



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

ŽELEZNIČNÍ OBLOUKOVÝ MOST
RAILWAY ARCH CONCRETE BRIDGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Jan Škrabal

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN KOLÁČEK, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jan Škrabal
Název	Železniční obloukový most
Vedoucí práce	Ing. Jan Koláček, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry.

Základní normy:

ČSN 736201: Projektování mostních objektů.

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.

ČSN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadaný problém navrhnete dvě až tři varianty řešení a zhodnotíte je. Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu provedete včetně zohlednění vlivu výstavby mostu na jeho návrh. Nosnou konstrukci můžete zkrátit na konci a případně i na začátku mostu. S ohledem na velký poloměr směrového oblouku můžete most napřímit. Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a varianty řešení

P2. Výkresy - přehledné, podrobné a detaily (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce).

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Diplomová práce bude odevzdána pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

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

Ing. Jan Koláček, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je návrh železničního mostu na základě podkladů od vedoucího práce. Pro posouzení je vybrána varianta obloukového mostu s předpjatým nosníkem – Langrův trám. Práce se věnuje zejména posouzení předpjatého nosníku a základnímu posouzení ocelového oblouku a táhel. Konstrukce je posouzena i z hlediska dynamiky. Příloha obsahuje statický výpočet, výkresy variant řešení a podrobnější výkresy vybrané varianty včetně schématu výstavby a vizualizaci.

Výpočtové modely byly zpracovány v programu Midas Civil 2020, výstupy a grafické znázornění bylo provedeno Autocadu a MS Excel, dále bylo využito programů Lumion a IdeaStatica.

KLÍČOVÁ SLOVA

železniční obloukový most, Langrův trám, předpětí, předpjatý nosník, fáze výstavby, mezní stav použitelnosti, mezní stav únosnosti

ABSTRACT

The subject of this diploma thesis is the structural design of a railway bridge over river Dyje based on materials given by my supervisor. The tied arch bridge with prestressed concrete girder is chosen for the structural check. The structural assesment is focused on prestressed concrete girder and basic calculations are made to check steel arch and hangers as well. Eigenvalue analysis provides dynamic properties of this structure. Appendices contain Structural design report, drawings including Construction stages scheme and visualization.

For structural analysis Midas Civil software was used. Other used softwares for visualization, and outputs etc are: Lumion12, IdeaStatica, Microsoft excel and Autocad

KEYWORDS

railway arch bridge, tied arch bridge, prestression, prestressed girder, construction stages, serviceability limit states, ultimate limit states

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Jan Škrabal *Železniční obloukový most*. Brno, 2022. 19 s. 206 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Kolářek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Železniční obloukový most* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Jan Škrabal
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Železniční obloukový most* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Jan Škrabal
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu své diplomové práce Ing. Janu Kolářkovi Ph.D. za vstřícný přístup a cenné rady, které mi byli přínosem. Dále děkuji celé své rodině za podporu po celou dobu studia

OBSAH

1. ÚVOD	- 2 -
1.1. PODKLADY	- 2 -
2. VARIANTY ŘEŠENÍ	- 4 -
2.1 VARIANTA A	- 5 -
2.2 VARIANTA B	- 6 -
2.3 VARIANTA C	- 7 -
2.4 ZHODNOCENÍ VARIANT	- 9 -
3. KONSTRUKČNÍ A STATICKÉ ŘEŠENÍ	- 10 -
3.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY:	- 10 -
3.2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O OBJEKTU:	- 10 -
3.3 SPODNÍ STAVBA	- 10 -
3.4 ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK	- 10 -
3.5 MOSTNÍ ZÁVĚR	- 11 -
3.6 LOŽISKA	- 11 -
3.7 KONSTRUKČNÍ PRVKY	- 12 -
3.8 VÝPOČTOVÉ MODELY	- 14 -
4. ZÁVĚR	- 16 -
5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	- 17 -
5.1 LITERATURA	- 17 -
5.2 NORMY	- 17 -
5.3 INTERNET	- 18 -
5.4 OSTATNÍ	- 18 -
6. SEZNAM PŘÍLOH	- 19 -

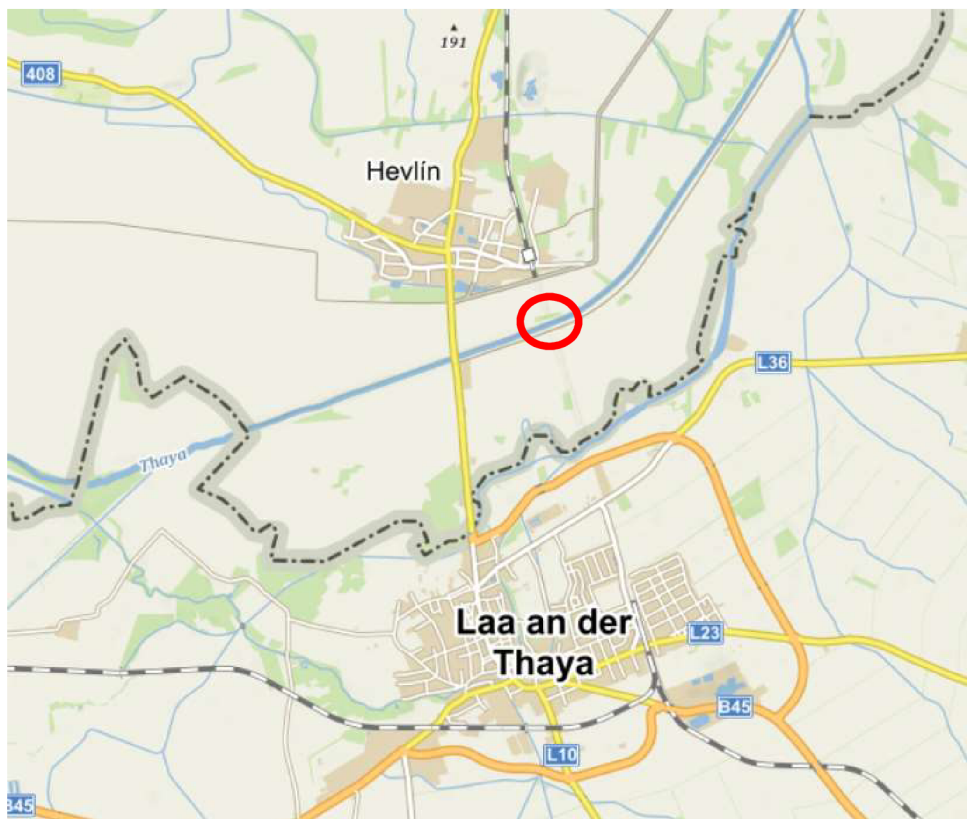
1. ÚVOD

Cílem diplomové práce je navrhnout přemostění přes řeku Dyji na dříve provozované železniční trati mezi rakouskou obcí Laa an der Thaya a českým Hevlínem. Těleso trati bylo v tomto úseku vybudováno pro dvojkolejnou trať v násypu vysokém cca 4-6 m z důvodu nutnosti překonat inundační území řeky Dyje, avšak trať byla po celou dobu užívání provozována jako jednokolejná. Tento návrh nahrazuje dnes již neexistující most o dvou otvorech s rozpětím 45 a 20 m v km 85,179, který překonával tok řeky Dyje.

