



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

NÁVRH PŘEDPJATÉHO MOSTU NA SILNICI I/38

DESIGN OF A PRESTRESSED CONCRETE BRIDGE ON THE ROAD I/38

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Matej Valent

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav betonových a zděných konstrukcí
Student: **Bc. Matej Valent**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: N0732A260026 Stavební inženýrství – 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 diplomové práce:

Návrh předpjatého mostu na silnici I/38

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student bude řešit návrh mostu z předpjatého betonu. Bude vytvářen projekt, tj. statický výpočet, výkresy tvaru, výztuže, vizualizace, technickou zprávu apod. Ostatní úpravy lze provádět podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Cíle a výstupy diplomové práce:

Pro zadanou situaci navrhnete dvě až tři varianty řešení a zhodnotíte je.

Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu provedte podle mezních stavů včetně zohlednění vlivu výstavby mostu. Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (zpracovat v rozsahu a ve formě průvodní a technické zprávy.)

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

Rozsah jednotlivých částí určí vedoucí diplomové práce.

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě.

Seznam doporučené literatury a podklady:

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez mostem.

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 diplomové práce.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2023

L. S.

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

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

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

ABSTRAKT

Diplomová práca sa zaoberá návrhom dodatočne predpätej a pôdorysne zakrivenej mostnej konštrukcie na ceste 1. triedy. Most sa nachádza na novovznikajúcom juhovýchodnom obchvate pri českom meste Havlíčkův Brod.

Boli navrhnuté tri varianty riešenia hlavnej nosnej konštrukcie, z ktorých bol vybraný komorový prierez so sklonenými krajnými stenami. Celkové rozpätie mostu, s dĺžkou 273,0m, bolo rozdelené na 7 polí.

Súčasťou práce je aj návrh postupnej výstavby konštrukcie. Bolo vykonané posúdenie na medzný stav únosnosti a použiteľnosti. K práci je vyhotovená vizualizácia a výkresová dokumentácia.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

dodatočné predpätie, pôdorysné zakrivenie, most, priečnik, časovo závislá analýza, postupná výstavba, komorový prierez, výsuvná skruž, medzný stav únosnosti, medzný stav použiteľnosti

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the design of an additionally prestressed and horizontally curved bridge structure on the 1st class road. The bridge is located on the newly emerging southeast bypass near the Czech town of Havlíčkův Brod.

Three variants of the main supporting structure were proposed, with the choice being a chambered cross-section with inclined side walls. The total span of the bridge, with a length of 273,0m, was divided into 7 spans.

The thesis also includes the design of the construction sequence. An assessment of the ultimate limit state and serviceability was carried out. Visualization and drawing documentation have been prepared for the thesis.

KEYWORDS

additional prestressing, horizontal curvature, bridge, span, time-dependent analysis, staged construction, chambered cross-section, movable scaffolding system, ultimate limit state, serviceability limit state

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

VALENT, Matej. *Návrh předpjatého mostu na silnici I/38*. Brno, 2023. 29 s., 306 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

PREHLÁSENIE O ZHODE LISTINNEJ A ELEKTRONICKEJ FORMY ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Prehlasujem, že elektronická forma odovzdanej diplomovej práce s názvom *Návrh předpjatého mostu na silnici I/38* je zhodná s odovzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12. 01. 2024

Bc. Matej Valent
autor

PREHLÁSENIE O PÔVODNOSTI ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Prehlasujem, že som diplomovú prácu s názvom *Návrh předpjatého mostu na silnici I/38* spracoval samostatne a že som uviedol všetky použité informačné zdroje.

V Brně dne 12. 01. 2024

Bc. Matej Valent
autor

POĎAKOVANIE

Rád by som poďakoval vedúcemu mojej diplomovej práce doc. Ing. Milošovi Zichovi, Ph.D. za jeho ochotu a včasné odpovede na moje otázky a precíznosť pri kontrole mojej práce.

Moje najväčšie ďakujem patrí mojej manželke a deťom, pretože mi vytvárali perfektné podmienky na učenie, celé štúdium ma podporovali a dokázali ma rozosmiať každý jeden deň. Samozrejme ďakujem aj mojím rodičom, súrodencom, svokrovcom, priateľom a celej rodine, za obrovskú podporu a dôveru počas celého štúdia.

OBSAH

ÚVOD	9
1. VARIANTY ŘEŠENIA	10
1.1. Variant A	10
1.2. Variant B	11
1.3. Variant C	13
1.4. Výber variantu	14
2. IDENTIFIKAČNÉ ÚDAJE	15
3. ÚDAJE O STAVBE	16
3.1. Základný popis mostu	16
3.2. Šírkové usporiadanie prevádzanej komunikácie	17
3.3. Použité materiály	17
4. TECHNICKÉ ŘEŠENIE MOSTU	18
4.1. Konštrukcie mostu	18
4.1.1. Zemné práce	18
4.1.2. Založenie mostu	18
4.1.3. Spodná stavba	18
4.1.4. Hlavná nosná konštrukcia	19
4.2. Mostné vybavenie	20
4.2.1. Mostné závery	20
4.2.2. Ložiská	20
4.2.3. Izolácie	20
4.2.4. Odvodnenie	20
4.2.5. Návrh vozovky	21
4.2.6. Rímsy, zvodidlá a zábradlie	21
4.2.7. Revízne zariadenia	21
5. ZHRNUTIE STATICKÉHO VÝPOČTU	22
5.1. Použité modely	22
5.1.1. Model č.1	22
5.1.2. Model č.2	22
5.1.3. Model č.3	23
5.1.4. Model č.4	23
5.1.5. Model č.5	24
5.1.6. Model č.6	24
6. POŽIADAVKY NA BEZPEČNOSŤ A OCHRANU ZDRAVIA	25
ZÁVER	26

ÚVOD

Cílem závěrečné práce je vypracovat podrobný návrh nosné mostní konstrukce, umístěné na cestě I. třídy. Most bude součástí nového jihovýchodního obchvatu v Havlíčkově Brodě. Město se nachází v centru České republiky a je okresním městem v kraji Vysočina.

Před začátkem výpočtů byly vypracovány varianty řešení troch rozličných průřezů v příčném směru a dva varianty rozpětí polí v podélném směru. Jejich podrobné zhodnocení je popsáno v kapitole 2.

