



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

STUDIE MOSTU NEW POOLEY BRIDGE V ANGLII

STUDY OF NEW POOLEY BRIDGE IN UK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Matěj Kozub

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Koláček, Ph.D.

BRNO 2025

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav betonových a zděných konstrukcí
Student: **Matěj Kozub**
Vedoucí práce: **Ing. Jan Kolářek, Ph.D.**
Akademický rok: 2024/25
Studijní program: B0732A260005 Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Studie mostu New Pooley bridge v Anglii

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh mostu a studií přemostění zpracujte na základě předaných podkladů (situace, podélný řez, příp. geotechnické poměry).

Textová část bude obsahovat popis studií přemostění včetně jejich zhodnocení, podrobný technický popis vybrané varianty a popis veškerých kroků a posudků ve statickém výpočtu, a závěr.

Výkresová dokumentace bude obsahovat dispoziční výkresy (půdorys, podélný řez, příčné řezy, atd.) a výkresy výztuže vybraných částí konstrukce.

Statický výpočet bude vypracován dle norem EN (mezní stavy) v rozsahu určeném vedoucím práce.

Ostatní úpravy lze provádět podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Cílem práce je pro zadaný problém navrhnout dvě až tři studie řešení mostu o jednom poli a zhodnotit je. Pro vybranou variantu mostní konstrukce bude vypracován podrobný statický výpočet nosné konstrukce a bude vypracována odpovídající výkresová dokumentace včetně vizualizace celé konstrukce.

Bakalářskou práci je třeba vypracovat a rozčlenit podle následující struktury:

Textová část

Přílohy textové části:

P1 Podklady, studie a vizualizace

P2 Přehledné a podrobné výkresy zvoleného návrhu mostu

P3 Statický výpočet

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě.

Seznam doporučené literatury a podklady:

Základní normy:

ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.

ČSN 73 6214 Navrhování betonových mostních konstrukcí.

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou.

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

ČSN EN 1992-2: Betonové mosty. Navrhování a konstrukční zásady.

Literatura doporučená vedoucím bakalářské práce.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 29. 11. 2024

L. S.

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Jan Kolářek, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem silničního mostu přes řeku Eamont v Anglii. Pro tuto práci byly vypracovány dvě varianty řešení, kdy následně byla vybrána varianta obloukového silničního mostu s mezilehlou mostovkou. Jedná se o samokotvenou konstrukci, tvořenou ocelovým obloukem s rozpětím 48,30 m a vzepětím 9,69 m, a předpjatou mostovkou s rozpětím 54,60 m. Statický výpočet byl proveden v souladu s platnými normami a technickými předpisy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Silniční most, samokotvený systém, obloukový most, předpjatý beton, železobeton, mezilehlá mostovka

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the design of a road bridge over the River Eamont in England. Two design options were developed for this thesis, where a bridge with through arch was selected. This is a self-anchored structure, consisting of a steel arch with a span of 48.30 m and a rise of 9.69 m, and a prestressed concrete bridge deck with a span of 54.60 m. The structural analysis was handled according to the valid standards and regulations.

KEYWORDS

Road bridge, self-anchored system, arch bridge, prestressed concrete, reinforced concrete, semi-through deck

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOZUB, Matěj. *Studie mostu New Pooley bridge v Anglii*. Brno, 2025. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí Ing. Jan Kolářek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Studie mostu New Pooley bridge v Anglii* je shodná s odevzdanou listinnou formou

V Brně dne 22. 5. 2025

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Studie mostu New Pooley bridge v Anglii* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2025

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval mému vedoucímu práce, panu Ing. Janu Koláčkovi, Ph.D., za jeho velmi cenné rady, odborné vedení a celkově velmi vstřícný přístup při zpracování mé bakalářské práce. Poděkování také patří mé rodině a nejbližším za podporu během celého studia.

1.	ÚVOD	1
2.	PODKLADY	1
3.	VARIANTY ŘEŠENÍ	2
3.1.	Varianta A	2
3.2.	Varianta B	3
3.3.	Zhodnocení variant	4
4.	GEOMETRIE KONSTRUKCE	4
5.	STANOVENÍ TVARU OBLOUKU	5
6.	VÝPOČETNÍ MODEL	7
6.1.	Podélný směr	7
6.2.	Příčný směr	8
7.	MATERIÁLY	9
8.	ZATÍŽENÍ.....	10
8.1.	ZS1 – Vlastní tíha.....	10
8.2.	ZS2 – Ostatní stálé	10
8.3.	ZS3 – Přetvoření táhel.....	10
8.4.	ZS4 – Proměnné zatížení	11
8.4.1.	Sestava zatížení gr1a.....	11
8.4.2.	Sestava zatížení gr5	12
9.	KOMBINACE.....	13
9.1.	Hodnoty součinitelů	13
9.2.	Kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti.....	13
9.3.	Kombinace zatížení pro mezní stav použitelnosti.....	14
10.	PŘEDPĚTÍ.....	14
11.	MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.....	15
11.1.	Omezení napětí v betonu	15
11.2.	Omezení napětí v předpínací výztuži.....	16
11.3.	Omezení napětí v táhlech	16
11.4.	Průhyb.....	16
11.4.1.	Krátkodobý průhyb	16
11.4.2.	Dlouhodobý průhyb.....	16
12.	MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI.....	17
12.1.	Podélný směr	17

12.1.1.	Ohyb	17
	Řez A.....	17
	Řez B.....	17
12.1.2.	Smyk.....	17
	Oblast s trhlinami.....	17
	Oblast bez trhlin.....	17
12.2.	Příčný směr	17
12.2.1.	Ohyb.....	17
	Horní příčná výztuž.....	17
	Dolní příčná výztuž	18
12.2.2.	Smyk.....	18
12.3.	Posouzení závěsů	18
12.4.	Posouzení vzpěr.....	18
12.5.	Posouzení oblouku	19
13.	KOTEVNÍ OBLAST.....	19
13.1.	Soustředěný tlak pod kotvou.....	20
13.2.	Lokální oblast pod kotvou.....	20
13.3.	Posouzení povrchu čela	20
13.4.	Celková kotevní oblast.....	20
14.	ZÁVĚR.....	21
15.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	21
16.	SEZNAM OBRÁZKŮ	22
17.	SEZNAM TABULEK.....	23
18.	SEZNAM PŘÍLOH.....	23

1. ÚVOD

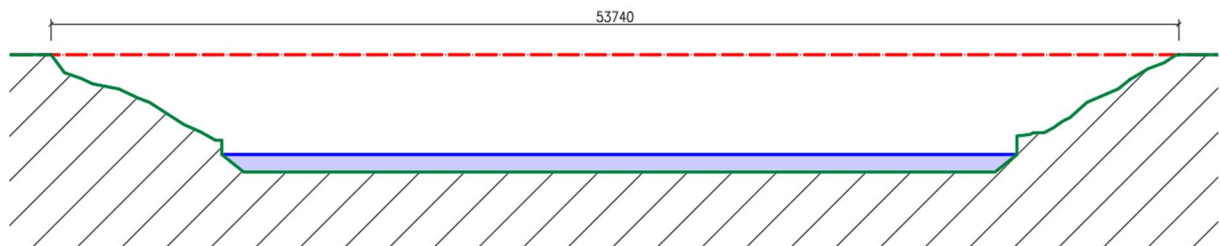
Předmětem této bakalářské práce je návrh silničního mostu přes řeku Eamont v Anglii. Nový most je navržen s konstrukcí umístěnou nad mostovkou, aby se předešlo poškození při povodních, jak tomu došlo v roce 2016, kdy byl původní most stržen. Převáděná komunikace je kategorie S7,5.

Na základě těchto požadavků byly navrženy dvě varianty řešení, z nichž byla následně vybrána vhodnější varianta, pro kterou byl zpracován statický výpočet, výkresová dokumentace a vizualizace.