Jsou vypracovány 3 varianty přemostění o 1 poli. Návrhy mají reflektovat kritérium, aby spodní stavba nezasahovala do průtočného profilu a aby volná výška pod mostem odpovídala návrhovému průtoku řeky Dyje. Jednotlivé varianty jsou zhodnoceny a vybraná varianta je následně posouzena z hlediska mezních stavů únosnosti a použitelnosti.

1.1. PODKLADY

Podkladem pro vypracování je průvodní zpráva ze studie "Zprovoznění železniční trati Hevlín - Laa an der Thaya", přehledná situace, mapové podklady a fotografie. Průběh terénu byl odhadnut pomocí internetové aplikace analýzy výškopisu Geoportálu ČUZK.



Obrázek 1: Lokalita předmětné stavby



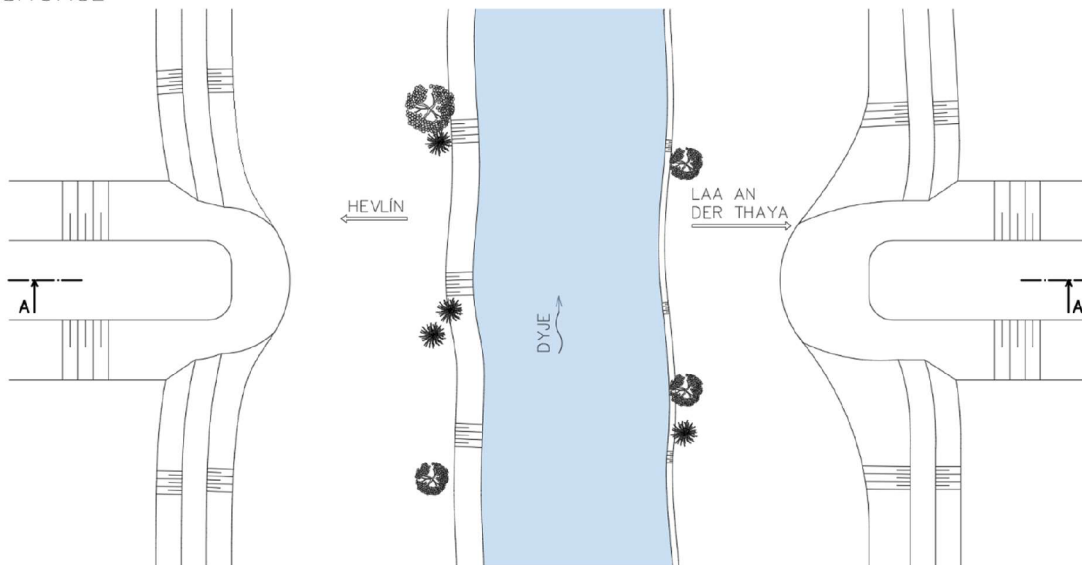
Obrázek 2: ortofotomapa – pozůstatek původních opěr a podpěry



Obrázek 3: Pohled z původní levobřežní opěry

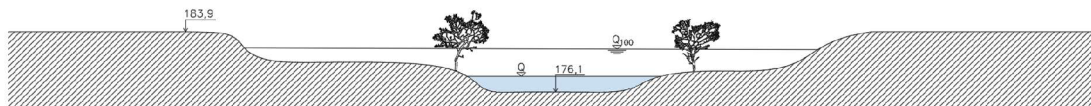
Předpokládá se následující situace a příčný řez v teoretické ose mostu, jedná se o přibližný odhad terénu, nikoliv o skutečný stav.

SITUACE



Obrázek 4: situace

ŘEZ A-A'