Pro vybraný variant je vypracován detailní statický výpočet, výkresová dokumentace a vizualizace. Výpočet obsahuje popis zatížení působících na hlavní nosnou konstrukci, postupnou výstavbu konstrukce, její posouzení na mezní stavy pro únosnost a použitelnost, posouzení v příčném směru a konečný návrh výstuže.

1. VARIANTY RIEŠENIA

Pre hlavnú nosnú konštrukciu boli vytvorené tri varianty riešenia. Všetky varianty sú detailne popísané v nasledujúcich kapitolách. Pre všetky varianty je dodržaný priečný sklon 4,0 % a pozdĺžny sklon 1,08 %.

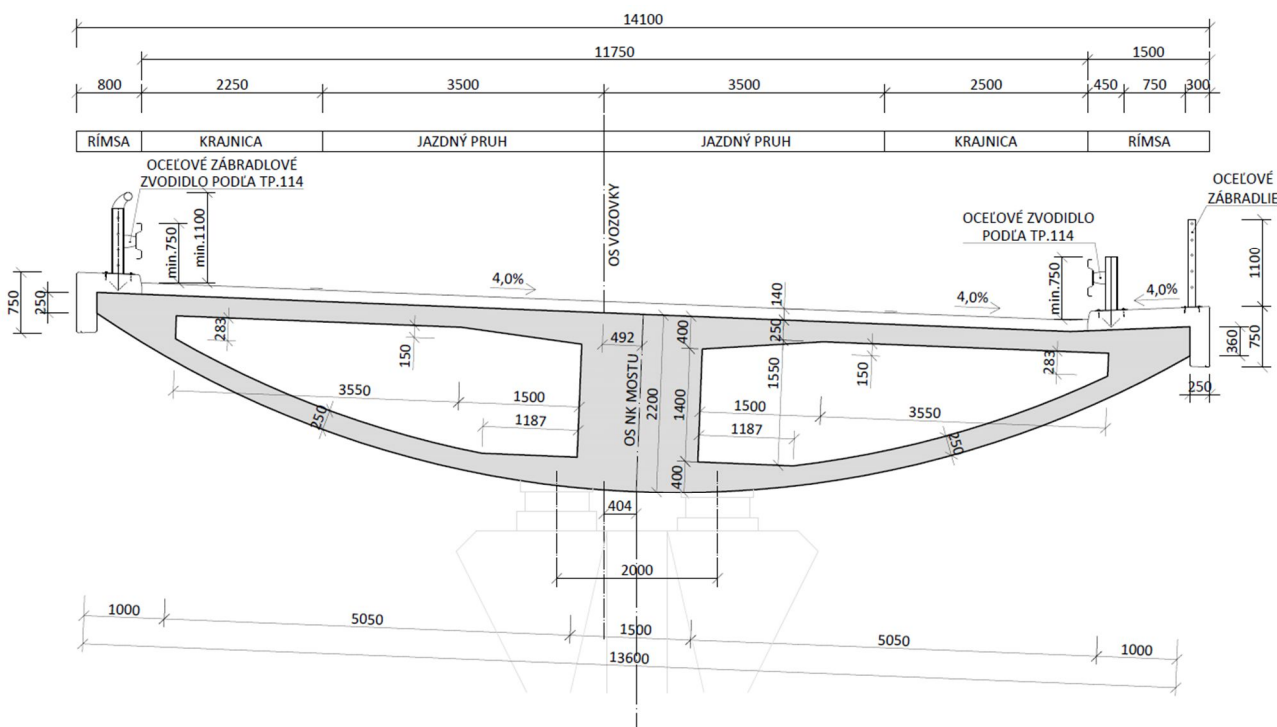
1.1. Variant A

Prvým variantom je predpätý dvojkomorový most so sklonenými zaoblenými krajnými stenami. Konštrukcia je navrhnutá na 8 polí (1x 23m + 5x 36m + 1x 40m + 1x 30m). Výška prierezu 2,20m je po celej dĺžke konštrukcie konštantná. Šírka nosnej konštrukcie je 13,60m. Vnútorňa stena mostu je v strede poľa široká 1,50m, ale od 1/4 rozpätia jednotlivého poľa sa stena postupne rozširuje až na 2,5m pred priečnikom.

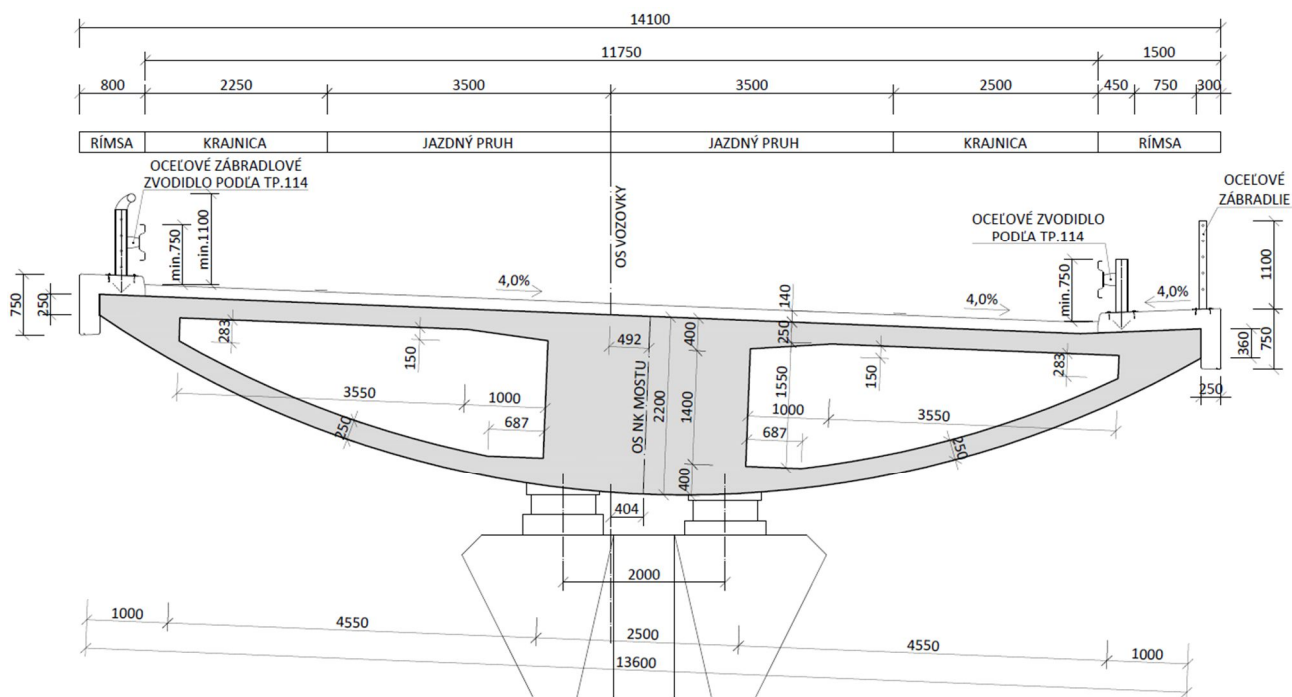
Hrúbka zaoblených stien sa po celej dĺžke mostu rovná 0,25m, rovnaká hrúbka je dodržaná aj pri hornej doske komory. V mieste pretnutia zaoblených stien s osou nosnej konštrukcie je dodržaná vzdialenosť 0,40m, pomocou ktorej je vytvorený úzky "chodník" rovnobežný s priečnym sklonom mostu so šírkou 1,187 m v poli a 0,687m pri priečniku. Vo votknutí hornej dosky komory do vnútornej steny má doska hrúbku 0,40m. Pri spojení hornej dosky komory so zaoblenou stenou je vytvorené ich prepojenie so šírkou 1,0m. Osová vzdialenosť ložísk je 2,0m.

