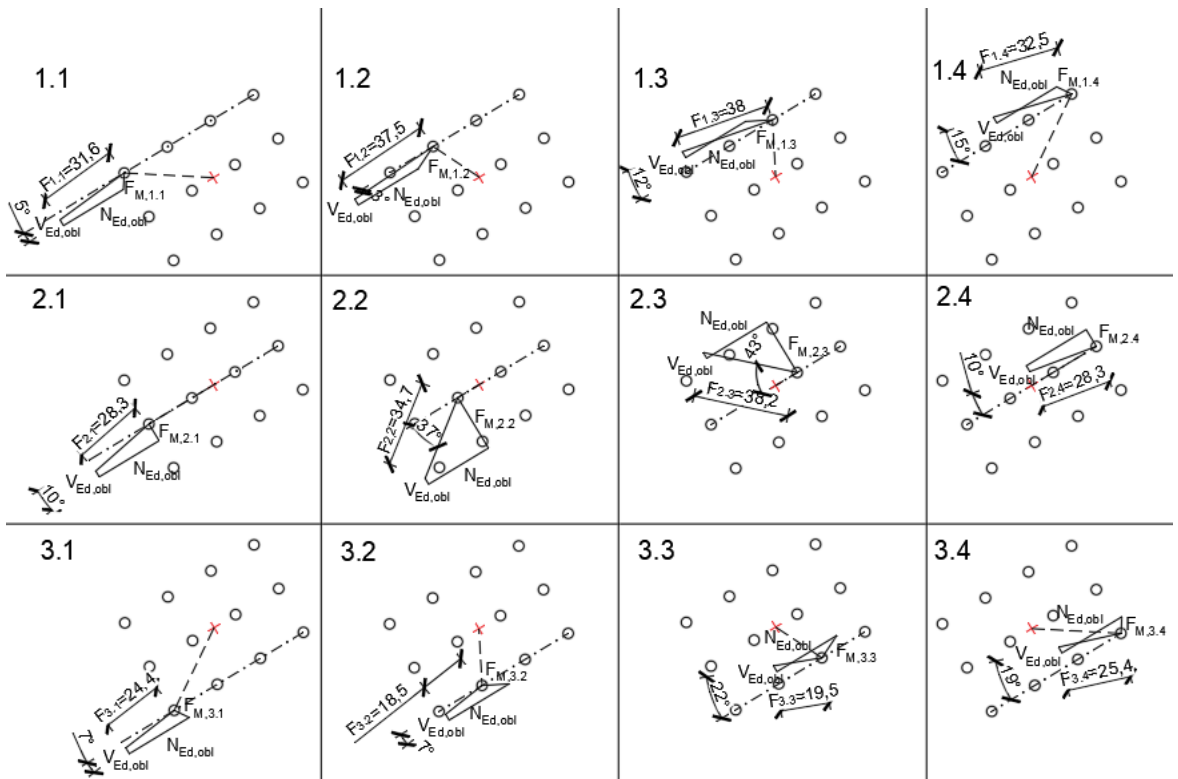
$$M_{Ed,obl} := \frac{M_{Ed,obl,celk}}{n_{obl}} = 2,35 \text{ kN m}$$

síla vyvozená momentem, závislá na vzdálenosti kolíku od těžiště

e - vzdálenost osy kolíku od těžiště spoje

	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4
e [mm]	355,3	220,8	220,8	355,3	300,0	100,0	100,0	300,0	355,3	220,8	220,8	355,3
M _{ed,obl} [kNm]	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35
F _{M,i} [kN]	6,6	10,7	10,7	6,6	7,8	23,5	23,5	7,8	6,6	10,7	10,7	6,6

-výpočet výsledných sil a jejich úhlů vůči vláknům pomocí vektorových součtů



1,1

$$F_{1,1} := 31,6 \text{ kN}$$

$$\alpha_{1,1} := 5^\circ$$

$$f_{h,11,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{1,1})^2 + \cos(\alpha_{1,1})^2} = 3,02 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,11} := f_{h,11,k} \cdot t_1 \cdot d = 173,7 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,11} := f_{h,11,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,11,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] = 75,34 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,11} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,11,k} \cdot d} = 47,09 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,11} := \min \left[\begin{matrix} F_{v,Rk,1,11} \\ F_{v,Rk,2,11} \\ F_{v,Rk,3,11} \end{matrix} \right] = 47,09 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{1,1}}{F_{v,Rk,11}} = 0,67$$

Kolík 1,1 je využit na 67 %

1,2

$$F_{1,2} := 37,5 \text{ kN}$$

$$\alpha_{1,2} := 3^\circ$$

$$f_{h,12,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{1,2})^2 + \cos(\alpha_{1,2})^2} = 3,03 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,12} := f_{h,12,k} \cdot t_1 \cdot d = 174,25 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,12} := f_{h,12,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,12,k} \cdot d \cdot t_1}} - 1 \right) = 75,57 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,12} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,12,k} \cdot d} = 47,17 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,12} := \min \begin{bmatrix} F_{v,Rk,1,12} \\ F_{v,Rk,2,12} \\ F_{v,Rk,3,12} \end{bmatrix} = 47,17 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{1,2}}{F_{v,Rk,12}} = 0,8 \quad \boxed{\text{Kolík 1,2 je využit na 80 \%}}$$