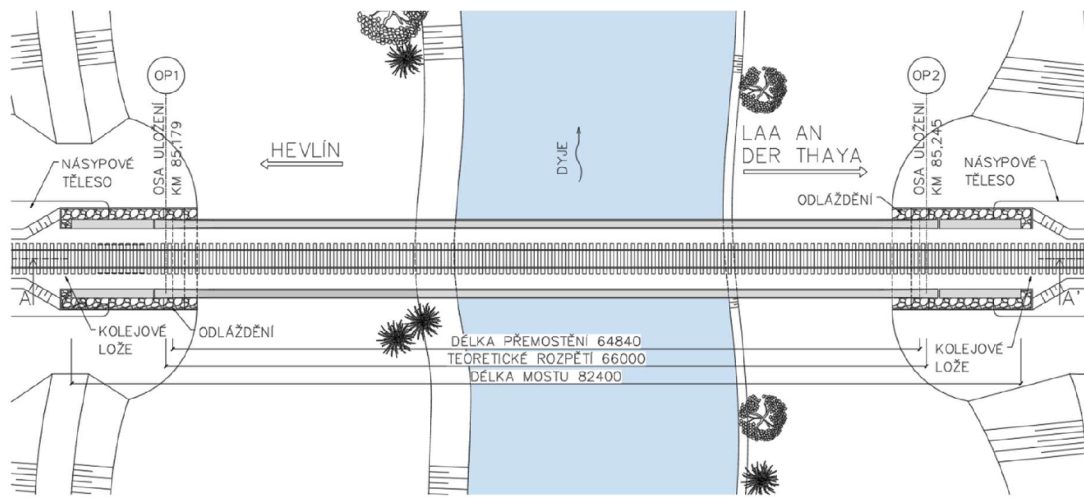
Obrázek 5: Podélný řez

2. VARIANTY ŘEŠENÍ

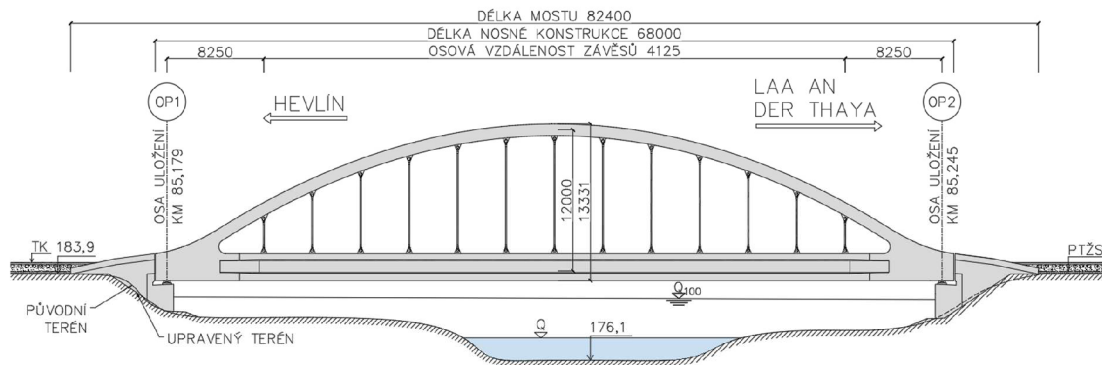
Všechny varianty jsou navrženy jako prostě uložené nosníky s teoretickým rozpětím 66,00 m. Je uvažováno s traťovou rychlostí do 120 km/h. Šířkové uspořádání je tedy určeno volným mostním průřezem VMP 2,5.

2.1 VARIANTA A

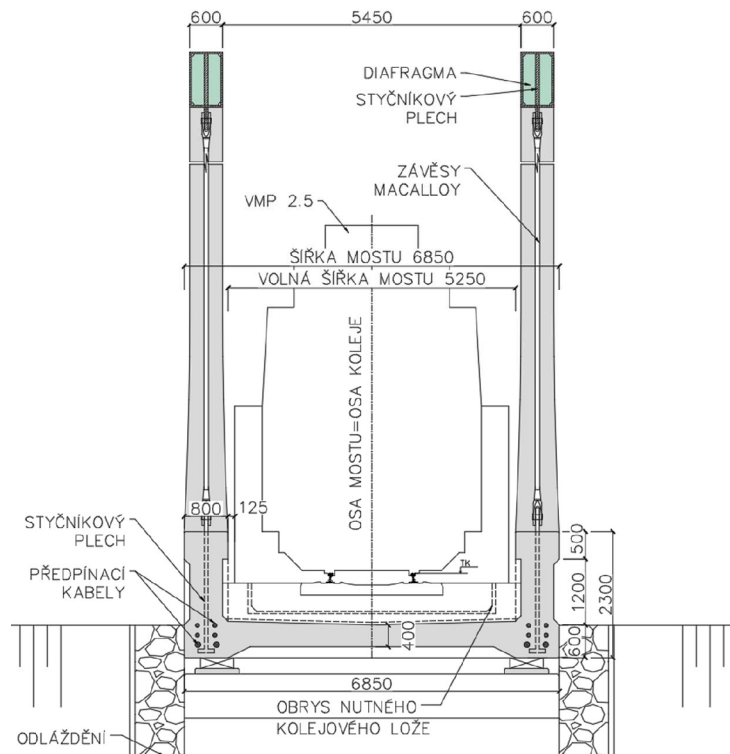
Je navržena jako Langrův trám s betonovou mostovkou a ocelovými oblouky. Mostovku tvoří předpjatý parapetní nosník výšky 2,3 m, který je vynášen ocelovými táhly s osovou vzdáleností závěsů 4,125 m. Oblouk je tvořen parabolou 2° se vzepětím 12 m. Nezbytnou podmínkou pro fungování konstrukce je návrh předpětí. To má být voleno tak, aby zajistilo dostatečnou tlakovou rezervu proti tahovému napětí od působících zatížení po celou dobu životnosti konstrukce.