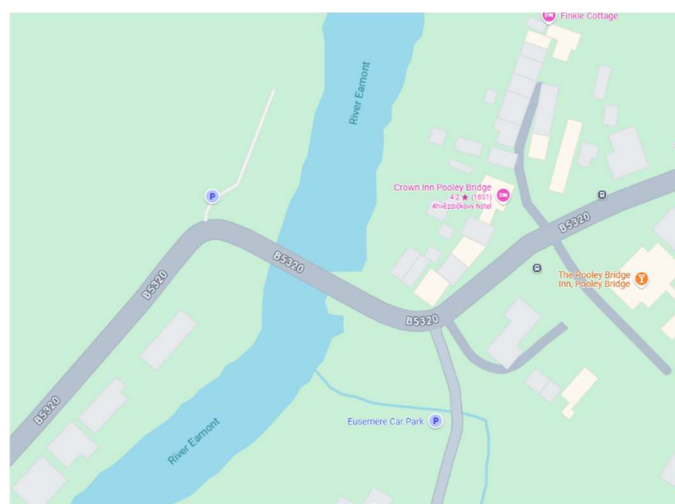
Posouzení konstrukce bylo provedeno metodou mezních stavů. Výpočty vnitřních sil byly provedeny pomocí dvou modelů vytvořených v programech MIDAS Civil a SCIA Engineer.

2. PODKLADY

Podkladem pro návrh byl sborník z konference STEEL BRIDGES 2024, konkrétně studie mostu New Pooley Bridge, na jejímž základě byl sestaven podélný řez terénem.



Obr. 1 - Podélný řez terénem



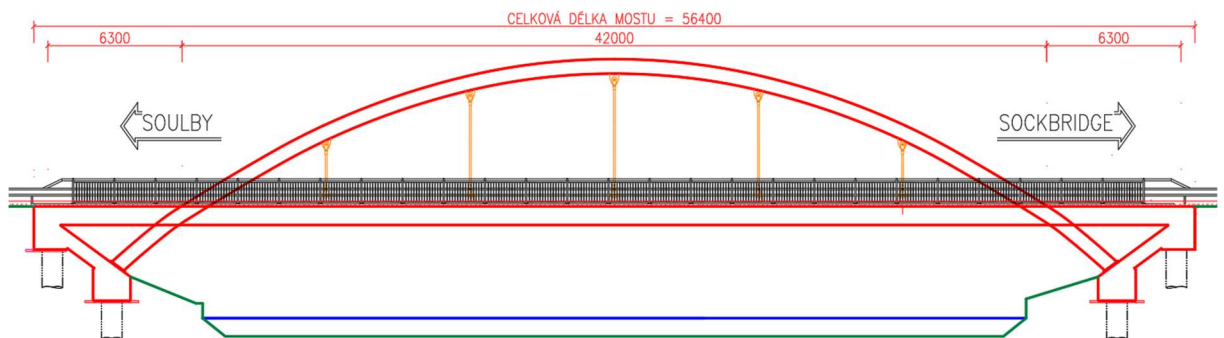
Obr. 2 - Umístění objektu

3. VARIANTY ŘEŠENÍ

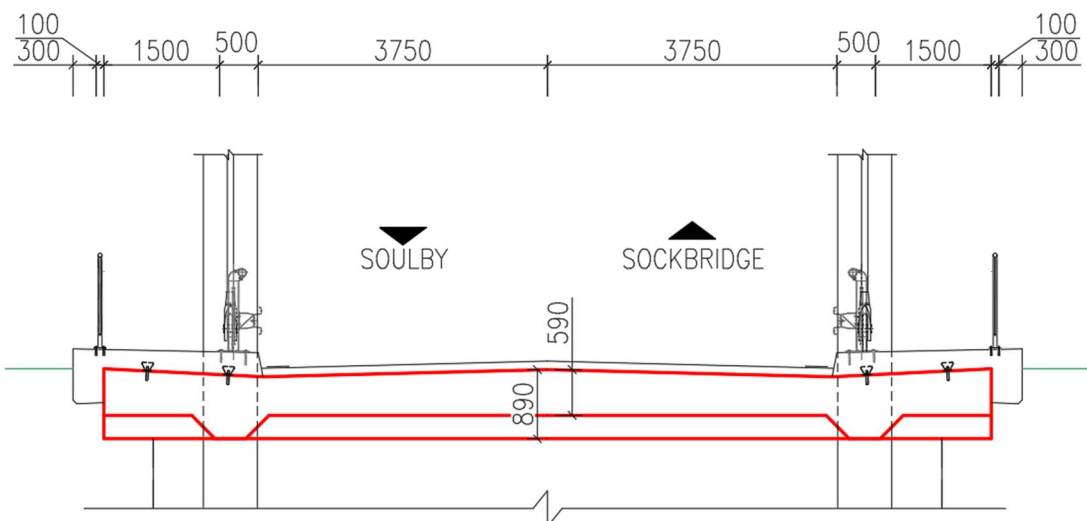
Byly zpracovány dvě varianty řešení, které se liší statickou funkcí hlavní nosné konstrukce. U obou variant byl kladen důraz na to, aby konstrukce byla navržena nad mostovkou.

3.1. Varianta A

První varianta je navržena jako obloukový most s mezilehlou mostovkou. Mostovka je navržena jako předpjatý betonový pás, zatímco oblouk je navržen jako ocelový a pomocí konstrukčních táhel závěšuje mostovku. Jedná se o samokotvený systém. Celková šířka mostu je 11,50 m, na každé straně se nachází chodník šířky 1,50 m. Konstrukce se skládá z krajních polí délky 6,30 m a jednoho středního pole o rozpětí 42,00 m. Celková délka mostu je 56,40 m. Odvodnění je zajištěno příčným střešovitým sklonem 2,5 %.