Výhody tohto prierezu sú vyššia tuhosť v krútení, pomerne nízky objem betónu využitý pri výstavbe, vnútorný priestor komory môže slúžiť na umiestnenie inžinierskych sietí a so všetkých variantov riešenia je tento variant najestetickjší.

Nevýhodou prierezu môže byť vysoká zložitosť debnenia oblúku. Pre tento typ prierezu je odporúčané udržať dĺžku jednotlivých polí v rozmedzí 35-45m, čo môže viesť k zvýšenému množstvu polí. [9]



Obrázok 1. 1: Variant A – prierez v poli



Obrázok 1. 2: Variant A - prierez nad podporou

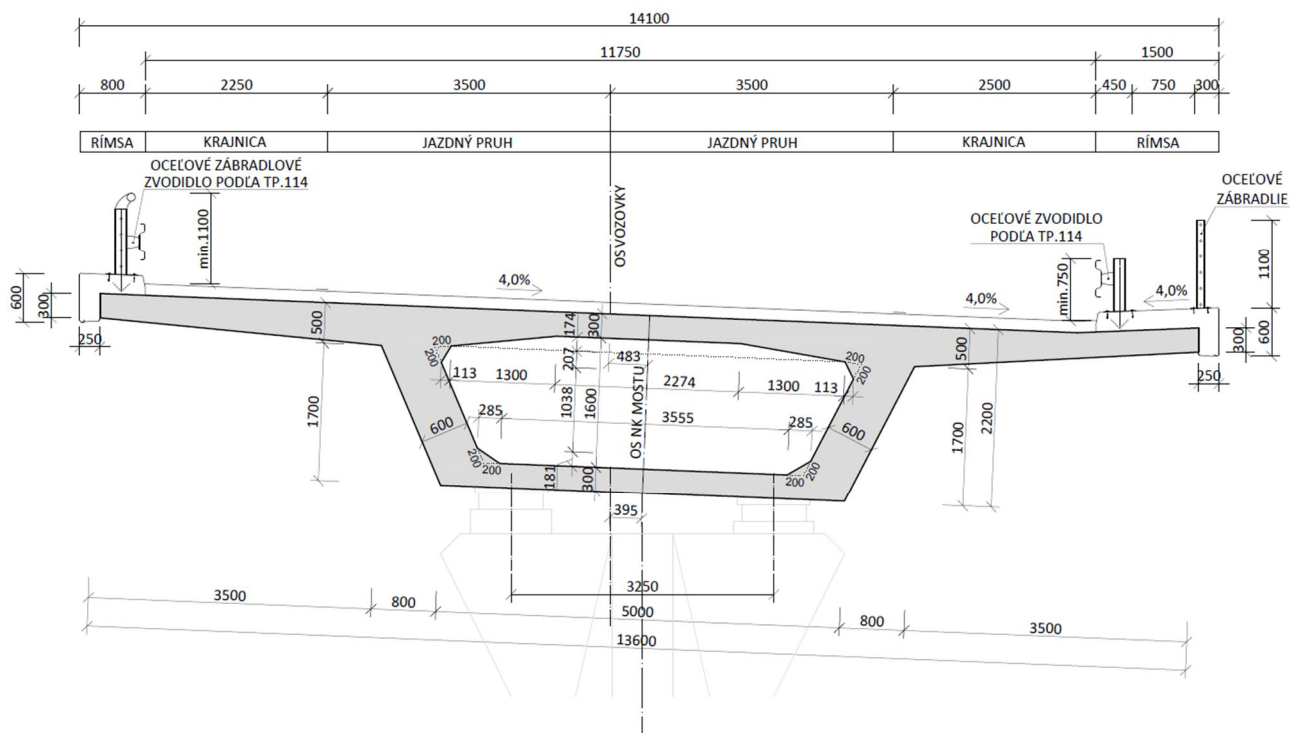
1.2. Variant B

Druhým variantom je predpätý jednokomorový most so sklonenými krajnými stenami. Konštrukcia je navrhnutá na 7 polí (1x 23m + 5x 44m + 1x 30m). Po celej dĺžke nosnej konštrukcie je dodržaná rovnaká výška prierezu 2,20m. Šírka nosnej konštrukcie je 13,60m. Steny mostu sú v strede poľa široké 0,60m, od 1/4 rozpätia jednotlivého poľa sa stena postupne rozširuje až na 0,8m pred priečnikom.