Obrázek 6: varianta A - půdorys



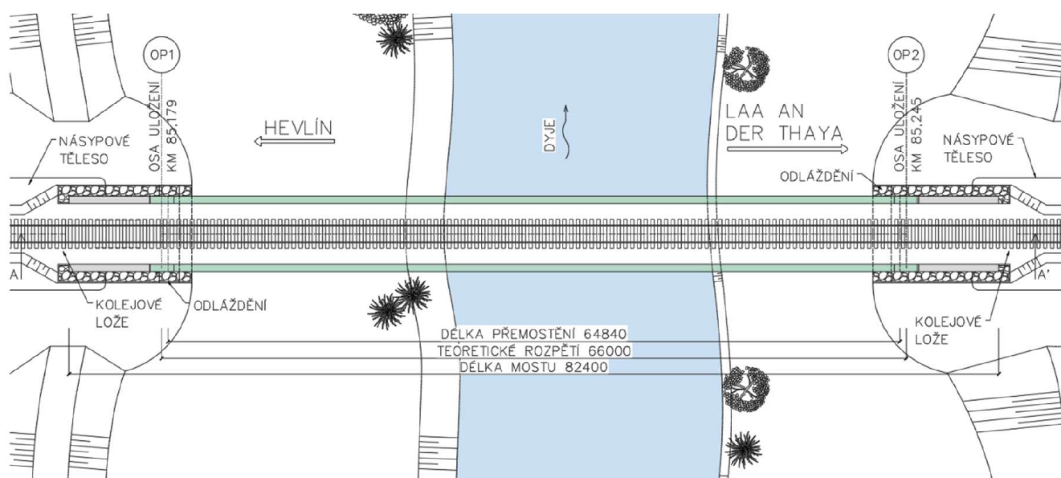
Obrázek 7: varianta A - pohled



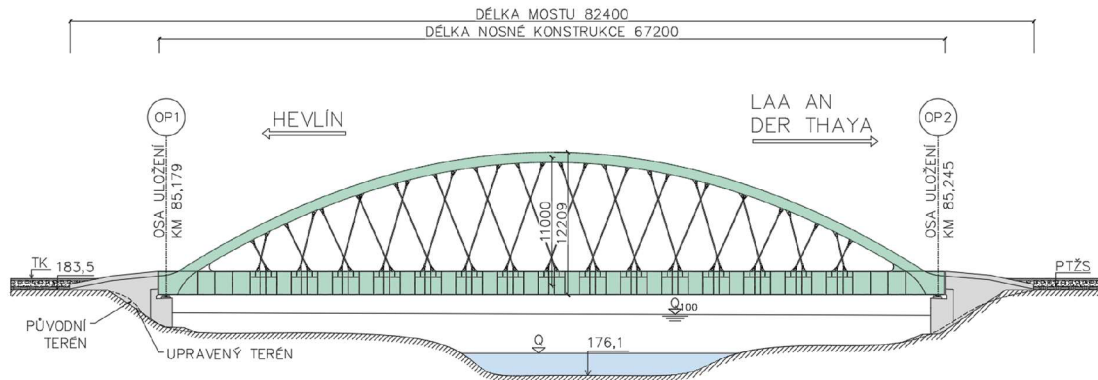
Obrázek 8: Varianta A - příčný řez

2.2 VARIANTA B

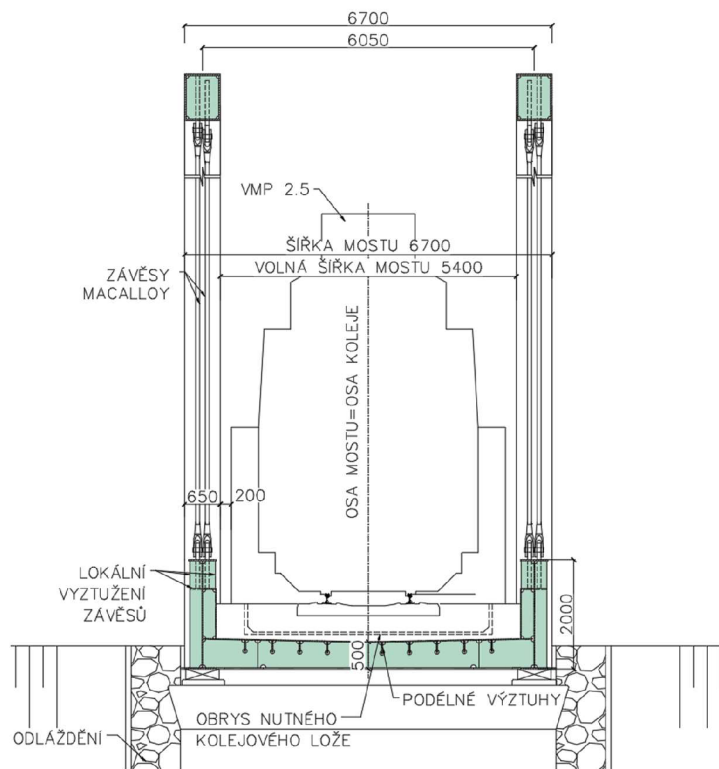
Návrh je z hlediska statického působení identický s variantou A, rozdíl je v použití materiálu – zde výhradně oceli. Mostovku tvoří plnostěnné hlavní nosníky s příčnými a mostkovým plechem s podélnými výztuhami. Zde je oblouk navržen nikoliv se svislými závěsy, ale jako tzv. síťovaný oblouk se vzepětím 11m.



Obrázek 9: varianta B - půdorys



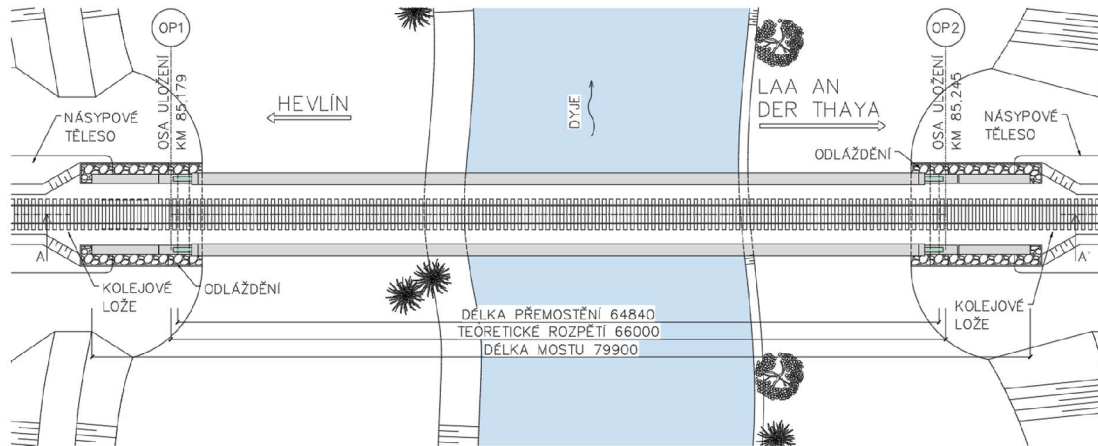
Obrázek 10: varianta B - pohled



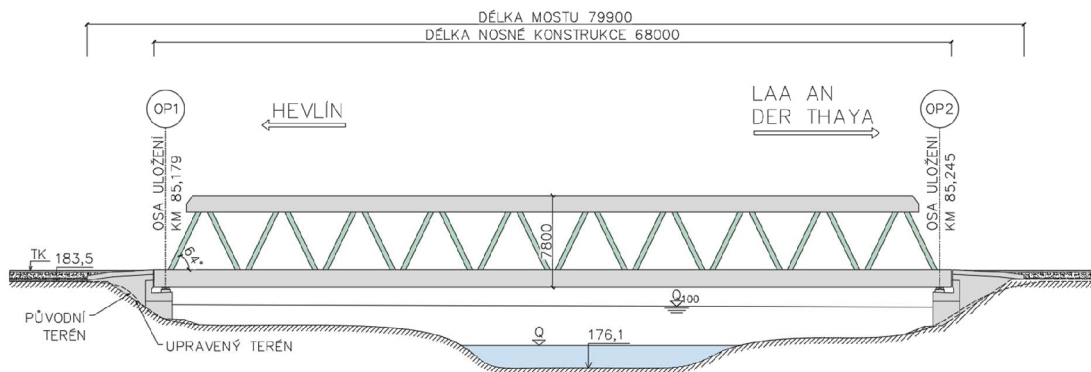
Obrázek 11: varianta B - příčný řez

2.3 VARIANTA C

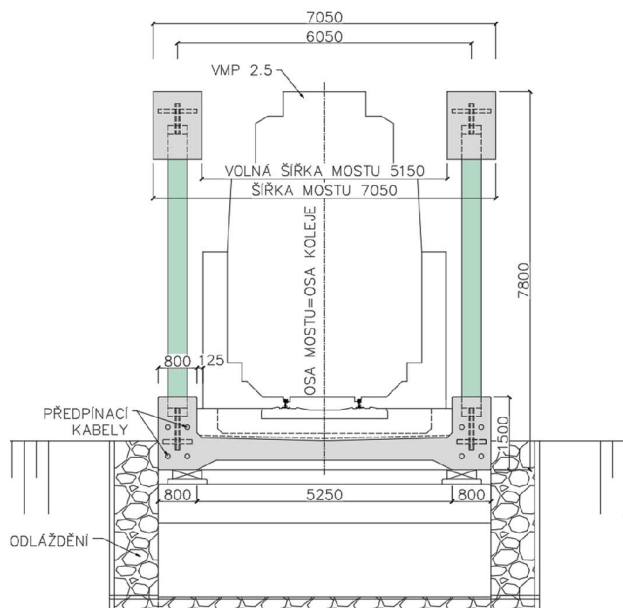
Je inspirována mostem Yamaguragawa Bridge (Japonsko) – je navržena jako příhradový nosník tvořený betonovými pásy a ocelovými diagonálami. Dolní tažený pás tvoří opět předpjatý nosník.