1,3

$$F_{1,3} := 38 \text{ kN}$$

$$\alpha_{1,3} := 12^\circ$$

$$f_{h,13,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{1,3})^2 + \cos(\alpha_{1,3})^2} = 2,95 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,13} := f_{h,13,k} \cdot t_1 \cdot d = 169,73 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,13} := f_{h,13,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,13,k} \cdot d \cdot t_1}} - 1 \right) = 73,69 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,13} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,13,k} \cdot d} = 46,55 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,13} := \min \begin{bmatrix} F_{v,Rk,1,13} \\ F_{v,Rk,2,13} \\ F_{v,Rk,3,13} \end{bmatrix} = 46,55 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{1,3}}{F_{v,Rk,13}} = 0,82 \quad \boxed{\text{Kolík 1,3 je využit na 82 \%}}$$

1,4

$$F_{1,4} := 32,5 \text{ kN}$$

$$\alpha_{1,4} := 15^\circ$$

$$f_{h,14,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{1,4})^2 + \cos(\alpha_{1,4})^2} = 2,9 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,14} := f_{h,14,k} \cdot t_1 \cdot d = 167,18 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,14} := f_{h,14,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,14,k} \cdot d \cdot t_1}} - 1 \right) = 72,64 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,14} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,14,k} \cdot d} = 46,2 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,14} := \min \begin{bmatrix} F_{v,Rk,1,14} \\ F_{v,Rk,2,14} \\ F_{v,Rk,3,14} \end{bmatrix} = 46,2 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{1,4}}{F_{v,Rk,14}} = 0,7 \quad \boxed{\text{Kolík 1,4 je využit na 70 \%}}$$

2,1

$$F_{2,1} := 28,3 \text{ kN}$$

$$\alpha_{2,1} := 10^\circ$$

$$f_{h,21,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{2,1})^2 + \cos(\alpha_{2,1})^2} = 2,97 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,21} := f_{h,21,k} \cdot t_1 \cdot d = 171,16 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,21} := f_{h,21,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,21,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 74,29 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,21} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,21,k} \cdot d} = 46,75 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,21} := \min \begin{pmatrix} F_{v,Rk,1,21} \\ F_{v,Rk,2,21} \\ F_{v,Rk,3,21} \end{pmatrix} = 46,75 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{2,1}}{F_{v,Rk,21}} = 0,61 \quad \boxed{\text{Kolík 2,1 je využit na 61 \%}}$$

2,2

$$F_{2,2} := 34,7 \text{ kN}$$

$$\alpha_{2,2} := 37^\circ$$

$$f_{h,22,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{2,2})^2 + \cos(\alpha_{2,2})^2} = 2,45 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,22} := f_{h,22,k} \cdot t_1 \cdot d = 140,89 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,22} := f_{h,22,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,22,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 61,74 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,22} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,22,k} \cdot d} = 42,41 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,22} := \min \begin{pmatrix} F_{v,Rk,1,22} \\ F_{v,Rk,2,22} \\ F_{v,Rk,3,22} \end{pmatrix} = 42,41 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{2,2}}{F_{v,Rk,22}} = 0,82 \quad \boxed{\text{Kolík 2,2 je využit na 82 \%}}$$

2,3

$$F_{2,3} := 38,2 \text{ kN}$$

$$\alpha_{2,3} := 43^\circ$$

$$f_{h,23,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{2,3})^2 + \cos(\alpha_{2,3})^2} = 2,32 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,23} := f_{h,23,k} \cdot t_1 \cdot d = 133,57 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,23} := f_{h,23,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,23,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 58,71 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,23} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,23,k} \cdot d} = 41,3 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,23} := \min \left[\begin{array}{c} F_{v,Rk,1,23} \\ F_{v,Rk,2,23} \\ F_{v,Rk,3,23} \end{array} \right] = 41,3 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{2,3}}{F_{v,Rk,23}} = 0,93$$

Kolík 2,2 je využit na 92 %

2,4

$$F_{2,4} := 28,3 \text{ kN}$$

$$\alpha_{2,4} := 10^\circ$$

$$f_{h,24,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{2,4})^2 + \cos(\alpha_{2,4})^2} = 2,97 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,24} := f_{h,24,k} \cdot t_1 \cdot d = 171,16 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,24} := f_{h,24,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,24,k} \cdot d \cdot t_1}} - 1 \right) = 74,29 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,24} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,24,k} \cdot d} = 46,75 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,24} := \min \left[\begin{array}{c} F_{v,Rk,1,24} \\ F_{v,Rk,2,24} \\ F_{v,Rk,3,24} \end{array} \right] = 46,75 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{2,4}}{F_{v,Rk,24}} = 0,61$$

Kolík 2,2 je využit na 61 %

3,1

$$F_{3,1} := 24,4 \text{ kN}$$

$$\alpha_{3,1} := 7^\circ$$

$$f_{h,31,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{3,1})^2 + \cos(\alpha_{3,1})^2} = 3 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,31} := f_{h,31,k} \cdot t_1 \cdot d = 172,87 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,31} := f_{h,31,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,31,k} \cdot d \cdot t_1}} - 1 \right) = 75 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,31} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,31,k} \cdot d} = 46,98 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,31} := \min \left[\begin{array}{c} F_{v,Rk,1,31} \\ F_{v,Rk,2,31} \\ F_{v,Rk,3,31} \end{array} \right] = 46,98 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{3,1}}{F_{v,Rk,31}} = 0,52$$