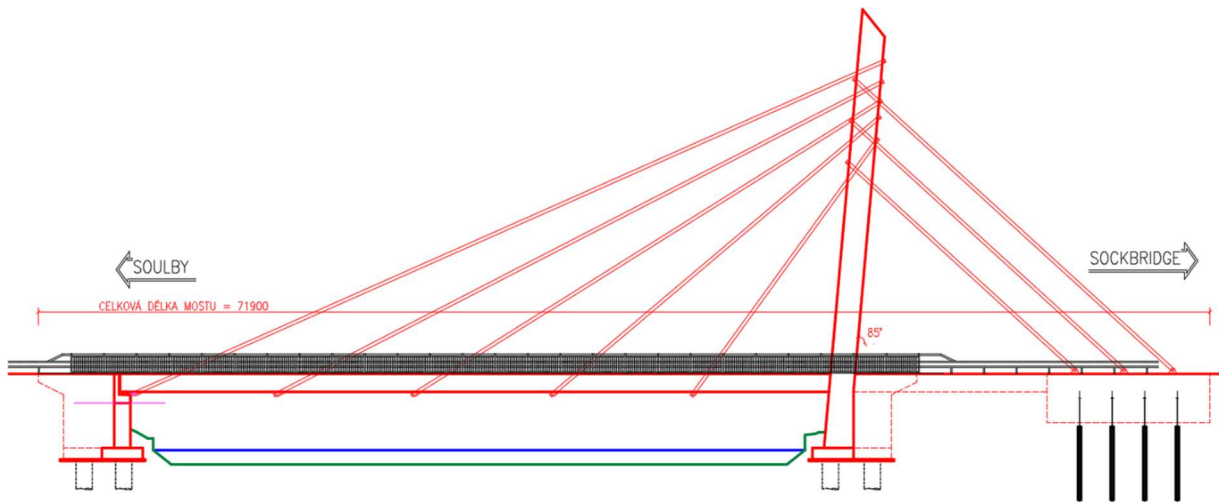
Obr. 3 - Varianta A - Podélný řez



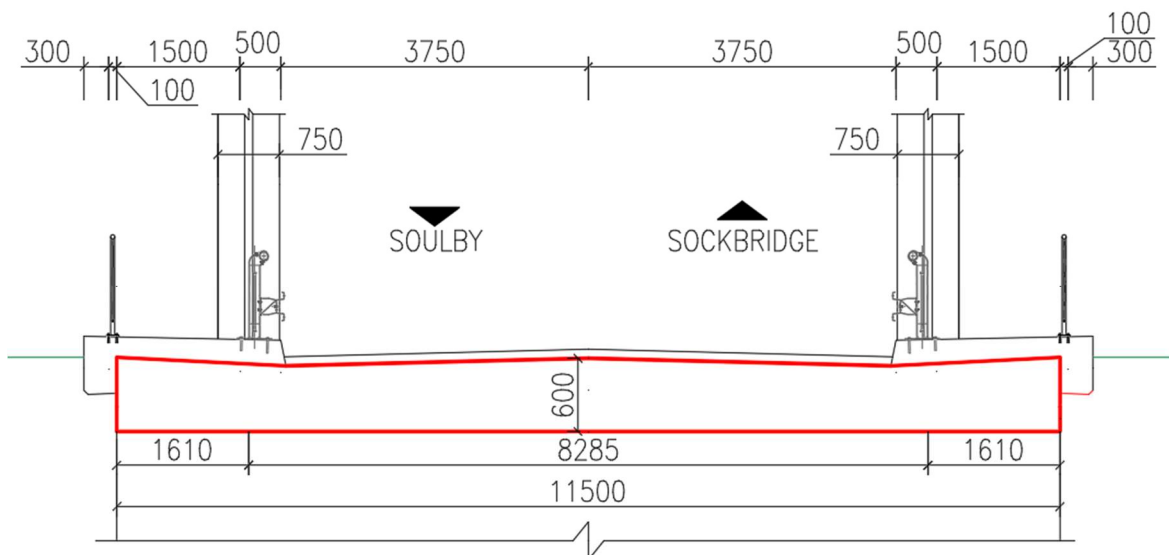
Obr. 4 - Varianta A - Příčný řez

3.2. Varianta B

Druhá zpracovaná varianta je konstrukce zavěšená. Mostovka je navržena jako dodatečně předpjatá a je podpírána kabely, které jsou kotveny v mostovce, pylonu a kotevním bloku. Pylon je navržen jako ocelobetonový čtvercový průřez. Závěsy v hlavním poli mají poloharfovité uspořádání a kotevní závěsy mají harfovité uspořádání. Celková šířka mostu je 11,50 m, na každé straně se nachází chodník šířky 1,50 m. Celková délka mostu je 71,90 m. Odvodnění je zajištěno příčným střešovitým sklonem 2,5 %.



Obr. 5 - Varianta B - Podélný řez



Obr. 6 - Varianta B - Příčný řez

3.3. Zhodnocení variant

Obě navržené varianty konstrukce splňují požadavek na přemostění řeky Eamont. Při zhodnocení vhodnosti jednotlivých řešení byly zohledněny jak technické, tak architektonické a ekonomické faktory.

První varianta vyniká zajímavým konstrukčním řešením s obloukem a mezilehlou mostovkou, které působí esteticky vyváženě a nenarušuje charakter okolní krajiny. Díky samokotvenému systému jsou navíc výrazně nižší nároky na založení.

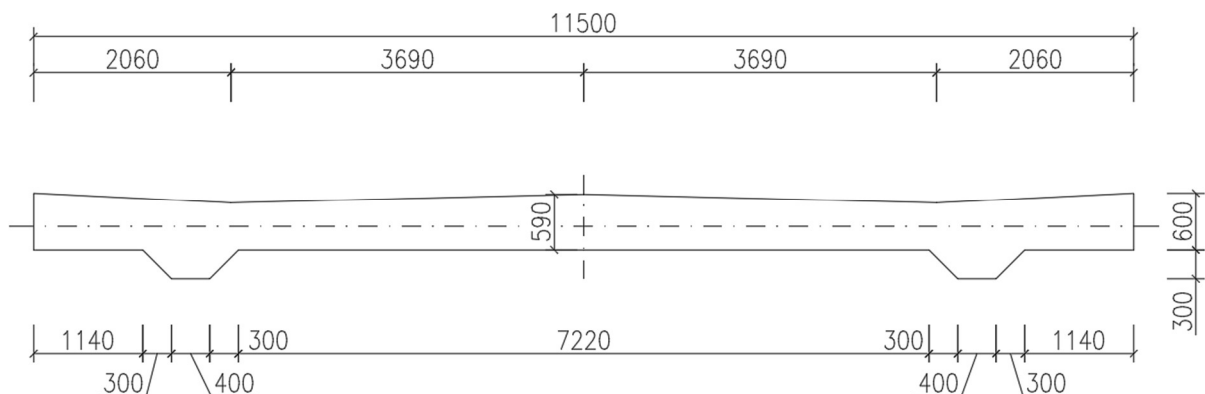
Druhá varianta umožňuje větší volný prostor pod mostem než varianta A, avšak vzhledem k nutnosti použití kotevních závěsů dochází k výraznému prodloužení celkové délky mostu. Výrazným negativem této varianty je také značná výška pylonu, která působí rušivě v kontextu okolního prostředí a historického rázu oblasti.

Za rozhodující faktory byly nakonec zvoleny celková délka mostu, prostorová náročnost a estetický vzhled konstrukce ve vztahu k okolní krajině. Z těchto důvodů byla jako vhodnější zvolena varianta A.

4. GEOMETRIE KONSTRUKCE

Mostovka

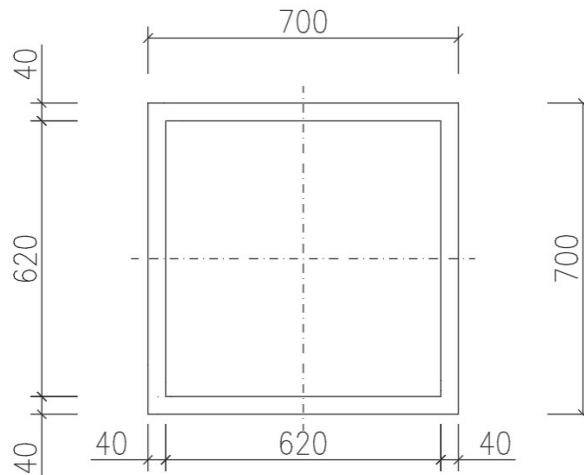
Mostovka je tvořena dvoutrámovým průřezem z betonu třídy C40/50. Příčný sklon je navržen jako střešovitý s hodnotou 2,5 %, v oblasti říms je pak sklon obrácený a dosahuje 4 %.



Obr. 7 - Příčný řez mostovkou

Oblouk

V místě trámů je umístěn ocelový oblouk, který je tvořen dutým čtvercovým průřezem o hraně 700 mm a tloušťce stěny 40 mm. Profil je navržen z oceli třídy S355. Ve vzdálenosti 7,0 m od sebe jsou rozmístěna konstrukční táhla typu Macalloy S520 – M85



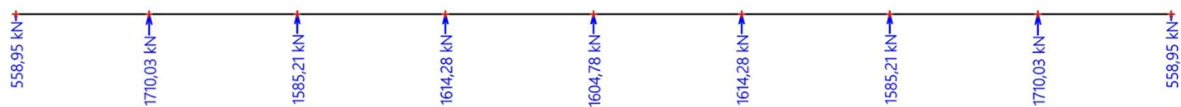
Obr. 8 - Řez obloukem

5. STANOVENÍ TVARU OBLOUKU

Při návrhu tvaru oblouku bylo vycházeno z předpokladu, že výsledný oblouk bude namáhán pouze tlakem, byla snaha o co největší omezení ohybových momentů.