Obrázek 12: varianta C - půdorys



Obrázek 13: varianta C - pohled



Obrázek 14: varianta C: příčný řez

2.4 ZHODNOCENÍ VARIANT

Všechny uvedené varianty splňují kritérium, aby spodní stavba nezasahovala do inundačního území řeky Dyje. Stejně tak volná výška pod mostem odpovídá návrhovému průtoku.

Varianta A i B je navržena jako Langrův trám s odlišnou materiálovou volbou a uspořádáním závěsů. Zatímco u varianty A tvoří mostovku, která přenáší tahovou obloukovou sílu, předpjatý beton, u druhé jak je v praxi běžnější - ocel. Rozdíl je i v uspořádání závěsů. Zatímco u první zmiňované varianty je uspořádání závěsů svislé, u druhé síťované. Obecně vede toto uspořádání k příznivějším průběhům vnitřních sil, což naopak klade větší nároky na prováděcí práce a určení počáteční napjatosti závěsů. Volba ocelového oblouku u varianty A je z důvodu nezávislosti výroby a možnosti následné montáže oblouků po vybetonování mostovky.

Varianta C se jeví z estetického hlediska vůči předešlým jako méně vhodná. Je třeba zejména správně navrhnout propojení diagonál s tlačným a taženým pásem. Problém únavového namáhání je popsán v různých článcích (viz. zdroje).

U všech zmiňovaných variant se dají nalézt výhody i nevýhody zvoleného řešení. Je třeba podotknout, že pro přemostění daného terénu s uvažováním železničního zatížení se příliš možností nenabízí.

Z výše uvedených způsobů řešení byla vybrána pro další posouzení varianta A. Důvodem je jednodušší uspořádání závěsů a z obou variant Langrova trámu je zajímavější z hlediska kombinace materiálů.

3. KONSTRUKČNÍ A STATICKÉ ŘEŠENÍ

3.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY:

<i>stavba:</i>	Zprovoznění železniční stavby Hevlín – Laa an der Thaya
<i>objekt číslo:</i>	SO 112
<i>název objektu:</i>	Železniční most přes řeku Dyji
<i>místo stavby:</i>	Drážní pozemek mezi obcemi Hevlín – Laa an der Thaya
<i>kraj:</i>	jihomoravský
<i>obec:</i>	Hevlín
<i>katastrální území:</i>	Hevlín
<i>projektant:</i>	Bc. Jan Škrabal

3.2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O OBJEKTU:

<i>Charakter mostu:</i>	železniční obloukový most (Langerův trám) přes řeku Dyji
<i>Délka přemostění:</i>	64,84 m
<i>Délka nosné konstrukce:</i>	68,00 m
<i>Rozpětí mostu:</i>	66,00 m
<i>délka mostu:</i>	82,40 m
<i>šikmost mostu:</i>	90°
<i>volná šířka mostu:</i>	5,25 m
<i>šířka mostu:</i>	6,85 m
<i>volná výška na mostě:</i>	8,75 m

Most je umístěn do osy původního násepu, jehož svrchní část cca 1,0m je odtěžena a nahrazena novým materiálem.

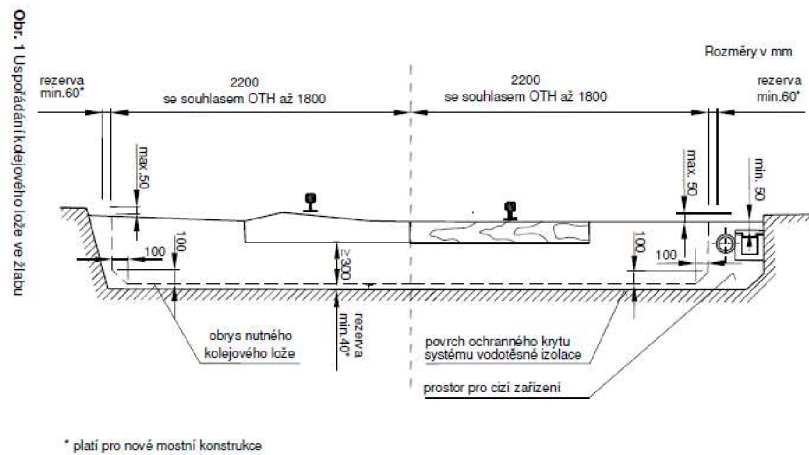
3.3 SPODNÍ STAVBA

Opěry a křídla budou založeny na vrtaných pilotách o průměru 800mm. Předpokládají se rozměry dle příloh. Opěry jsou rozšířeny od NK tak, aby byla ložiska situována v ose stěny nosníku

Nejdříve je nutné provést skryvku ornice v tl. 0,2m, poté je možno připravit terén pro vrtání pilot. Po jejich zřízení jsou hlavy pilot odkopány a po vybetonování podkladního betonu ubourány do úrovně 30mm nad podkladní beton. Po odzkoušení lze započít výstavbu základů díků opěr. Výztuž bude provařena proti bludným proudům. Pro uložení ložisek jsou zřízeny úložné bločky.

3.4 ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK

kolejnice:	UIC60
svěrka:	SkI14
pražec:	B91/S
šterkové lože:	DK32/63



Obrázek 15: kolejové lože ve žlabu

Max. dilatující délka L_T pro zřízení bezстыkové koleje na mostě s ložisky je v tomto případě 103m. rozpětí NK je 66m, proto bude na mostě zřízena bezстыková kolej.

Případ č.	Uspořádání mostních ložisek a dilatující délka L_T	Tvar kolejnice 2)	Mosty s nosnými konstrukcemi									
			ocelovými				ocelobetonovými		betonovými			
			s kolejovým ložem		s mostnicemi uloženými		s přímým uložením koleje		s kolejovým ložem		s kolejovým ložem	
			pražce dřevěné	betonové	centricky	plošně	pražce dřevěné	betonové	pražce dřevěné	betonové		
L_T [m]												
1												
2		R 65	125	90	70	23	20	160	120	180	130	
		UIC 60	110	80	66	23	20	140	103	156	113	
		T,S 49	85	60	60	23	20	100	70	110	80	

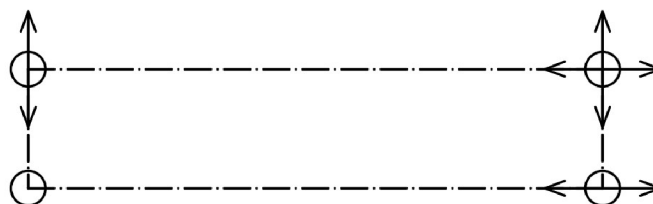
Obrázek 16: největší přípustné dilatující délky

3.5 MOSTNÍ ZÁVĚR

Vzhledem k malým posunům je předpokládán lamelový mostní závěr překrytý pryžovým pásem. Rozsah podélného posunu se pohybuje v rozmezí od -50mm až +20mm.