Kolík 3,1 je využit na 52 %

3,2

$$F_{3,2} := 18,5 \text{ kN}$$

$$\alpha_{3,2} := 7^\circ$$

$$f_{h,32,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{3,2})^2 + \cos(\alpha_{3,2})^2} = 3 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,32} := f_{h,32,k} \cdot t_1 \cdot d = 172,87 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,32} := f_{h,32,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,32,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 75 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,32} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,32,k} \cdot d} = 46,98 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,32} := \min \begin{bmatrix} F_{v,Rk,1,32} \\ F_{v,Rk,2,32} \\ F_{v,Rk,3,32} \end{bmatrix} = 46,98 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{3,2}}{F_{v,Rk,32}} = 0,39 \quad \boxed{\text{Kolík 3,2 je využit na 39 \%}}$$

3,3

$$F_{3,3} := 19,5 \text{ kN}$$

$$\alpha_{3,3} := 22^\circ$$

$$f_{h,33,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{3,3})^2 + \cos(\alpha_{3,3})^2} = 2,77 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,33} := f_{h,33,k} \cdot t_1 \cdot d = 159,77 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,33} := f_{h,33,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,33,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 69,57 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,33} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,33,k} \cdot d} = 45,17 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,33} := \min \begin{bmatrix} F_{v,Rk,1,33} \\ F_{v,Rk,2,33} \\ F_{v,Rk,3,33} \end{bmatrix} = 45,17 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{3,3}}{F_{v,Rk,33}} = 0,43 \quad \boxed{\text{Kolík 3,3 je využit na 43 \%}}$$

3,4

$$F_{3,4} := 25,4 \text{ kN}$$

$$\alpha_{3,4} := 19^\circ$$

$$f_{h,34,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{3,4})^2 + \cos(\alpha_{3,4})^2} = 2,83 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,34} := f_{h,34,k} \cdot t_1 \cdot d = 163,15 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,34} := f_{h,34,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,34,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 70,97 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,34} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,34,k} \cdot d} = 45,64 \text{ kN}$$

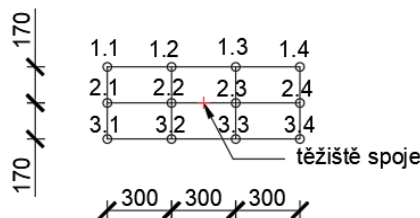
$$F_{v,Rk,34} := \min \begin{bmatrix} F_{v,Rk,1,34} \\ F_{v,Rk,2,34} \\ F_{v,Rk,3,34} \end{bmatrix} = 45,64 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{3,4}}{F_{v,Rk,34}} = 0,56 \quad \boxed{\text{Kolík 3,4 je využit na 56 \%}}$$

-Všechny jednotlivé svorníky vyhovují. Nejvíce využitý svorník je využit na 92 %.

NÁVRH SKUPINY KOLÍKŮ NA DŘEVĚNÉM TÁHLE

- Při výpočtu je z důvodu zjednodušení počítáno pouze s osmi kolíky a čtyřmi svorníky označenými na následujícím obrázku.
- Pro spojení: 2.2; 2.3; 3.2; 3.3, budou na rozdíl od ostatních prvků použity svorníky o stejné kvalitě a průřezu. To z důvodu připojení příčníku na těchto prvcích. V prvcích 2.2 a 2.3 zároveň vzniknou tahové síly v ose prvku.



síly společné pro všechny kolíky rozdělené na jeden kolík

-počet kolíků

$$n_{tah} := 12$$

normálová síla

$$N_{Ed,tah,celk} = 310,01 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,tah} := \frac{N_{Ed,tah,celk}}{n_{tah}} = 25,83 \text{ kN}$$

posouvací síla

$$V_{Ed,tah,celk} := 25,43 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,tah} := \frac{V_{Ed,tah,celk}}{n_{tah}} = 2,12 \text{ kN}$$

reakce v podpoře

$$R_{Ed,tah,celk} := 21,27 \text{ kN}$$

$$R_{Ed,tah} := \frac{R_{Ed,tah,celk}}{n_{tah}} = 1,77 \text{ kN}$$

moment

$$M_{Ed,tah,celk} := 28,16 \text{ kN m}$$

$$M_{Ed,tah} := \frac{M_{Ed,tah,celk}}{n_{tah}} = 2,35 \text{ kN m}$$

síla vyvozená momentem, závislá na vzdálenosti kolíku od těžiště
e - vzdálenost osy kolíku od těžiště spoje

	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4
e [mm]	481,0	226,7	226,7	481,0	450,0	150,0	150,0	450,0	481,0	226,7	226,7	481,0
$M_{Ed,tah}$ [kNm]	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35
$F_{M,i}$ [kN]	4,89	10,38	10,38	4,89	5,23	15,68	15,68	5,23	4,89	10,38	10,38	4,89