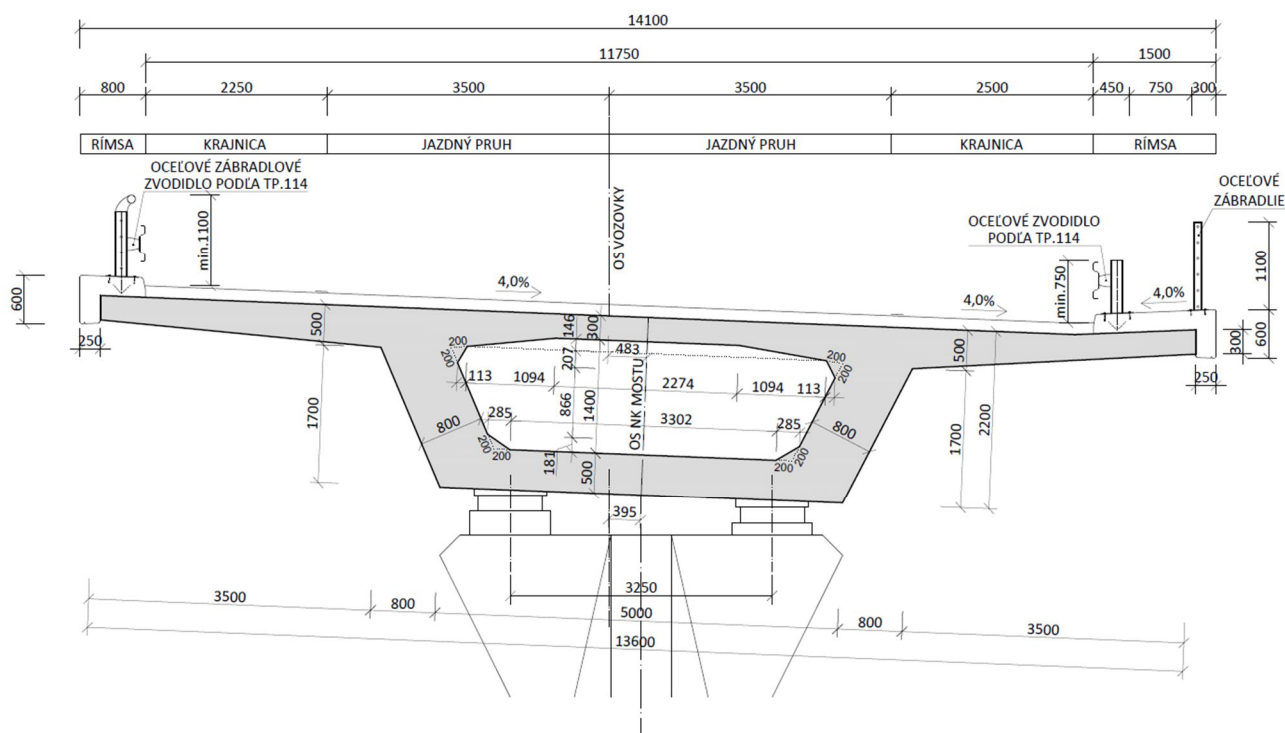
Hrúbka konzol je 0,5m v mieste votknutia a 0,3m na voľnom konci. Horná doska komory má po celej dĺžke rovnakú hrúbku 0,3m, ale 1,137m od osi nosnej konštrukcie mostu sa začína na obe strany postupne zväčšovať až do votknutia na hrúbku 0,5m. Dolná doska komory má v strede poľa hrúbku 0,30m, ale od 1/4 rozpätia jednotlivého poľa sa hrúbka dosky postupne rozširuje až na 0,5m pred priečnikom. Osová vzdialenosť ložísk je 3,25m.

Výhody tohto typu prierezu sú vyššia tuhosť v krútení oproti minulej variante (väčšia osová vzdialenosť ložísk), ešte nižší objem betónu a vnútorný priestor komory môže rovnako slúžiť na umiestnenie inžinierskych sietí. Pre tento typ prierezu je odporúčaná dĺžka jednotlivých polí v rozmedzí 45-60m, čo môže viesť k nižšiemu množstvu polí oproti ostatným variantom..

Nevýhodou prierezu je vysoká zložitosť debnenia.



Obrázok 1. 4: Variant B – prierez v poli



Obrázok 1. 3: Variant B - prierez nad podporou

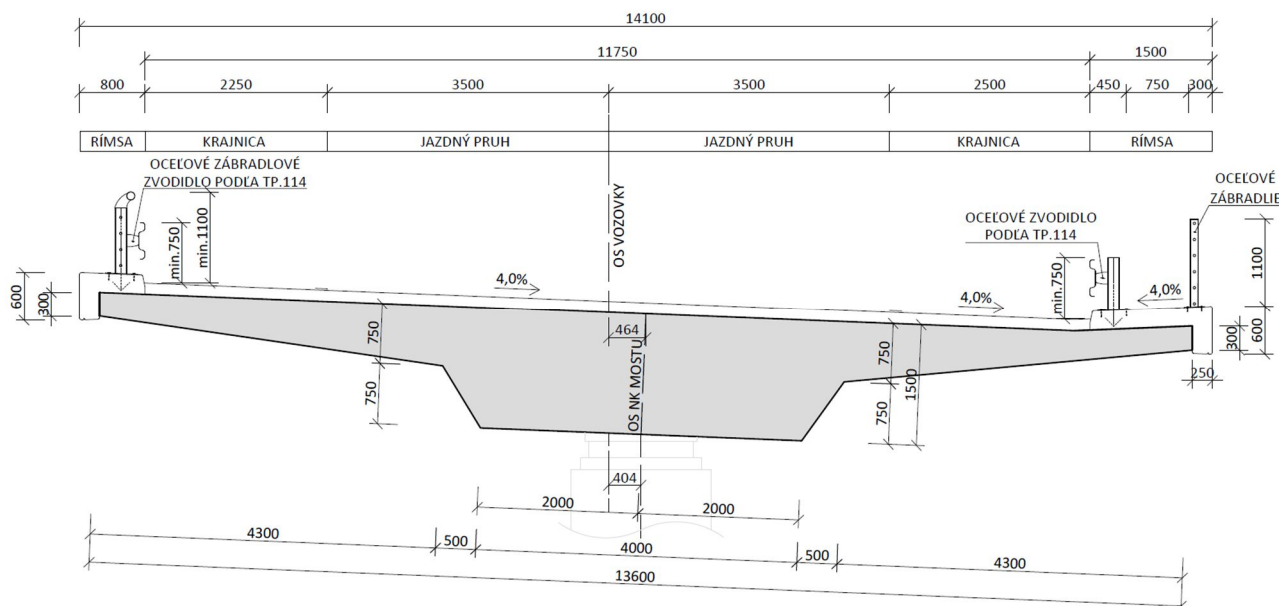
1.3. Variant C

Posledným tretím variantom nosnej konštrukcie je predpätý jednotrámový most s 8 poľami (1x 23m + 5x 36m + 1x 40m + 1x 30m). Výška prierezu je premenlivá – spodná hrana trámu má v pozdĺžnom smere tvar oblúku, pričom v strede poľa má prierez výšku 1,50m a v mieste priečniku výšku 2,25m. Šírka nosnej konštrukcie je 13,60m.