3.6 LOŽISKA

Budou osazena celkem 4 ložiska dle schématu. Ložiska budou vybrána na základě velikosti max. vertikální a horizontální reakce. Max. vertikální reakce činí cca 8200 kN a horizontální 450 kN

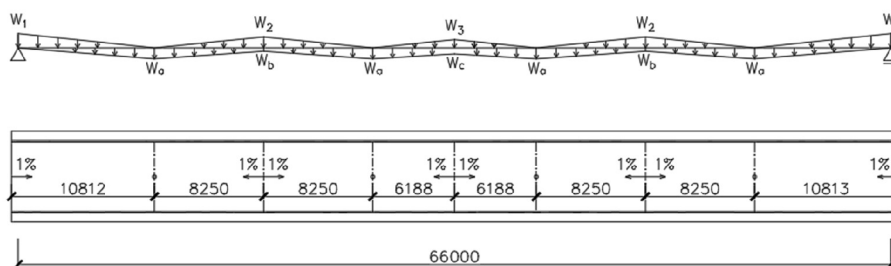


Obrázek 17: Schéma rozmístění ložisek

3.7 KONSTRUKČNÍ PRVKY

MOSTOVKA

Mostovka je tvořena parapetním nosníkem celkové šířky 6,85m z monolitického dodatečně předpjatého betonu. Poloha kotvení předpínacích kabelů je volena tak, aby po předepnutí všech kabelů nevznikla velká excentricita vnášené síly. Odvodnění je zajištěno příčným a podélným sklonem – v příčném směru oboustranně 2,5 % do středu desky, v podélném směru spádem 1% do bodových výustí dle schématu.

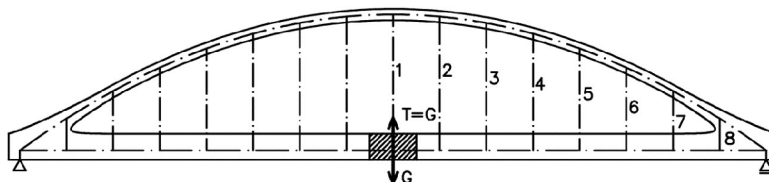


Obrázek 18: schéma podélného odvodnění

OBLOUK

Oblouk je tvořen uzavřeným obdélníkovým průřezem o rozměrech 0,6x1,0 m z oceli S355. V podélném směru je vyztužen diafragmaty, v příčném směru ztužidly kruhového průřezu 0,5m.

Je důležité určit takový tvar oblouku, při kterém je oblouk od stálého zatížení namáhán, v ideálním případě, pouze normálovou silou. Tohoto stavu docílíme, bude-li jeho tvar afinní průběhu ohybového momentu na prostém nosníku. Snahou tedy je v co nejvyšší míře eliminovat průběh ohybových momentů od stálého zatížení.



Obrázek 19: přenos stálého zatížení

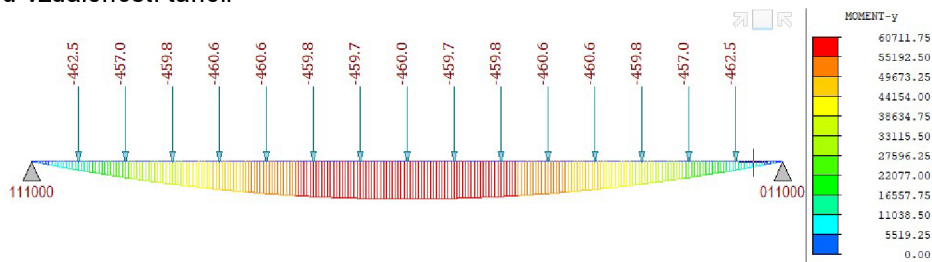
ZATÍŽENÍ OBLOUKU			
$A_1 =$	5.5942 m ²	$\gamma_c =$	25 [kN/m ³]
$\phi_{\text{bar}} =$	82 mm	$\gamma_s =$	78.5 [kN/m ³]
g_{1k}	74.61 kN/m		

ozn.	l_{bar} [m]	Q_{bar} [kN]	G_{0k} [kN]	G_{1k} [kN]	ΔG_{0+1} [kN]	Σ [kN]	1 oblouk [kN]
1	12	5.0	576.9	307.8	35.4	920.1	460.0
2	11.8	4.9	576.9	307.8	34.8	919.5	459.7
3	11.25	4.7	576.9	307.8	35.0	919.7	459.8

4	10.3	4.3	576.9	307.8	36.6	921.3	460.6
5	9	3.7	576.9	307.8	37.0	921.7	460.8
6	7.31	3.0	576.9	307.8	35.0	919.7	459.8
7	5.25	2.2	576.9	307.8	29.4	914.1	457.0
8	-	-	576.9	307.8	40.4	925.1	462.5

Tabulka 1: Hodnoty pro zatížení oblouku

Pro nalezení ideálního tvaru předpokládáme prostý nosník, jenž je zatížen mimo vlastní tíhy navíc bodovými silami v místech závěsů, které vynášejí parapetní nosník. Síla, kterou musí každý závěs přenést, je závislá na jejich osově vzdálenosti a na sklonu vzhledem k horizontální ose. V tomto případě jsou uvažovány závěsy jako svislé, a tedy není třeba rozkladu sil, každý závěs by měl pak přenést stálé zatížení, jehož hodnota je omezena osovou vzdáleností táhel.