- svorníky : 2.2, 2.3, 3.2, 3.3 se zároveň podílejí na přenesení posouvající síly od příčnicku

$$n_{př} := 4$$

$$V_{Ed,př,celk} := 33,86 \text{ kN}$$

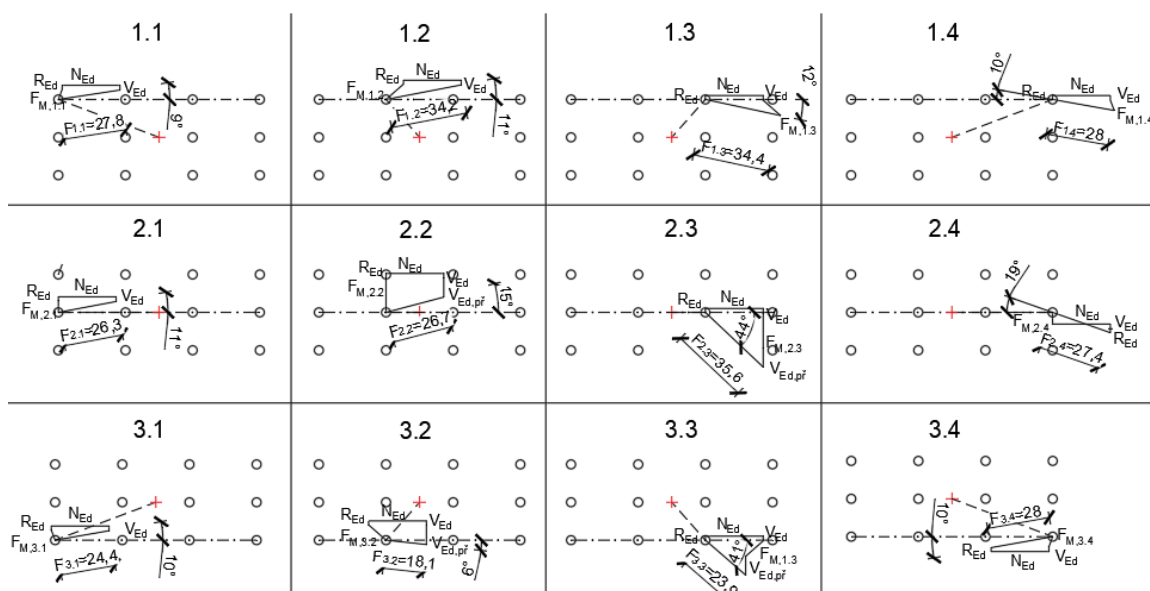
$$V_{Ed,př} := \frac{V_{Ed,př,celk}}{n_{př}} = 8,46 \text{ kN}$$

$n_{př}$ -počet prvků přenášeající síly od příčnicku

$V_{Ed,př,celk}$ -posouvající síla od příčnicku

$V_{Ed,př}$ -posouvající síla od příčnicku na jeden svorník

- výpočet výsledných sil a jejich úhlů vůči vláknům pomocí vektorových součtů



OSOvé SÍLY NA SVORNÍKY: 2.2; 2.3; 3.2; 3.3

osová síla od normálové síly na příčnicku

$$n_{př} = 4$$

$$N_{Ed,př,celk} := 12,39 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,př} := \frac{N_{Ed,př,celk}}{n_{př}} = 3,1 \text{ kN}$$

$n_{př}$ - počet prvků přenášeající síly od příčnicku

$V_{Ed,př,celk}$ - normálová tahová síla od příčnicku (obálka vnitřních sil)

$V_{Ed,př}$ - normálová tahová síla od příčnicku na jeden prvek (obálka vnitřních sil)

osová síla tahová od momentu na příčnick pro svorníky: 3.2; 3.3

$$n_{př,M} := 2$$

$$e_{př} := 170 \text{ mm}$$

$$M_{Ed,př,celk} := 24,78 \text{ kN m}$$

$$M_{Ed,př} := \frac{M_{Ed,př,celk}}{n_{př,M}} = 12,39 \text{ kN m}$$

$$F_{M,tah} := \left(\frac{M_{Ed,př}}{e_{př}} \right) = 72,88 \text{ kN}$$

$n_{př,M}$ - počet prvků púřenášeující moment od příčnicku

$e_{př}$ - osová vzdálenost svorníků 2.3 a 3.3

$M_{Ed,př,celk}$ - moment od příčnicku (obálka vnitřních sil)

$V_{Ed,př}$ - normálová tahová síla od příčnicku na jeden prvek (obálka vnitřních sil)

1,1

$$F_{1,1} := 27,8 \text{ kN}$$

$$\alpha_{1,1} := 9^\circ$$

$$f_{h,11,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{1,1})^2 + \cos(\alpha_{1,1})^2} = 2,98 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,11} := f_{h,11,k} \cdot t_1 \cdot d = 171,79 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,11} := f_{h,11,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,11,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 74,55 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,11} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,11,k} \cdot d} = 46,83 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,11} := \min \left(\begin{matrix} F_{v,Rk,1,11} \\ F_{v,Rk,2,11} \\ F_{v,Rk,3,11} \end{matrix} \right) = 46,83 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{1,1}}{F_{v,Rk,11}} = 0,59$$