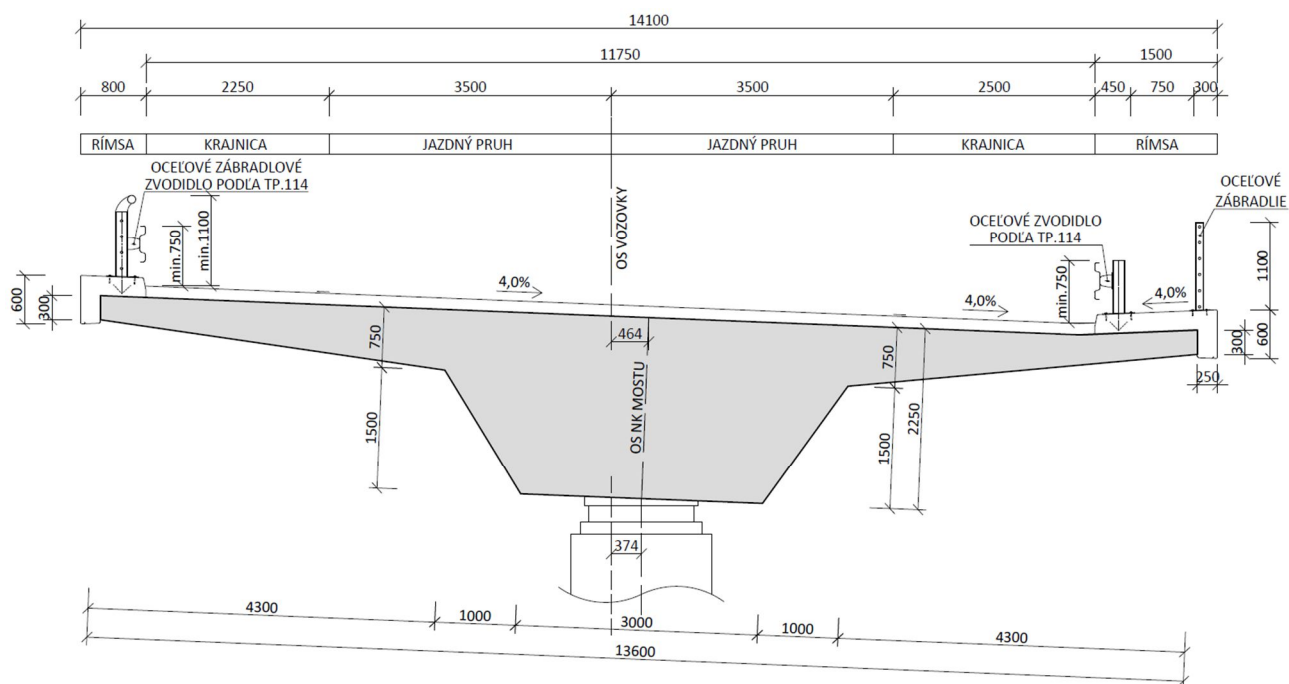
Hrúbka konzol je 0,75m v mieste votknutia a 0,3m na voľnom konci. V priereze je uvažované len 1 ložisko v mieste priečnika.

Výhody tohto typu prierezu je vysoký moment zotrvačnosti nad podporou a najjednoduchšia geometria zo všetkých variantov.

Nevýhody prierezu sú nízka tuhosť v krútení (kvôli jednému ložisku namiesto dvoch), veľký objem betónu a nutnosť ťahať inžinierske siete mimo prierez. Rovnako je pre tento typ prierezu odporúčané udržať dĺžku jednotlivých poľí do 45m, čo vedie k zvýšenému množstvu poľí.



Obrázok 1. 5: Variant C – prierez v poli

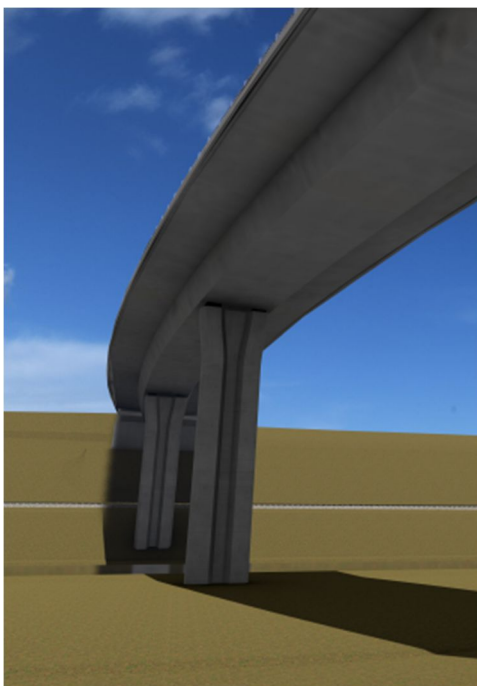


Obrázok 1. 6: Variant C - prierez nad podporou

1.4. Výber variantu

Vybraným variantom je variant B - predpätý jednokomorový most so sklonenými krajnými stenami. Má oproti ostatným variantom najlepší pomer momentu zotrvačnosti k ploche prierezu a zároveň najväčšiu tuhosť v krútení. Pri tomto type prierezu je možné znížiť počet polí na 7 a tým skrátiť dobu výstavby.

Postupne rozširujúci sa pilier pod mostom elegantne nadväzuje na vybraný prierez, čo zvyšuje celkovú estetickosť konštrukcie.