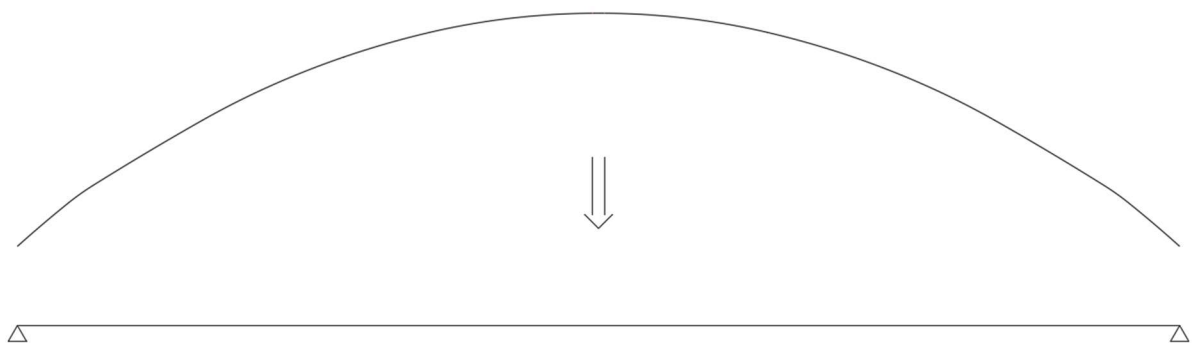
Nejprve byly stanoveny hodnoty podporových reakcí v místech zavěšení od stálého zatížení.

Tyto reakce byly následně přepočítány na jeden oblouk.

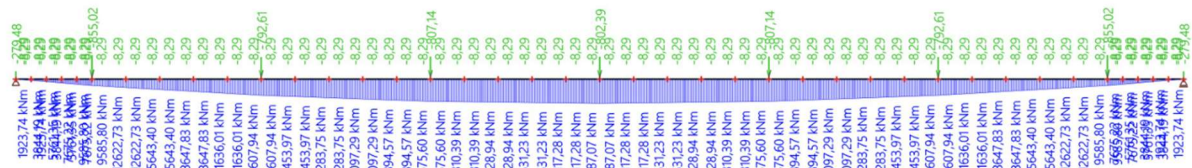


Obr. 9 - Reakce od stálého zatížení

Dále těmito reakcemi a vlastní tíhou oblouku byl zatížen idealizovaný oblouk a zjištěn průběh ohybových momentů.



Obr. 10 - Idealizace oblouku



Obr. 11 - Průběh ohybového momentu na idealizovaném oblouku

Následně byla hledaná taková střednice oblouku, která bude afinní vůči průběhu ohybového momentu, to by splňovalo původní předpoklad, že oblouk bude namáhán pouze tlakem.

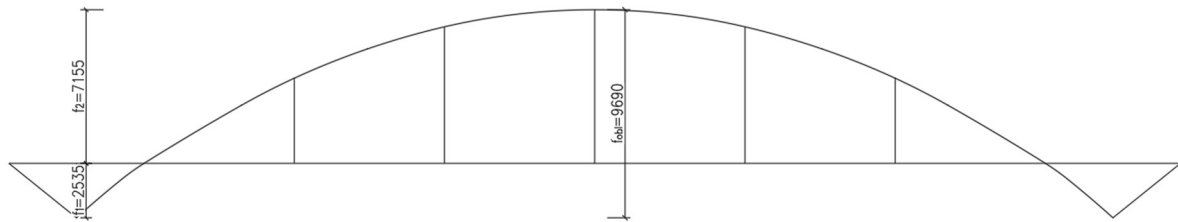
Pro výpočet souřadnic jednotlivých bodů střednice bylo nutné zvolit vzepětí oblouku, které bylo předem určeno jako $f=9,69$ m

Vzorec použit pro dopočítání výšek v místě závěsů: $z_i = (f/M_{\max}) \cdot M_x$

L [m]	z_i	M(x) [kNm]
0,00	0,000	0,00
0,63	0,508	1923,74
1,26	1,015	3844,19
1,89	1,522	5761,35
2,52	2,027	7675,22
3,15	2,532	9585,80
4,55	3,334	12622,73
5,95	4,132	15643,40
7,35	4,925	18647,83
8,75	5,715	21636,01
10,15	6,500	24607,94
11,55	6,987	26453,97
12,95	7,470	28283,75
14,35	7,949	30097,29
15,75	8,424	31894,57
17,15	8,895	33675,60
18,55	9,062	34310,39
19,95	9,226	34928,94
21,35	9,385	35531,23
22,75	9,540	36117,28
24,15	9,690	36687,07

Tab. 1 - Výšky oblouku

Výpočet proběhl pro body zavěšení a další čtyři mezilehlé body mezi každým zavěšením, celkově je tedy oblouk rozdělen na 41 bodů (40 přímých úseků).



Obr. 12 - Výsledný tvar oblouku

6. VÝPOČETNÍ MODEL

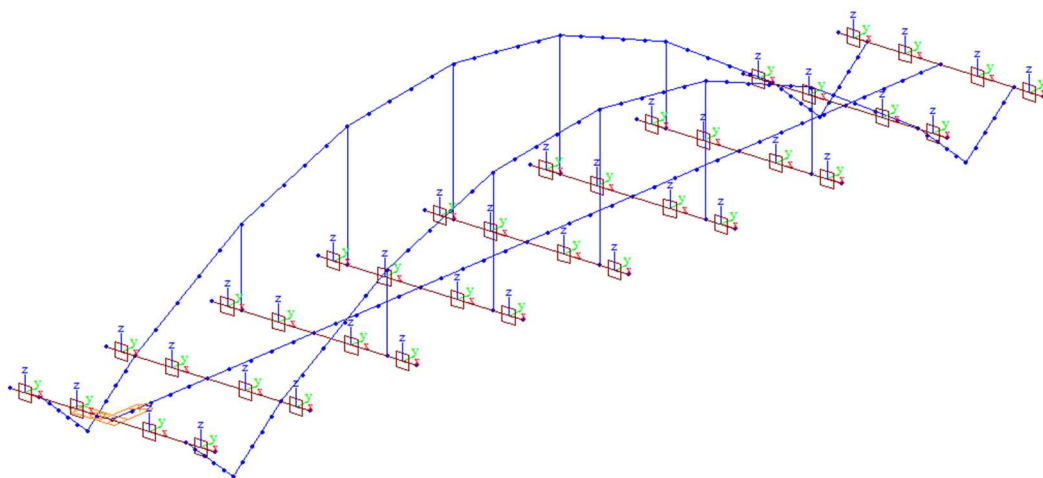
Konstrukce byla modelována v podélném směru jako prutový model a v příčném směru musel být vytvořen deskový model.

6.1. Podélný směr

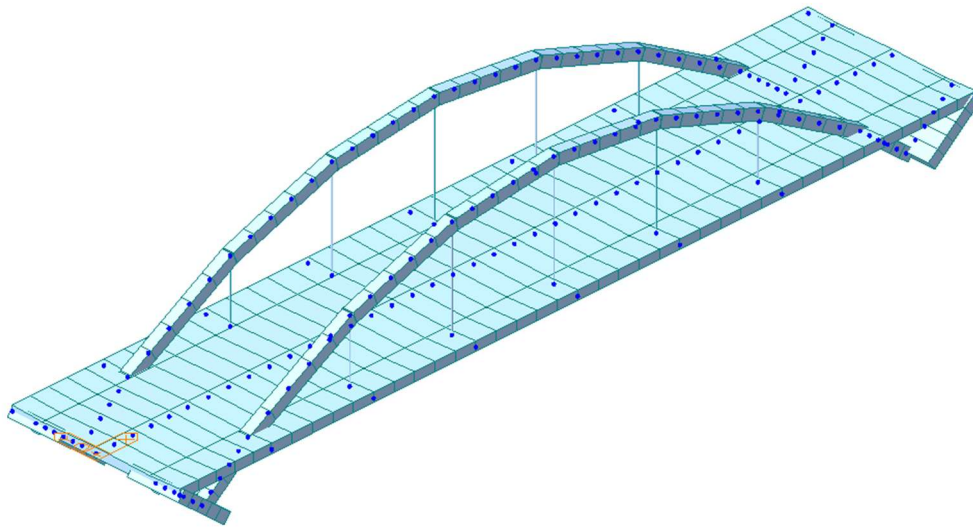
Pro vytvoření prutového modelu byl zvolen výpočtový program MIDAS Civil 2025.