Kolík 1,1 je využit na 59 %

1,2

$$F_{1,2} := 34,2 \text{ kN}$$

$$\alpha_{1,2} := 11^\circ$$

$$f_{h,12,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{1,2})^2 + \cos(\alpha_{1,2})^2} = 2,96 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,12} := f_{h,12,k} \cdot t_1 \cdot d = 170,47 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,12} := f_{h,12,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,12,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 74 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,12} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,12,k} \cdot d} = 46,65 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,12} := \min \begin{pmatrix} F_{v,Rk,1,12} \\ F_{v,Rk,2,12} \\ F_{v,Rk,3,12} \end{pmatrix} = 46,65 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{1,2}}{F_{v,Rk,12}} = 0,73$$

Kolík 1,2 je využit na 73 %

1,3

$$F_{1,3} := 34,4 \text{ kN}$$

$$\alpha_{1,3} := 12^\circ$$

$$f_{h,13,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{g0} \cdot \sin(\alpha_{1,3})^2 + \cos(\alpha_{1,3})^2} = 2,95 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,13} := f_{h,13,k} \cdot t_1 \cdot d = 169,73 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,13} := f_{h,13,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,13,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 73,69 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,13} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,13,k} \cdot d} = 46,55 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,13} := \min \begin{pmatrix} F_{v,Rk,1,13} \\ F_{v,Rk,2,13} \\ F_{v,Rk,3,13} \end{pmatrix} = 46,55 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{1,3}}{F_{v,Rk,13}} = 0,74$$

Kolík 1,3 je využit na 74 %

1,4

$$F_{1,4} := 28 \text{ kN}$$

$$\alpha_{1,4} := 10^\circ$$

$$f_{h,14,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{g0} \cdot \sin(\alpha_{1,4})^2 + \cos(\alpha_{1,4})^2} = 2,97 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,14} := f_{h,14,k} \cdot t_1 \cdot d = 171,16 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,14} := f_{h,14,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,14,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 74,29 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,14} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,14,k} \cdot d} = 46,75 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,14} := \min \begin{pmatrix} F_{v,Rk,1,14} \\ F_{v,Rk,2,14} \\ F_{v,Rk,3,14} \end{pmatrix} = 46,75 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{1,4}}{F_{v,Rk,14}} = 0,6$$

Kolík 1,4 je využit na 60 %

2,1

$$F_{2,1} := 26,3 \text{ kN}$$

$$\alpha_{2,1} := 11^\circ$$

$$f_{h,21,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{2,1})^2 + \cos(\alpha_{2,1})^2} = 2,96 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,21} := f_{h,21,k} \cdot t_1 \cdot d = 170,47 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,21} := f_{h,21,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,21,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 74 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,21} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,21,k} \cdot d} = 46,65 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,21} := \min \left(\begin{bmatrix} F_{v,Rk,1,21} \\ F_{v,Rk,2,21} \\ F_{v,Rk,3,21} \end{bmatrix} \right) = 46,65 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{2,1}}{F_{v,Rk,21}} = 0,56$$

Kolík 2,1 je využit na 56 %

2,2

$$F_{2,2} := 26,7 \text{ kN}$$

$$\alpha_{2,2} := 15^\circ$$

$$f_{h,22,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{2,2})^2 + \cos(\alpha_{2,2})^2} = 2,9 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,22} := f_{h,22,k} \cdot t_1 \cdot d = 167,18 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,22} := f_{h,22,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,22,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 72,64 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,22} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,22,k} \cdot d} = 46,2 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,22} := \min \left(\begin{bmatrix} F_{v,Rk,1,22} \\ F_{v,Rk,2,22} \\ F_{v,Rk,3,22} \end{bmatrix} \right) = 46,2 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{2,2}}{F_{v,Rk,22}} = 0,58$$

SVORNÍK 2,2 je využit na 58 %

$$k_2 := 0,9$$

přetržení dříku

$$F_{tah,2,2} := N_{Ed,př} = 3,1 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} := \frac{k_2 \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{Y_{M2}} = 141,12 \text{ kN}$$

$$F_{tah,2,2} < F_{t,Rd}$$

SVORNÍK VYHOVÍ NA PŘETRŽENÍ

interakce smyku a tahu

$$\frac{F_{2,2}}{F_{v,Rk,22}} + \frac{F_{tah,2,2}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,59 \leq 1$$

SVORNÍK VYHOVÍ PŘI INTERAKCI SMYKU A TAHU

2,3

$$F_{2,3} := 35,6 \text{ kN}$$

$$\alpha_{2,3} := 44^\circ$$

$$f_{h,23,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{2,3})^2 + \cos(\alpha_{2,3})^2} = 2,3 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,23} := f_{h,23,k} \cdot t_1 \cdot d = 132,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,23} := f_{h,23,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,23,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 58,23 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,23} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,23,k} \cdot d} = 41,12 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,23} := \min \begin{pmatrix} F_{v,Rk,1,23} \\ F_{v,Rk,2,23} \\ F_{v,Rk,3,23} \end{pmatrix} = 41,12 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{2,3}}{F_{v,Rk,23}} = 0,87$$

Svorník 2,2 je využit na 87 %

přetržení dříku

$$F_{tah,2,3} := N_{Ed,př} = 3,1 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} := \frac{k_2 \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{Y_{M2}} = 141,12 \text{ kN}$$

$$F_{tah,2,3} < F_{t,Rd}$$

SVORNÍK VYHOVÍ NA PŘETRŽENÍ

interakce smyku a tahu

$$\frac{F_{2,3}}{F_{v,Rk,23}} + \frac{F_{tah,2,3}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,88 \leq 1$$