Obrázok 1. 7: Pohľad zospodu na vybraný variant hlavnej nosnej konštrukcie

2. IDENTIFIKAČNÉ ÚDAJE

Názov stavby:	Návrh předpätého mostu na ceste I/38
Objekt:	SO 201
Miesto stavby:	Havlíčkův Brod, Česká republika
Kraj:	Vysočina
Okres:	Havlíčkův Brod
Katastrálne územia:	Havlíčkův Brod [637823] Termesivy [766631]
Parcelné čísla pozemkov:	4286/212-216, 84/5-7, 547/4, 564/5-6, 650/1, 650/5-6
Investor:	Ředitelství silnic a dálnic ČR Na Pankráci 546/56 140 00 Praha 4
Nadriadený orgán:	Ministerstvo dopravy ČR
Projektant:	Bc. Matej Valent
Typ prevádzanej komunikácie:	Cesta 1.triedy, ozn. I/38

Výpis prekážok

Premosťovaná prekážka:	trať ČD Rosice nad Labem - Havlíčkův Brod
Staničenie:	km 0,305 150
Uhol kríženia:	53,9 g
Premosťovaná prekážka:	rieka Sázava
Staničenie:	km 0,336 583
Uhol kríženia:	59,5 g
Premosťovaná prekážka:	trať ČD Brno - Havlíčkův Brod (3 koľaje)
Staničenie:	km 0,520 565; km 0,525 307; km 0,529 349
Uhol kríženia:	67,5 g
Premosťovaná prekážka:	poľná cesta
Staničenie:	km 0,545 415
Uhol kríženia:	64,3 g

3. ÚDAJE O STAVBE

Druh stavby:	jednokomorový dodatočne predpätý most
Druh prevádz. komunikácie:	pozemná komunikácia, cesta 1. triedy
Dĺžka mostu:	304,440 m
Dĺžka nosnej konštrukcie:	275,000 m
Dĺžka premostenia:	273,000 m
Rozpätie polí:	1x 23m + 5x 44m + 1x 30m
Šikmosť mostu:	oblúk, R = 440m
Výška mostu od dna rieky:	22,132 m
Voľná výška (pole 1):	6,140 m
Voľná výška (pole 2):	8,534 m
Voľná výška (pole 3):	11,485 m
Voľná výška (pole 4):	16,535 m
Voľná výška (pole 5):	17,535 m
Voľná výška (pole 6):	17,498 m
Voľná výška (pole 7):	12,021 m
Šírka mostu:	14,100 m
Šírka komunikácie:	11,750 m
Šírka núdzového chodníka:	0,750 m

3.1. Základný popis mostu

Most je umiestnený na juhovýchodnom obchvate mesta Havlíčkův Brod, prechádzajúci cez dve katastrálne územia Havlíčkův Brod a Termesivy. Prevádzaná komunikácia je cesta 1. triedy (označenie I/38) so šírkou komunikácie 11,75m a s návrhovou rýchlosťou 70km/h. Smerové vedenie cesty je v ľavostrannom oblúku s polomerom 440m po staničenie km 0,467 855, ďalej pokračuje most rovno. Konštrukcia je navrhnutá so 4,0% jednosmerným ľavostranným priečnym sklonom smerom k núdzovému chodníku. Priečny sklon sa preklápa až za hlavnou nosnou konštrukciou. Pozdĺžny sklon je na celej konštrukcii rovný 1,08%, most klesá v smere staničenia.

3.2. Šírkové usporiadanie prevádzanej komunikácie

Spevnená krajnica	2,000 m
Vodiaci prúžok	0,250 m
Jazdný pruh	3,500 m
Jazdný pruh	3,500 m
Vodiaci prúžok	0,250 m
Spevnená krajnica	2,250 m

3.3. Použité materiály

<u>Betón:</u>	Hlavná nosná koňštrukca	C40/50	XC4, XD1, XF2
	Monolitická ŽB rímsa	C30/37	XC4, XD1, XF2
	Monolitické ŽB piliere	C30/37	XC4, XD1, XF2
	Úložné bloky	C30/37	XC4, XD1, XF2
	Krídla a opory	C30/37	XC3, XD1, XF4
	Úložné prahy a záverné múriky	C30/37	XC4, XD1, XF2
	Revízne schodiská	C25/30	XC3, XD1, XF4
	ŽB základové pätky	C25/30	XC3, XD1, XF4
	Podkladový betón	C16/20	XA2
	Pilóty	C25/30	XA2

Oceľ: Betonárska oceľ B500B

Predpínacia výstuž: Y1860 S7-15,7-A

Predpínacie tyče: 26,5 WR

4. TECHNICKÉ RIEŠENIE MOSTU

4.1. Konštrukcie mostu

Na začiatku výstavby je nutné vytýčiť umiestnenie inžinierskych sietí. Treba dbať na podmienky správcov sietí pri výstavbe konštrukcie v ochranných pásmach.

4.1.1. Zemné práce

V prvom rade je nutné sňať orniciu po celej dĺžke stavby (hrúbku sňatej ornice určí správca výstavby). Tá je dočasne uložená na depónii podľa normy ČSN 73 6133. Pred začatím výkopových prác treba osadiť štetovnicové a pažiacie steny podľa výkresu P3.002 – Pozdĺžny rez). Prípadnú vodu v priebehu výkopov je potrebné odčerpávať.

V momente hotových výkopov so sklonom 1,25:1 (za oporami je navrhnutý väčší sklon 1,50:1) sa začne s vrtaním pilót CFA. Násypy okolo opier a zasypy okolo základov budú vyhotovené podľa TKP a normy ČSN 73 6133.

4.1.2. Založenie mostu

Založenie konštrukcie bolo navrhnuté pomocou veľkopriemerových pilót CFA. Tento systém umožňuje vŕtať a betonovať pilótu v jednom kroku, čo výrazne urýchľuje výstavbu. Výstuž je následne vložená do čerstvého betónu. [12] Pre každú podporu a oporu je navrhnutých celkovo 12 ks pilót votknutých do skalnatého podložia.

Pilóty budú vyhotovené z betónu C25/30 a betonárskou výstužou B500B. Výstuž pilót musí byť zakotvená do základovej pätky a previazaná s výstužou v základovej pätky. Priemer pilót je 1,10 m s odhadovanou dĺžkou 8-10m.