Všechny prvky konstrukce, s výjimkou závěsů, byly modelovány jako prvky typu general beam. Závěsy byly vytvořeny pomocí prvků truss. Oblouk je rozdělen na pět prutů mezi každým místem zavěšení. Souřadnice byly počítány samostatně pro každý úsek oblouku dle ideální křivky. Přesný popis nalezení těchto bodů se nachází v kapitole 2.

Vzájemné spolupůsobení oblouku a mostovky je zajištěno pomocí elastic linků typu rigid. Jedná se o spojení, které má nekonečnou tuhost ve všech šesti stupních volnosti, slouží ke simulaci tuhé vazby mezi prvky. Na rozdíl od prvků typu general beam nemají žádnou hmotnost, a proto neovlivňují výsledky výpočtu svou vlastní tíhou.



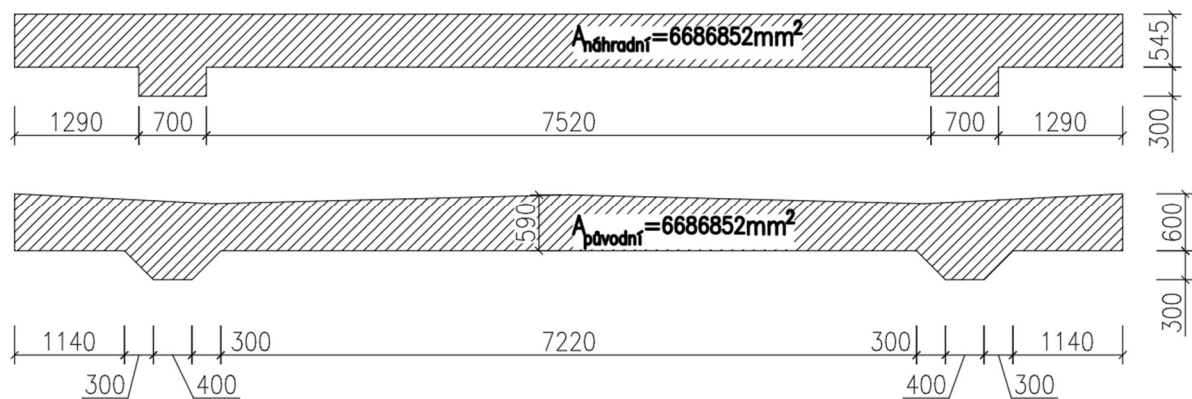
Obr. 13 - Spojení konstrukčních prvků pomocí elastic linků typu rigid



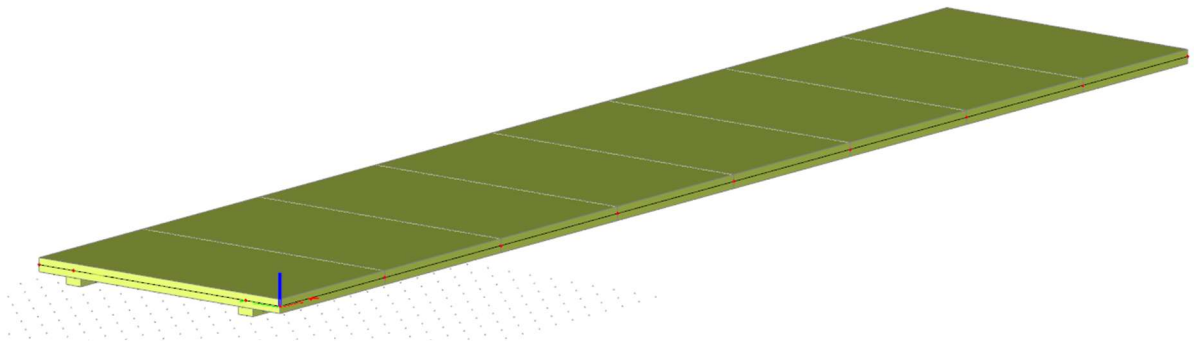
Obr. 14 - Axonometrický pohled na model

6.2. Příčný směr

Jelikož byl původní model dělán jako prutový, je nutné pro posouzení v příčném směru vytvořit deskový model. Pro vytvoření tohoto modelu jsem si vybral program SCIA Engineer 22.0 32bit. Původní průřez byl nahrazen odpovídajícím průřezem stejné plochy.

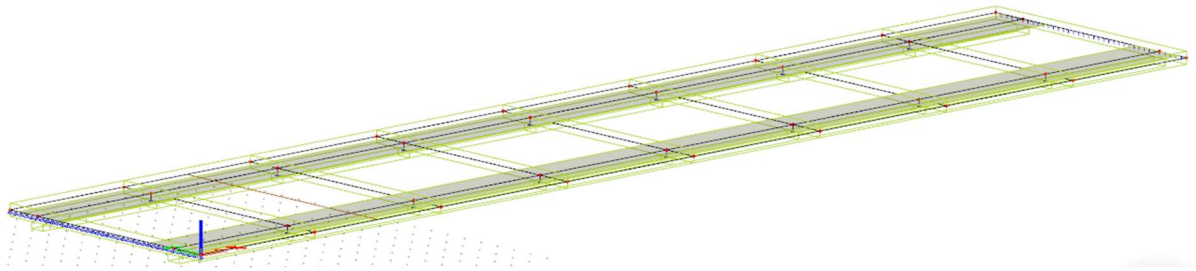


Obr. 15 - Srovnání původního průřezu a náhradního průřezu



Obr. 16 - Axonometrický pohled na model

Uložení modelu je na jednom konci mostovky řešeno liniovými podporami zabraňující pohyb ve svislém směru. Na druhém konci je zabráněno pohybu ve směru osy x a ve svislém směru. V původních místech, kde byla mostovka zavěšena, jsou vytvořeny bodové podpory zabraňující pohyb ve svislém směru.



Obr. 17 - Uložení deskového modelu

7. MATERIÁLY

Prvek	Materiál
Mostovka	Beton C40/50
	Betonářská výztuž B500B
	Předpínací výztuž Y1860 S7-15.7
Oblouk	Ocel S355
Závěsy	Macalloy S520
Vzpěry	Beton C40/50
	Betonářská výztuž B500B

Tab. 2 - Přehled použitých materiálů

8. ZATÍŽENÍ

8.1. ZS1 – Vlastní tíha

Vlastní tíha je počítaná přímo výpočtovým programem, byla uvažováno tíhové zrychlení $g=10,0 \text{ m/s}^2$

8.2. ZS2 – Ostatní stálé

Veškeré plošné ostatní stálé zatížení bylo přepočítáno na liniové spojitě zatížení.

Tíha zábradlí	$g_{\text{zábradlí}} = 2 \cdot 0.5 \text{ kNm} = 1 \text{ kN/m}$
Tíha svodidel	$g_{\text{svodidlo}} = 2 \cdot 1 \text{ kNm} = 2 \text{ kN/m}$
Tíha římsy	$g_{\text{římsa}} = 21.07 \text{ kN/m}$
Tíha izolace	$g_{\text{izolace}} = 1.38 \text{ kN/m}$
Tíha vozovky	$g_{\text{vozovka}} = 20.6 \text{ kN/m}$
Celkové ostatní stálé zatížení	$g_1 = 67.12 \text{ kN/m}$

8.3. ZS3 – Přetvoření táhel

V této části jsem se pokusil o vyrovnání mostovky pomocí závěsů tak, aby průběh ohybového momentu odpovídal průběhu momentu na spojitěm nosníku.

Jelikož software Midas Civil neumožňuje přímé zadání přetvoření jednotlivých závěsů, bylo nutné použít funkci *pretension*, která umožňuje zadat počáteční sílu v prvcích. Na základě zadané hodnoty si program dopočítal potřebné zkrácení prvku.