SVORNÍK VYHOVÍ PŘI INTERAKCI SMYKU A TAHU

2,4

$$F_{2,4} := 27,4 \text{ kN}$$

$$\alpha_{2,4} := 19^\circ$$

$$f_{h,24,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{2,4})^2 + \cos(\alpha_{2,4})^2} = 2,83 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,24} := f_{h,24,k} \cdot t_1 \cdot d = 163,15 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,24} := f_{h,24,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,24,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 70,97 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,24} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,24,k} \cdot d} = 45,64 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,24} := \min \begin{pmatrix} F_{v,Rk,1,24} \\ F_{v,Rk,2,24} \\ F_{v,Rk,3,24} \end{pmatrix} = 45,64 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{2,4}}{F_{v,Rk,24}} = 0,6$$

Kolík 2,4 je využit na 60 %

3,1

$$F_{3,1} := 24,4 \text{ kN}$$

$$\alpha_{3,1} := 10^\circ$$

$$f_{h,31,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{3,1})^2 + \cos(\alpha_{3,1})^2} = 2,97 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,31} := f_{h,31,k} \cdot t_1 \cdot d = 171,16 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,31} := f_{h,31,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,31,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 74,29 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,31} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,31,k} \cdot d} = 46,75 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,31} := \min \left(\begin{bmatrix} F_{v,Rk,1,31} \\ F_{v,Rk,2,31} \\ F_{v,Rk,3,31} \end{bmatrix} \right) = 46,75 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{3,1}}{F_{v,Rk,31}} = 0,52$$

Kolík 3,1 je využit na 52 %

3,2

$$F_{3,2} := 18,1 \text{ kN}$$

$$\alpha_{3,2} := 6^\circ$$

$$f_{h,32,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{3,2})^2 + \cos(\alpha_{3,2})^2} = 3,01 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,32} := f_{h,32,k} \cdot t_1 \cdot d = 173,32 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,32} := f_{h,32,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,32,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 75,18 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,32} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,32,k} \cdot d} = 47,04 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,32} := \min \left(\begin{bmatrix} F_{v,Rk,1,32} \\ F_{v,Rk,2,32} \\ F_{v,Rk,3,32} \end{bmatrix} \right) = 47,04 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{3,2}}{F_{v,Rk,32}} = 0,38$$

Svorník 3,2 je využit na 38 %

přetržení dřívku

$$F_{tah,3,2} := N_{Ed,př} + F_{M,tah} = 75,98 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} := \frac{k_2 \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 141,12 \text{ kN}$$

$$F_{tah,3,2} < F_{t,Rd}$$

SVORNÍK VYHOVÍ NA PŘETRŽENÍ

interakce smyku a tahu

$$\frac{F_{3,2}}{F_{v,Rk,32}} + \frac{F_{tah,3,2}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,77 \leq 1$$

SVORNÍK VYHOVÍ PŘI INTERAKCI SMYKU A TAHU

3,3

$$F_{3,3} := 23,9 \text{ kN}$$

$$\alpha_{3,3} := 41^\circ$$

$$f_{h,33,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{3,3})^2 + \cos(\alpha_{3,3})^2} = 2,36 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,33} := f_{h,33,k} \cdot t_1 \cdot d = 135,95 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,33} := f_{h,33,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,33,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 59,7 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,33} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,33,k} \cdot d} = 41,66 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,33} := \min \begin{pmatrix} F_{v,Rk,1,33} \\ F_{v,Rk,2,33} \\ F_{v,Rk,3,33} \end{pmatrix} = 41,66 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{3,3}}{F_{v,Rk,33}} = 0,57$$

Svorník 3,3 je využit na 57 %

přetržení dřívku

$$F_{tah,3,3} := N_{Ed,př} + F_{M,tah} = 75,98 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} := \frac{k_2 \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 141,12 \text{ kN}$$

$$F_{tah,3,3} < F_{t,Rd}$$

SVORNÍK VYHOVÍ NA PŘETRŽENÍ

interakce smyku a tahu

$$\frac{F_{3,3}}{F_{v,Rk,33}} + \frac{F_{tah,3,3}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,96 \leq 1$$

SVORNÍK VYHOVÍ PŘI INTERAKCI SMYKU A TAHU

3,4

$$F_{3,4} := 28 \text{ kN}$$

$$\alpha_{3,4} := 10^\circ$$

$$f_{h,34,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_{3,4})^2 + \cos(\alpha_{3,4})^2} = 2,97 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_{v,Rk,1,34} := f_{h,34,k} \cdot t_1 \cdot d = 171,16 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2,34} := f_{h,34,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,34,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 74,29 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,3,34} := 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,34,k} \cdot d} = 46,75 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,34} := \min \begin{pmatrix} F_{v,Rk,1,34} \\ F_{v,Rk,2,34} \\ F_{v,Rk,3,34} \end{pmatrix} = 46,75 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{3,4}}{F_{v,Rk,34}} = 0,6$$