Základové pätky pod piliermi majú pôdorysný rozmer 8,0 x 6,0m s výškou 2,0m. Pod oporami majú základové pätky rozmer 13,6 x 5,0m a výšku 2,0m. Niektoré pätky sú kvôli prebiehajúcim železničným tratiam alebo rieke natočené tak, aby nebolo zasahované do týchto priestorov, resp. ochranných pásiem. Pätky B je natočená pod uhlom 32,9g, pätky F pod uhlom 39,5g a pätky G pod uhlom 42,9g. Tieto natočenia sú zobrazené vo výkrese P3.001 – Situácia.

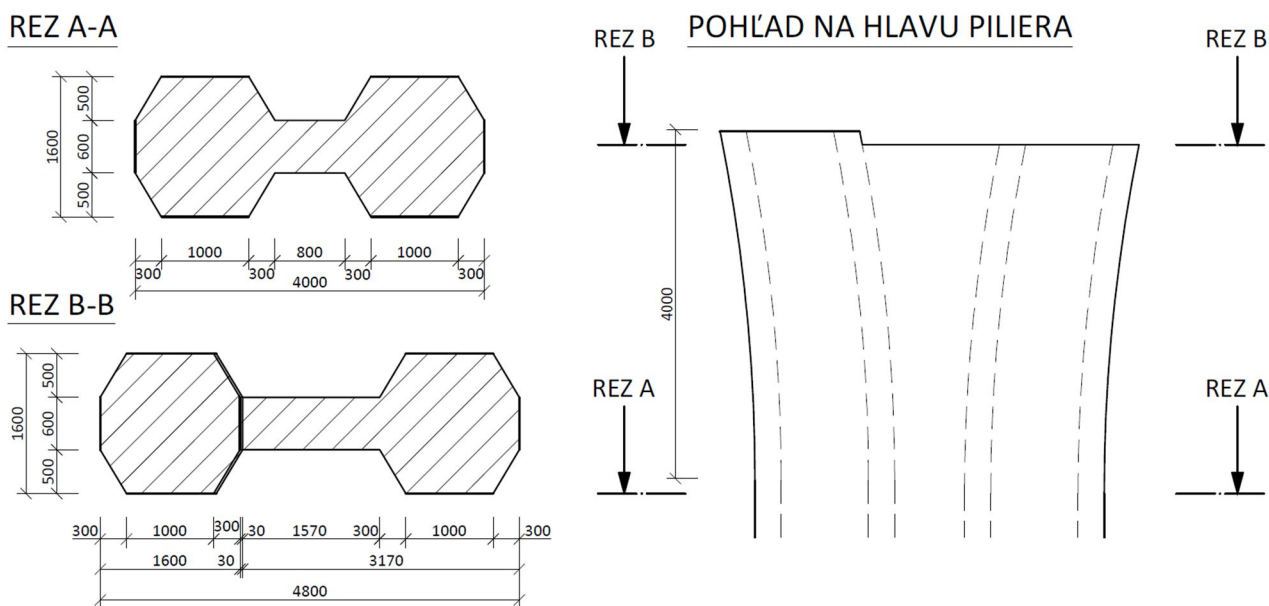
Výstuž pätiiek musí byť v minimálnej stanovenej dĺžke zakotvená do budúcich pilierov a opôr. Horný povrch pätiiek je v pozdĺžnom smere v sklone 5,0% pre zaistenie odtoku vody.

4.1.3. Spodná stavba

Monolitické železobetónové piliere (celkovo 6) majú prierez zakreslený na obrázku 4.1. Tento prierez sa 4,0m pod hlavou piliera začína postupne rozširovať až po vrch, aby bola dodržaná osová vzdialenosť ložísk. Na každom pilieri sú umiestnené úložné bloky o veľkosti 1,20 x 1,20m, na ktoré budú umiestnené ložiská. Každý pilier má odlišnú výšku, viz. výkres P3.002.Pozdĺžny rez.

Monolitické opory sa skladajú z drieku, úložného prahu, úložného bloku a záverného múrika. Dĺžka oboch opier je 13,60m a šírka je 3,75m. Výška drieku opory na začiatku staničenia je 5,50m, výška záverného múrika vrátane úložného prahu je 3,20m. Výška drieku opory na konci staničenia je 4,00m, výška záverného múrika vrátane úložného prahu rovnaká ako v prvej opore. Úložný prah je vybudovaný so sklonom 4,0% smerom od záverného múrika.

Na pravej a ľavej strane opory sú vyhotovené kolmé krídla hrúbky 0,75m a na záverný múrik je uložená prechodová doska v sklone 1:10 s dĺžkou 6,0m a hrúbkou 0,30m.



Obrázok 4. 1: Prierez piliera

4.1.4. Hlavná nosná konštrukcia

Hlavná nosná časť mostu je tvorená dodatočne predpätou komorovou konštrukciou so sklonenými krajnými stenami. Most je takmer po celej jeho dĺžke pôdorysne zakrivený s polomerom $R = 440\text{m}$. Celková dĺžka premostenia je $273,0\text{m}$, celková dĺžka hlavnej nosnej konštrukcie je $275,0\text{m}$. Konštrukcia je navrhnutá na 7 polí ($1 \times 23\text{m} + 5 \times 44\text{m} + 1 \times 30\text{m}$). Komorový prierez má šírku $13,60\text{m}$ a výšku $2,20\text{m}$. Steny a spodná doska komory sa od $1/4$ poľa smerom ku podpore postupne rozširujú. Steny sa rozširujú z $0,6\text{m}$ na $0,8\text{m}$, spodná doska z $0,3\text{m}$ na $0,5\text{m}$.

Dĺžka konzol hornej dosky je na obe strany rovnaká a to $3,50\text{m}$. Hrúbka je $0,5\text{m}$ v mieste votknutia a $0,3\text{m}$ na voľnom konci konzoly. Horná doska komory má po celej dĺžke rovnakú hrúbku $0,3\text{m}$, ale $1,137\text{m}$ od osi nosnej konštrukcie mostu sa začína na obe strany postupne zväčšovať až do votknutia na hrúbku $0,5\text{m}$.

V konštrukcii je navrhnutá prepínacia výstuž Y1860-S7-15,7 a betonárska výstuž B500B. Predpätie sa skladá z ôsmich predpínaných káblov (4 káble na každú stenu komory) a každý jeden kábel z 27 lán, takže celkovo je v konštrukcii 216 lán. Káble sú umiestnené v ocelevej hadici s vonkajším priemerom 120mm .