Návrh jednotlivých sil v závěsech probíhal iterativně podle výsledného průběhu ohybových momentů.

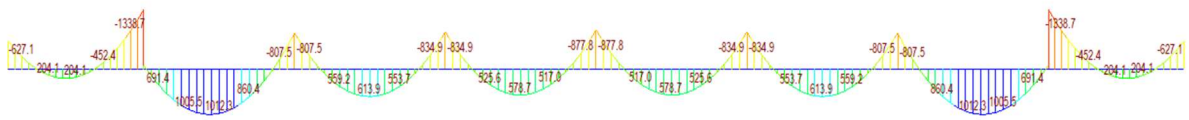
U výpočtu přetvoření vycházíme z Hookova zákona

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \rightarrow \frac{N}{A} = E \cdot \frac{\Delta L}{L} \rightarrow \Delta L = \frac{L \cdot N}{E \cdot A}$$

Závěs	Délka závěsu L [m]	Pretension [kN]	Přetvoření [mm]
1	3,964	2000	7,32
2	6,358	2000	11,75
3	7,153	2000	13,21
4	6,358	2000	11,75
5	3,964	2000	7,32

Tab. 3 - Přetvoření táhel

Výsledné přetvoření v Midas Civil odpovídá vypočtenému přetvoření

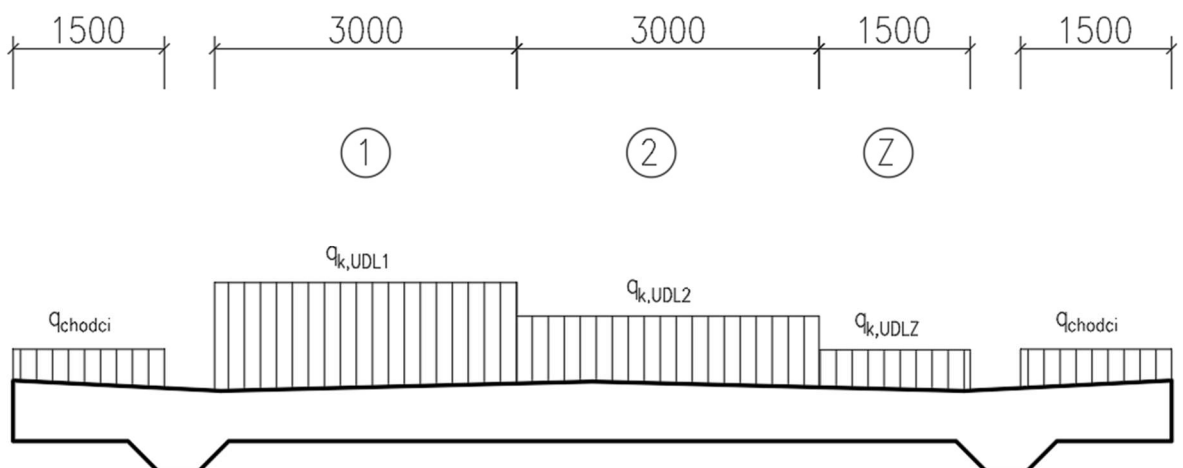


Obr. 18 - Výsledný průběh M_y po vnesení pretension

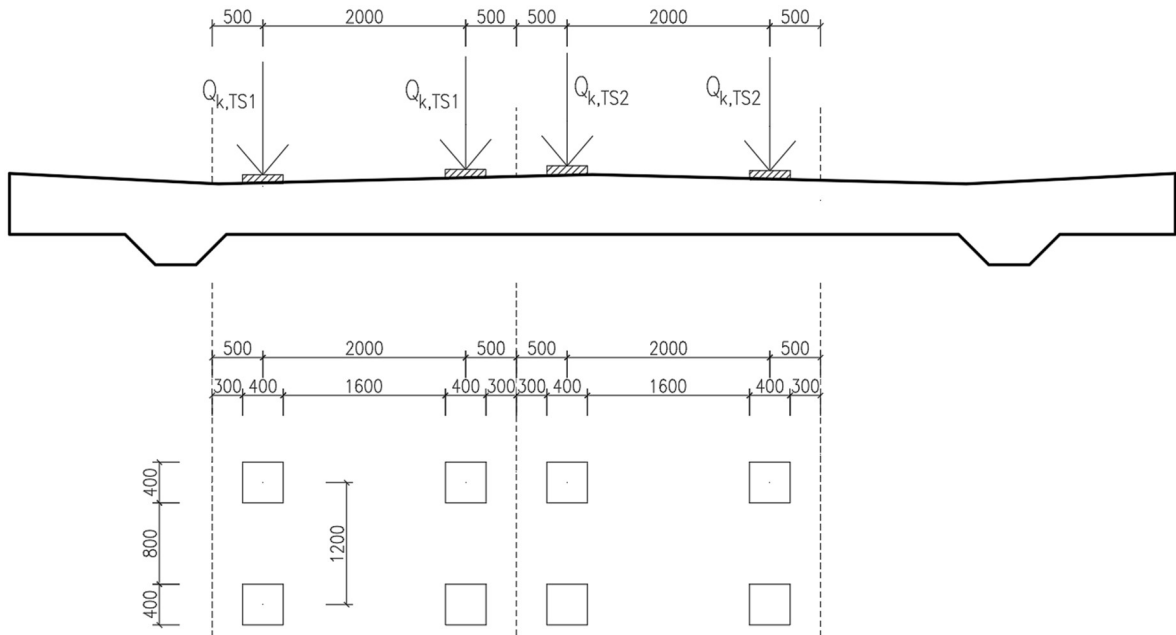
8.4. ZS4 – Proměnné zatížení

8.4.1. Sestava zatížení gr1a

Tato sestava zatížení se skládá ze soustředěného a rovnoměrného zatížení, která zahrnují většinu účinků dopravy osobními a nákladními vozidly. Dále bylo na chodnicích uvažováno rovnoměrné zatížení.



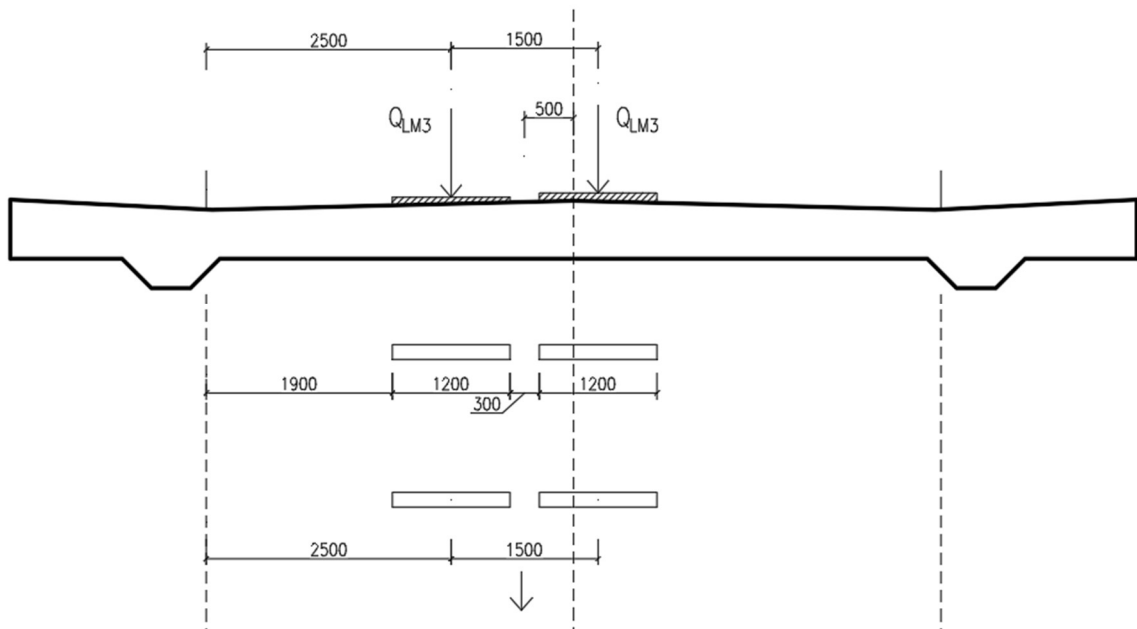
Obr. 19 - Schéma zatížení od UDL



Obr. 20 - Schéma zatížení od TS

8.4.2. Sestava zatížení gr5

V rámci této sestavy zatížení bylo uvažováno se zvláštním vozidlem silnice III. Třídy, která je zatížená šesti nápravami, kdy každá je zatížená silou 150 kN. Rozmístění je vidět na obr. 21