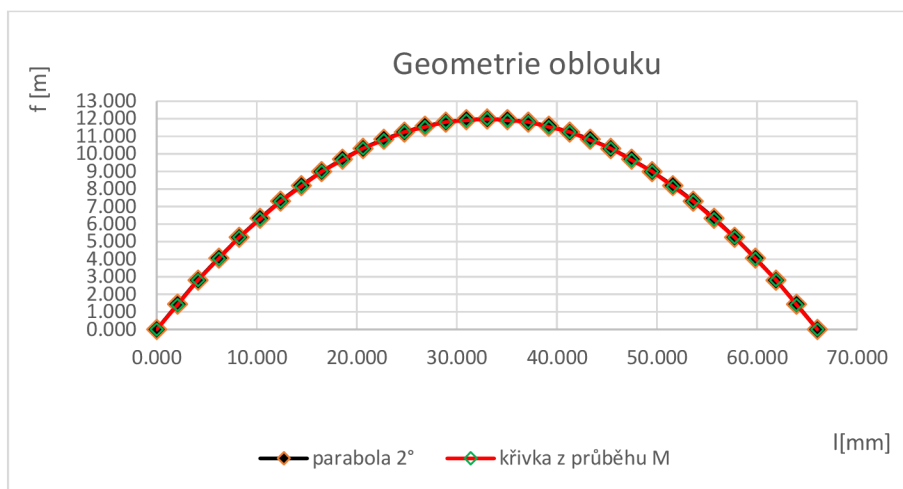
Obrázek 20: aplikace zatížení

Geometrie křivky z průběhu ohybového momentu se určí volbou vzezření dle vztahu:

$$z(x) = M(x) \frac{f}{M_{max}}$$

Vzhledem k povaze zatížení lze předpokládat, že průběh ohybových momentů je blízký parabole 2° .

$$z(x) = -\frac{4f}{L^2}x^2 + \frac{4f - e}{L}x$$



Obrázek 21: Hodnoty pořadnic z průběhu M a podle rovnice paraboly

TÁHLA

Jsou zvolena konstrukční táhla od výrobce Macalloy S460 M85 o průměru 82mm. K mostovce a oblouku jsou připojena styčnickovými plechy dle parametrů výrobce. Návrh tohoto připojení se provede vymodelováním a posouzením v MKP softwaru.

Návrh připojení styčnickového plechu k mostovce a oblouku není součástí diplomové práce. Ve výkresech je způsob připojení pouze schematicky znázorněn.

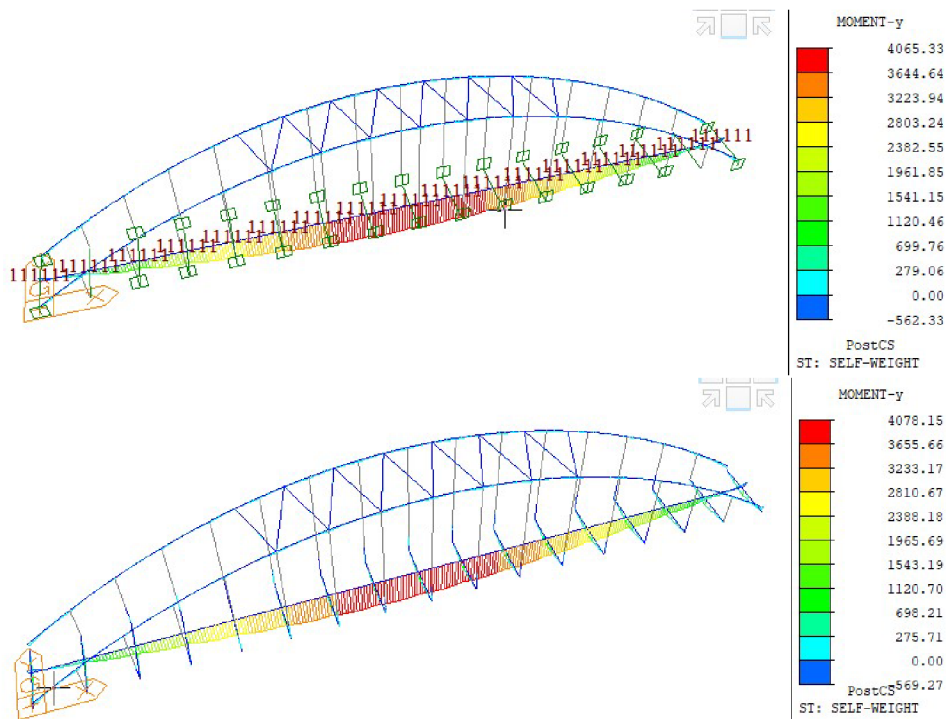
3.8 VÝPOČTOVÉ MODEL Y

PODÉLNÝ SMĚR:

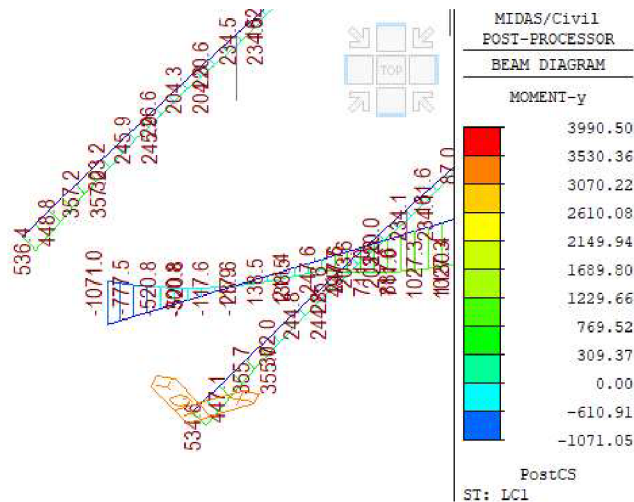
V programu Midas Civil byly vytvořeny 2 modely konstrukce – pro podélný směr prostorový prutový model a pro příčný směr deskostěnový model. Spodní stavba nebyla modelována, podepření je tedy realizováno definováním stupňů volnosti v daném uzlu.

V podélném směru jsou všechny elementy oblouku a nosníku typu GENERAL BEAM, přičemž konce oblouku jsou z náběhovaného průřezu. Závěsy jsou typu TRUSS - přenášejí pouze normálovou sílu. Dále je využito tuhých ramen, které propojují páteřní nosník s táhly a táhla s obloukem. Je využito typu Elastic link a Rigid link. Ověření správnosti použití „vestavěných“ tuhých ramen bylo srovnáno s použitím prutů s větším modulem pružnosti a průřezem.

Dále je na obr. č. 23 detail vnitřních sil v připojení oblouku k nosníku.