Kolík 3,4 je využit na 60 %

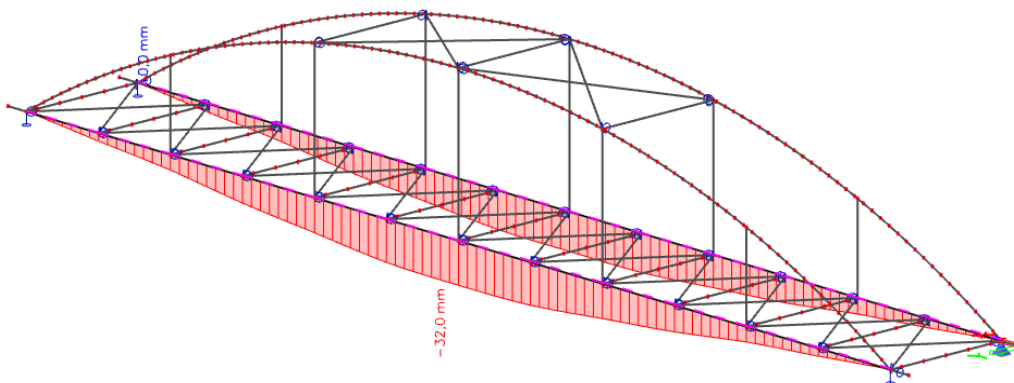
-Všechny jednotlivé svorníky vyhovují. Nejvíce využitý svorník je využit na 87 %.

7. PRŮHYB KONSTRUKCE

POČÁTEČNÍ

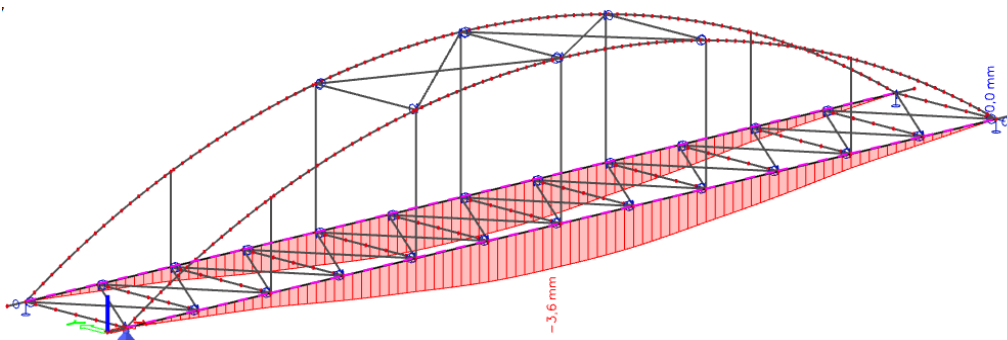
- průhyb vyvozený v momentě zatížení konstrukce
- zatížení s krátkodobým trváním:
 - zatížení větrem
 - zatížení od chodců
- stálé zatížení:
 - od vlastní tíhy
 - ostatní stálé zatížení

maximální průhyb od krátkodobého zatížení



$$\delta_{max,inst,kr} := 32 \text{ mm}$$

maximální průhyb od stálého zatížení



$$\delta_{max,inst,st} := 3,6 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ

$$L := 27 \text{ m}$$

$$\delta_{max,inst} := \delta_{max,inst,kr} + \delta_{max,inst,st} = 35,6 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} := \frac{L}{250} = 108 \text{ mm}$$

$$\delta_{max,inst} < \delta_{lim}$$

DŘEVĚNÉ TÁHLO VYHOVUJE

kde:

L - délka nosníku mezi podporami

$\delta_{max,inst}$ - maximální průhyb na dřevěném táhle okamžité

δ_{lim} - maximální povolený průhyb na dřevěném táhle

KONEČNÝ

od zatížení s krátkodobým trváním

- průhyb od zatížení s krátkodobým trváním není ovlivněn

$$\delta_{max,fin,kr} := \delta_{max,inst,kr}$$

$$\delta_{max,fin,kr} = 32 \text{ mm}$$

od stálého zatížení

- průhyb od stálého zatížení je modifikován koeficientem k_{def}

- pro třídu provozu 3 a lepené lamelové dřevo

$$k_{def} := 2$$

$$\delta_{max,fin,st} := \delta_{max,inst,st} \cdot (1 + k_{def}) = 10,8 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ

$$L := 27 \text{ m}$$

$$\delta_{max,fin} := \delta_{max,fin,kr} + \delta_{max,fin,st} = 42,8 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} := \frac{L}{250} = 108 \text{ mm}$$

$$\delta_{max,fin} < \delta_{lim} \quad \boxed{\text{VYHOVUJE}}$$

kde:

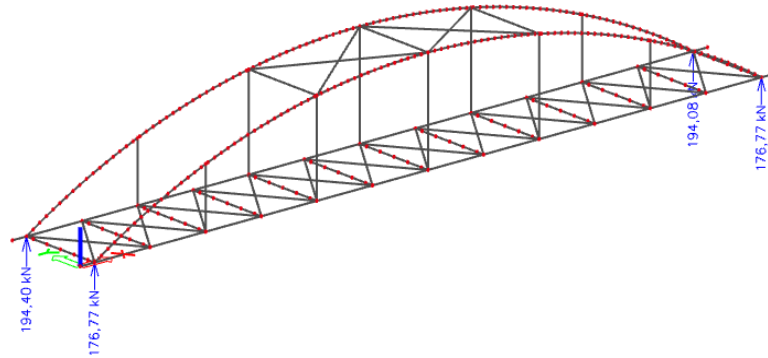
L - délka konstrukce mezi podporami

$\delta_{max,fin}$ - maximální průhyb na dřevěném táhle konečný

δ_{lim} - maximální povolený průhyb na dřevěném táhle

8. NÁVRH MORSTNÍCH LOŽISEK

SÍLY V PODPORÁCH (od obálky vnitřních sil)



$$R_1 := 176,77 \text{ kN} \quad R_3 := 176,77 \text{ kN}$$

$$R_2 := 194,40 \text{ kN} \quad R_4 := 194,08 \text{ kN}$$

$$R_{max} := \max \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_4 \end{pmatrix} = 194,4 \text{ kN}$$