Obr. 21 - Schéma zatížení pro LM3

9. KOMBINACE

9.1. Hodnoty součinitelů

Zatížení	Součinitel zatížení	
	Nepříznivé	Příznivé
Stálé	$\gamma_{G,sup}=1.35$	$\gamma_{G,inf}=1.00$
Předpětí	$\gamma_{G,sup}=1.00$	$\gamma_{G,sup}=1.00$
Proměnné: Doprava	$\gamma_{Q,sup}=1.35$	$\gamma_{Q,inf}=0.00$
Redukční součinitel $\xi = 0.85$		

Tab. 4 - Dílčí součinitelé zatížení pro 6.10a a 6.10b

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Doprava – gr1a – TS	0.75	0.75	0.00
Doprava – gr1a – UDL	0.40	0.40	0.00
Doprava – gr1a – Chodci a cyklisti	0.40	0.40	0.00
Doprava – gr5 – Zvláštní vozidla	0.00	x	0.00

Tab. 5 - Kombinační součinitelé ψ

9.2. Kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti

Posouzení mezního stavu únosnosti proběhne pomocí kombinací v souladu s normou ČSN EN 1990, zejména kombinace 6.10a a 6.10b.

Kombinace 6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Kombinace 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

9.3. Kombinace zatížení pro mezní stav použitelnosti

Pro posouzení mezního stavu použitelnosti budou sestaveny kombinace charakteristické, časté a kvazistálé v souladu s normou ČSN EN 1990.

Charakteristická kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Častá kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Kvazistálá kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

10. PŘEDPĚTÍ

Návrh předpětí byl proveden pomocí jednotkové předpínací síly. Následně byl na základě různých kombinací zvyšován její násobek, aby vyhověl daným podmínkám. V našem případě je rozhodující častá kombinace.

Podmínky pro každou kombinaci:

Charakteristická kombinace $|\sigma_c^-| \leq 0.6f_{ck}$

Kvazistálá kombinace $|\sigma_c^-| \leq 0.45f_{ck}$

Častá kombinace $\sigma_c^+ \leq f_{ctm}$

V místě zavěšení se nachází kritická místa, po omezení napětí vyšla předpínací síla jako

$$P_{m,00} = 12200 \text{ kN}$$

Byly uvažovány provozní ztráty 15 % a okamžité ztráty jako 10 %

Nakonec byly navrhnuty 4 kabely po 19 lanech

11. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Jako rozhodující se ukázala sestava zatížení gr1a, proto je dále uvažována v posudcích.

11.1. Omezení napětí v betonu

Charakteristická kombinace

$$|\sigma_c^-| \leq 0.6 \cdot f_{ck}$$

Čas t_0

$$|\sigma_c^-| \leq 0.6 \cdot f_{ck}$$

$$|-3.2| \text{ MPa} \leq 24 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Čas t_{00}

$$|\sigma_c^-| \leq 0.6 \cdot f_{ck}$$

$$|-6.1| \text{ MPa} \leq 24 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Kvazistálá kombinace

$$|\sigma_c^-| \leq 0.45 \cdot f_{ck}$$

$$|-3.1| \text{ MPa} \leq 18 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Častá kombinace

$$\sigma_c^+ \leq f_{ctm}$$

$$3.1 \text{ MPa} \leq 3.5 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

11.2. Omezení napětí v předpínací výztuži

$$\sigma_{pmo} \leq 0.75 \cdot f_{pk}$$

$$1354.65 \text{ MPa} \leq 1395 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

11.3. Omezení napětí v táhlech

$$\sigma \leq 0.45 \cdot f_{yk}$$

$$215.7 \text{ MPa} \leq 234 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

11.4. Průhyb

11.4.1. Krátkodobý průhyb

$$w_{L1,max} = \frac{L_1}{600} = \frac{6300}{600} = 10.5 \text{ mm}$$

$$w \leq w_{L1,max}$$

$$1.2 \text{ mm} \leq 10.5 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$w_{L2,max} = \frac{L_1}{600} = \frac{42000}{600} = 70 \text{ mm}$$

$$w \leq w_{L2,max}$$

$$16.1 \text{ mm} \leq 70 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

11.4.2. Dlouhodobý průhyb

$$w_{L1,max} = \frac{L_1}{600} = \frac{6300}{600} = 10.5 \text{ mm}$$

$$w \leq w_{L1,max}$$

$$4.5 \text{ mm} \leq 10.5 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$w_{L2,max} = \frac{L_1}{600} = \frac{42000}{600} = 70 \text{ mm}$$

$$w \leq w_{L2,max}$$

$$29.7 \text{ mm} \leq 70 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

12. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Jako rozhodující se ukázala sestava zatížení gr1a, proto je dále uvažována v posudcích.

12.1. Podélný směr

12.1.1. Ohyb

Řez A

$$M_{Rd} \geq |M_{Ed}|$$

$$4575.24 \text{ kNm} \geq |-4382.2| \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Řez B

$$M_{Rd} \geq |M_{Ed}|$$

$$5408.64 \text{ kNm} \geq 5177.5 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

12.1.2. Smyk

Oblast s trhlinami

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed}$$

$$2512.25 \text{ kN} \geq 2453.8 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Oblast bez trhlin

$$V_{Rd,c} \geq V_{Ed}$$

$$5451.46 \text{ kN} \geq 2006.1 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

12.2. Příčný směr

12.2.1. Ohyb

Horní příčná výztuž

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$609.85 \text{ kNm} \leq 748.96 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Dolní příčná výztuž

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$386.79 \text{ kNm} \leq 527.69 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

12.2.2. Smyk

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed}$$

$$1185.95 \text{ kN} \geq 954.68 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

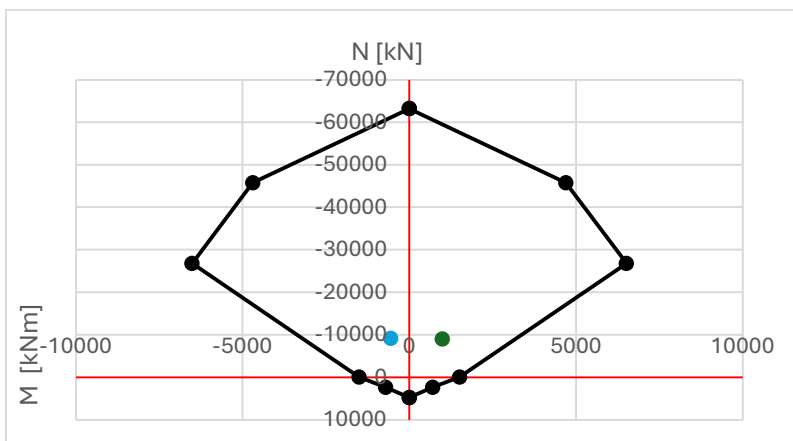
12.3. Posouzení závěsů

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$$2449 \text{ kN} \geq 1669.8 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

12.4. Posouzení vzpěr



Zelený bod představuje maximální kladný moment a modrý bod vyjadřuje maximální záporný moment. V obou případech průřez vyhovuje.