Obrázek 22: porovnání M_y od vlastní tíhy tuhá ramena vs dummy beams



Obrázek 23: My na připojení oblouku k nosníku

Dále bylo využito funkcionalita fází výstavby (Construction stages). To umožňuje zohlednění vlivů smršťování, dotvarování a předpětí v čase. Posouzení pro mezní stavy použitelnosti a únosnosti bylo pak provedeno pro časy t_q uvedení do provozu a t_∞ konec životnosti konstrukce. Pro zjednodušení byly vytvořeno 7 fází:

- CS1: vybetonování nosníku na pevné skruži
- CS2: osazení oblouků s montážními podpěrami
- CS3: osazení táhel
- CS4: vnesení předpětí (sled jednotlivých kabelů v čase)
- CS5: MTŽ ztužidel oblouku a aplikace ostatního stálého zatížení
- CS6: uvedení mostu do provozu
- CS7: konec životnosti konstrukce

Výsledky jednotlivých kombinací jsou vlivem pohyblivého zatížení a v případě vložených „podobálkových“ kombinací obávkami vnitřních sil. Odpovídající vnitřní síly lze však jednoduše nalézt pomocí tabulkových výsledků – zobrazující vnitřní síly na jednotlivých elementech dle vlastní volby (funkce View by max Value Item). Stejně tak lze lehce zobrazit příčinkové čáry a postavení pohyblivého zatížení pro maximální účinek v požadovaném místě a toto importovat do samostatného zatěžovacího stavu.

Tento model je využit i ke zjištění vlastních tvarů konstrukce pro dynamickou analýzu a pro nalezení tvarů ztráty stability při vzpěru (Buckling modes) pro posouzení, zda je nutné provést nelineární výpočet.

PŘÍČNÝ SMĚR

Byla vymodelována konstrukce v celé délce z prvků typu PLATE s podepřením v místě uložení a závěsů. Příčný řez byl aproximován přiřazením jednotlivých tlouštěk desek. Poté bylo definováno zatížení a prvky byly naděleny na délku 200mm. Tento model byl využit pro návrh výztuže v desce a koncovém příčniku nosníku.

4. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vypracovat 2 až 3 varianty řešení pro daný problém na základě podkladů přidělených od vedoucího práce. Celkem byly vypracovány tři varianty řešení železničního mostu o jednom poli. Pro další posouzení byla vybrána varianta A Langrova tráma s předpjatým betonovým nosníkem.

Pro vytvoření modelů konstrukce v podélném a příčném směru bylo využito studentské licence Midas Civil 2020, dále bylo využito programu Autocad, IdeaStatica, MS Excel a Lumion.

Bylo provedeno posouzení na mezní stavy použitelnosti a únosnosti s vyhovujícími výsledky (jedna výjimka viz příloha P4) pro čas uvedení mostu do provozu a čas životnosti konstrukce. Konstrukce vyhovuje i z hlediska dynamiky či ztráty stability. Součástí práce jsou také přílohy požadované v zadání.

Pro bezpečný návrh by bylo třeba navíc vymodelovat a doplnit posouzení připojení stýčnickových plechů a ocelového svařence s nosníkem, dále by bylo třeba uvážit nelineární složku teploty a je zde prostor ke zlepšení návrhu i z hlediska praktického provádění výztuže.

5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

5.1 LITERATURA

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.

NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 186 s. ISBN 978-80-7204-561-7.

STRÁSKÝ, Jiří. *Betonové mosty*. Praha: ŠEL, 2001. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86426-05-X.

JUNG, Kwang-Hoe, et al. Fatigue capacity of a new connection system for a prestressed concrete hybrid truss web girder. *Magazine of concrete research*, 2012, 64.8: 665-672.

5.2 NORMY

ČSN EN 1992-2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady*. Praha: Český normalizační institut, 2007.

ČSN EN 1992-2 NA, ed. A. *National Annex – Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 2: Concrete Bridges – Design and detailing rules*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

ČSN EN 1992-1-1, ed. 2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.

ČSN EN 1993-2. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2: Ocelové mosty*. Praha: Český normalizační institut, 2008.

ČSN EN 1993-1-1, ed. 2. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

ČSN EN 1990 ZMĚNA A1. *Eurokód: Zásady pro navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2007.

ČSN EN 1991-2 ZMĚNA Z4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.

ČSN EN 1991-2. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

ČSN EN 1991-1-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004.

ČSN EN 1990 ZMĚNA A1. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2007.

5.3 INTERNET

First prestressed composite railway bridge in Japan with steel pipe truss webs [online]. DYWIDAG–Systems International ©2022. [cit. 12.1.2022] Dostupné z: <https://www.dywidag-formties.com/projects/2005-info-13/first-prestressed-composite-railway-bridge-in-japan-with-steel-pipe-truss-webs/?fbclid=IwAR31KDtWtSL6XEIw425MPfhDDs5K5eJvqOuv9Q6RDQ2zTOTaBw30w7TI7Fk>

midas Civil, On-line Manual - Civil structure design system -. *Civil 2019*. [online]. Midas Information Technology Co. ©since 1989. [cit. 12.1.2022] Dostupné z: <http://manual.midasuser.com/EN Common/Civil/875/index.htm>

Předpínací systém Freyssinet. Systém od tvůrce předpjatého betonu. [online]. Freyssinet Sustainable Systems. [cit. 12.1.2022] Dostupné z: http://www.freyssinet.cz/gallery/predpinaci_system_freyssinet.pdf

Tension Systems. Systém konstrukčních táhel Macalloy. [online] Macalloy. [cit. 12.1.2022] Dostupné z: http://www.tension.cz/www/media/files/pdf-k-pripojeni_12/macalloy-system-konstrukcni-ch-tahel_57.pdf?fbclid=IwAR39TKIb-sdy3ScPjAwbHeAQsrxcxgl8Qjqkmbggq2sJZPom2NEthJFXohA

Tension Systems. Únosnost táhel Macalloy dle českých technických norem. [online] Macalloy. [cit. 12.1.2022] Dostupné z: http://www.tension.cz/www/media/files/dwg_29/Vypoctove-unosnosti-Macalloy_107.pdf

5.4 OSTATNÍ

KRATOCHVÍL, Václav a kol. *Studie: Zprovoznění železniční trati. Hevlín - Laa an der Thaya*. Olomouc, 2004.

SPRÁVA ŽELEZNIC. *Předpis SŽDC S3. Železniční svršek XII. Železniční svršek na mostních objektech*. SŽDC, 2008.

SPRÁVA ŽELEZNIC. *Předpis SŽDC S3. Železniční svršek X. Kolejové lože a jeho uspořádání*. SŽDC, 2008.

6. SEZNAM PŘÍLOH

P1: VARIANTY A POUŽITÉ PODKLADY

P_01 PODKLADY
P_02 VARIANTA A
P_03 VARIANTA B
P_04 VARIANTA C

P2: PŘEHLEDNÉ A PODROBNÉ VÝKRESY ZVOLENÉ VARIANTY

P_01 PŮDORYS
P_02 PODÉLNÝ ŘEZ
P_03 PŘÍČNÝ ŘEZ
P_04 VÝKRES PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE
P_05 VÝKRES BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE

P3: STAVEBNÍ POSTUP

P_01 SCHÉMA VÝSTAVBY
P_02 VIZUALIZACE

P4: STATICKÝ VÝPOČET