PROTAŽENÍ KONSTRUKCE

- výchozí teplota mostu v čase zabudování konstrukce

$$T_0 := 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- charakteristické hodnoty minimálních a maximálních teplot vzduchu ve stínu (z národních map izoterm)

$$T_{max} := 38,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{min} := -30,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- je uvažován 1. typ konstrukce podle tabulky vpravo

$$T_{e,max} := 38 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,min} := -22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- maximální rozdíl teplot pro zkrácení konstrukce

$$\Delta T_{N,con} := T_0 - T_{e,min}$$

$$\Delta T_{N,con} := 37 \text{ K}$$

- maximální rozdíl teplot pro protažení konstrukce

$$\Delta T_{N,exp} := T_{e,min} - T_0$$

$$\Delta T_{N,exp} := 23 \text{ K}$$

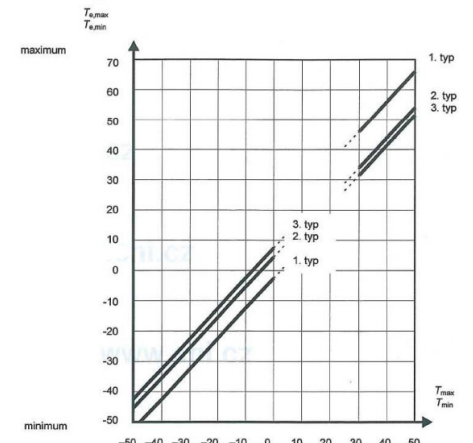
- délka konstrukce mezi ložisky

$$l := 27000 \text{ mm}$$

- maximální zkrácení konstrukce

$$\alpha := 5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\Delta l_{con} := l \cdot \alpha \cdot \Delta T_{N,con} = 5 \text{ mm}$$



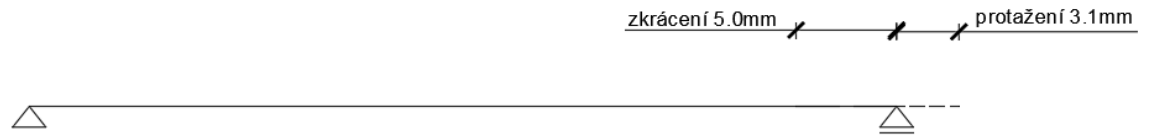
-tabulka vztahu mezi teplotou vzduchu ve stínu a rovnoměrnou složkou teploty mostu

- maximální protažení konstrukce

$$\alpha := 5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\Delta l_{exp} := l \cdot \alpha \cdot \Delta T_{N,exp} = 3,1 \text{ mm}$$

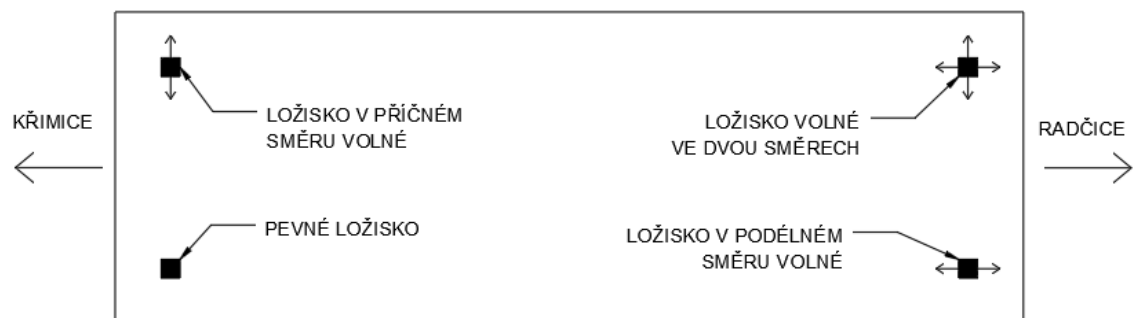
- schéma zkrácení protažení (zkrácení a protažení je pro názornost vůči zbytku schématu 100x zvětšeno)



NÁVRH

- Navržena budou čtyři elastomerová ložiska typu C 150x200mm od firmy Freyssinet. Maximální namáhání v tlaku při nulové doformaci je 468 kN a přípustný posun 16 mm.

schéma rozložení mostních ložisek



SEZNAM VÝKRESŮ:

- PODÉLNÝ ŘEZ A PŮDORYS 1:100
- PŘÍČNÉ ŘEZY A-A; B-B 1:30
- BOČNÍ POHLED 1:100
- ČELNÍ POHLED NA PODPORU 1:30
- BOČNÍ POHLED NA PODPORU 1:30
- DETAILY 1. ČÁST 1:5
- DETAILY 2. ČÁST 1:5
- SPOJ OBLOUKU A DŘEVĚNÉHO TÁHLA 1:10