12.5. Posouzení oblouku

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rk,y}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{Ed,z}}{M_{Rk,z}} = 0.824 \leq 1.00$$

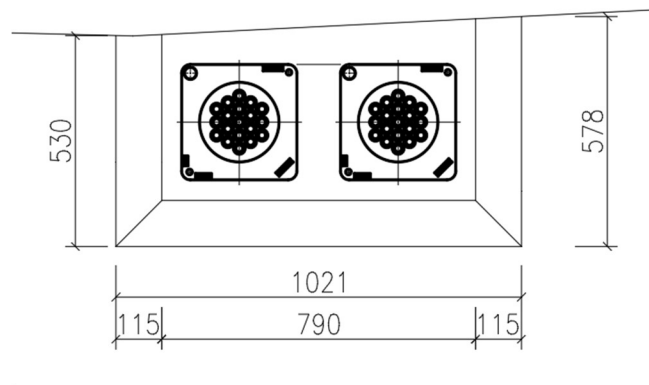
VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rk,y}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{Ed,z}}{M_{Rk,z}} = 0.647 \leq 1.00$$

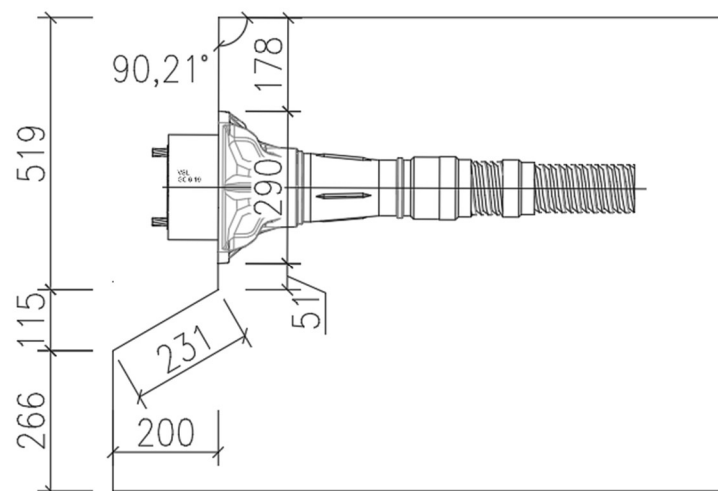
VYHOVUJE

13. KOTEVNÍ OBLAST

V této konstrukci byly využity kotvy VSL GC 6-19. Jedná se o aktivní systém kotvení.



Obr. 22 - Přední pohled na kotevní oblast



Obr. 23 - Boční pohled na kotevní oblast

13.1. Soustředěný tlak pod kotvou

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

$$2784 \text{ kN} \geq 3990 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE

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

$$6055.2 \text{ kN} \geq 3990 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost kotvy garantuje výrobce

13.2. Lokální oblast pod kotvou

$$\frac{c}{a} = 1.41 \leq 1.25 \cdot \sqrt{\frac{cc'}{a \cdot a'}} = 1.76$$

VYHOVUJE

$$F_{Rd} \geq T_{bu}$$

$$703.72 \text{ kN} \geq 345.64 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

13.3. Posouzení povrchu čela

$$F_{sd} \leq A_{sd} \cdot \sigma_{sd}$$

$$143.64 \leq 157.08$$

VYHOVUJE

13.4. Celková kotevní oblast

$$A_{s\Sigma} \geq A_{s\Sigma,req}$$

$$11309.7 \text{ mm}^2 \geq 9576 \text{ mm}^2$$

VYHOVUJE

14. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat dvě až tři studie přemostění řeky Eamont. Pro zvolenou variantu, ve formě samokotvené obloukové konstrukce s mezilehlou mostovkou, byly vytvořeny dva výpočetní modely.

Pro posouzení silničního mostu v podélném směru byl vytvořen prutový model ve výpočetním programu MIDAS Civil 2025. Pro posouzení konstrukce v příčném směru byl využit program SCIA Engineer 22.0 (32bit).

Ve statickém výpočtu byla konstrukce posouzena podle mezních stavů únosnosti a použitelnosti, přičemž ve všech posudcích vyhověla.

Na závěr práce byla zpracována vizualizace konstrukce.

15. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Seznam použitých norem

- [1] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: část 2: Zatížení mostů dopravou = Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges. Praha: Český normalizační institut, [2005].
- [3] ČSN EN 1990. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [4] ČSN 73 6201 (736201) A Projektování mostních objektů. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [5] ČSN 73 6214 (736214) A Navrhování betonových mostních konstrukcí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [6] ČSN EN 1992-1-1. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [7] ČSN EN 1992-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí: Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [8] Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí: ČSN EN 1993-2. Část 2, Ocelové mosty. Česká technická norma. Praha: Český normalizační institut, 2008.

Seznam použité literatury

- [8] LANÍKOVÁ, Ivana, PANÁČEK, Josef, ŠIMŮNEK, Petr, ŠTĚPÁNEK, Petr, TERZIJSKI, Ivailo. 2017. BL01 Prvky betonových konstrukcí. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2017.
- [9] NEČAS, Radim, Jan KOLÁČEK a Josef PANÁČEK. BL12 - Betonové mosty I: zásady navrhování. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014. Studijní opory pro studijní programy s prezenční formou studia. ISBN 978-80-214-4979-4.

Seznam internetových zdrojů

- [15] MCCALLS SPECIAL PRODUCTS LTD. *Macalloy Tension Rod Systems*. Online. 2019. Dostupné z: macalloy.com.
- [16] VSL SYSTÉMY /CZ/, S.R.O. *VSL Strand post-tensioning systems*. Online. 2019. Dostupné z: vsl.cz.

16. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Podélný řez terénem	1
Obr. 2 - Umístění objektu	1
Obr. 3 - Varianta A - Podélný řez	2
Obr. 4 - Varianta A - Příčný řez	2
Obr. 5 - Varianta B - Podélný řez	3
Obr. 6 - Varianta B - Příčný řez	3
Obr. 7 - Příčný řez mostovkou	4
Obr. 8 - Řez obloukem	5
Obr. 9 - Reakce od stálého zatížení	5
Obr. 10 - Idealizace oblouku	5
Obr. 11 - Průběh ohybového momentu na idealizovaném oblouku	6
Obr. 12 - Výsledný tvar oblouku	7
Obr. 13 - Spojení konstrukčních prvků pomocí elastic linků typu rigid	7
Obr. 14 - Axonometrický pohled na model	8
Obr. 15 - Srovnání původního průřezu a náhradního průřezu	8
Obr. 16 - Axonometrický pohled na model	9
Obr. 17 - Uložení deskového modelu	9
Obr. 18 - Výsledný průběh M_y po vnesení pretension	11
Obr. 19 - Schéma zatížení od UDL	11
Obr. 20 - Schéma zatížení od TS	12
Obr. 21 - Schéma zatížení pro LM3	12
Obr. 22 - Přední pohled na kotevní oblast	19
Obr. 23 - Boční pohled na kotevní oblast	19

17. SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Výšky oblouku.....	6
Tab. 2 - Přehled použitých materiálů	9
Tab. 3 - Přetvoření táhel.....	11
Tab. 4 - Dílčí součinitelé zatížení pro 6.10a a 6.10b	13
Tab. 5 - Kombinační součinitelé Ψ	13

18. SEZNAM PŘÍLOH

P1. POUŽITÉ PODKLADY A VARIANTY ŘEŠENÍ

P1.1 PODKLADY	1:200
P1.2 VARIANTA A	1:100, 1:200
P1.3 VARIANTA B	1:100, 1:200
P1.4 VIZUALIZACE	

P2. PŘEHLEDNÉ A PODROBNÉ VÝKRESY ZVOLENÉHO NÁVRHU MOSTU

P2.1 SITUACE	1:100
P2.2 PODÉLNÝ ŘEZ B – B´	1:100
P2.3 PŘÍČNÝ ŘEZ A – A´	1:50
P2.4 VÝKRES BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE	1:20
P2.5 VÝKRES PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE	1:20, 1:50
P2.6 DETAIL PROVLÍKNUTÍ KABELŮ OBLOUKEM	1:20

P3. STATICKÝ VÝPOČET