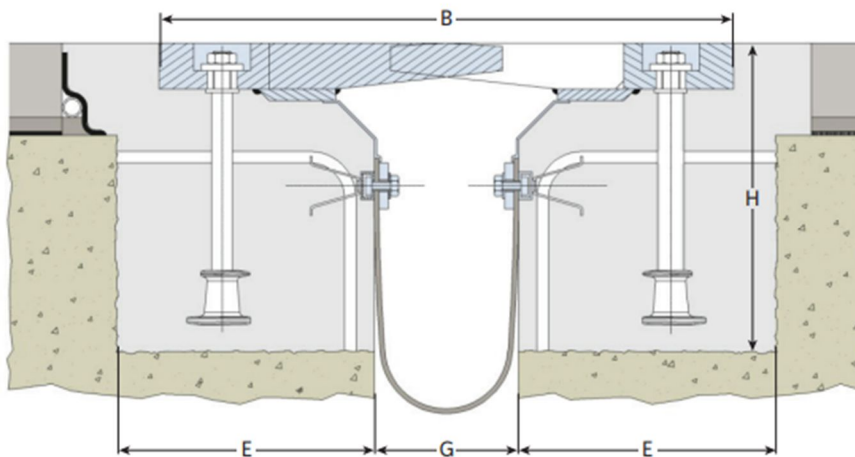
Takmer celá nosná konštrukcia je v $4,0\%$ jednostrannom priečnom sklone, ale konzola pod rímsou s núdzovým chodníkom má opačný sklon rovnako s hodnotou $4,0\%$.

Nad každým pilierom je na začiatku výstavby postavený priečnik, zaistený na ložiskách. Priečnik má šírku $2,0\text{m}$, kopíruje vonkajšie rozmery komory, ale vo vnútri má navrhnutý len prielezny otvor s rozmermi $1,20 \times 0,80\text{m}$. Z priečniku trčí stykovaná výstuž na obe strany, na ktorú sa časom pripojí hlavná nosná konštrukcia v poli.

4.2. Mostné vybavenie

4.2.1. Mostné závery

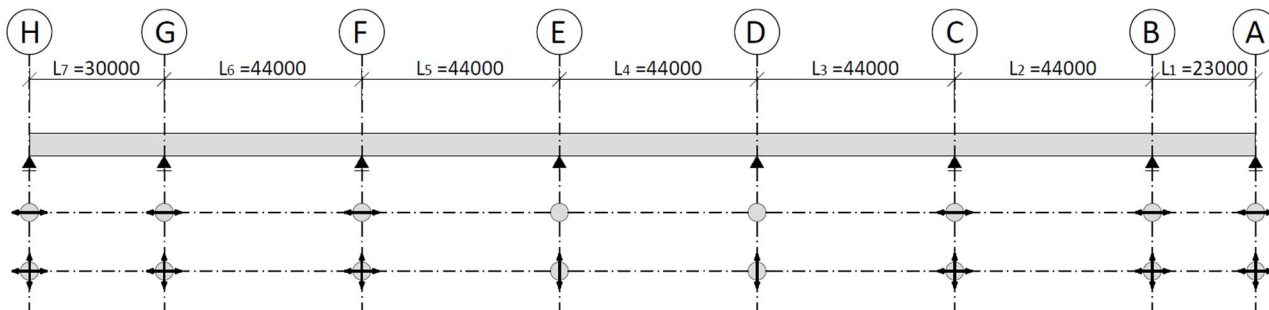
Na oboch stranách konštrukcie sú navrhnuté hrebeňové (prstové) mostné závery CIPEC WP 350 od firmy Freyssinet.



Obrázok 4. 2: Schéma použitého mostného záveru [13]

4.2.2. Ložiská

Pomocou ložísk položených na úložných blokoch sa tiaž hlavnej nosnej konštrukcie prenesie na spodnú stavbu. Na obrázku 4.3. je vykreslené nastavenie povolených posunov v jednotlivých ložiskách. V smere výstavby sú horné ložiská v skutočnosti na pravej strane, spodné ložiská na ľavej strane.



Obrázok 4. 3: Nastavenie posunov pre jednotlivé ložiská

4.2.3. Izolácie

Základové pätky a povrch zasypaných častí opier a krídel budú ochránené izolačným náterom ALP + 2xALN + geotextília, hranica náterov je 200mm pod upraveným terénom. Rub opôr a krídel sa ponatiera vrstvami ALP + NAIP + geotextília. Medzi zásypom za oporami a výkopom je umiestnená tesniaca clona z PVC, hrúbka clony sú 2 mm.

4.2.4. Odvodnenie

Rub opory je odvodnený pomocou drenážnej trubice DN150, ktorá je vyvedená pred oporu.

Z vozovky je povrchová voda odvedená pomocou priečného a pozdĺžneho sklonu do mostného odvodňovača. Odvodňovače sú umiestnené na celej nosnej konštrukcii po 20m. Následne sa voda dostane do pozdĺžneho zvodu (DN200), z ktorého sa v podporách C a E dostane zvislým zvodom (DN200) na terén, alebo bude voda za oporou A vyvedená sklzom do priekopy.

4.2.5. Návrh vozovky

Tabuľka 4. 1: Jednotlivé vrstvy vo vozovke [2]

Vrstva	Hrúbka [mm]	Šírka [m]
Asfaltový koberec mastixový SMA 11 S 40	40	11,75
Spojovací postrek - modifikovaný PS, EK-M	-	-
Asfaltový betón pre ložnú vrstvu ACL 16 S 60	60	11,75
Spojovací postrek - modifikovaný PS, EK-M	-	-
Liaty asfalt MA 11 IV 35	35	11,75
Celoplošná izoláčná vrstva	5	13,60
Celkovo	140	-

4.2.6. Rímasy, zvodidlá a zábradlie

Na pravej strane konštrukcie je umiestená rímša so šírkou 1,55m a na ľavej strane má rímša šírku 0,80m. Výška odkvapového nosa oboch rímsov je 0,60m a šírka 0,25m. Obe rímasy sú v sklone 4,0%, ale ľavá rímša je v sklone s väčšou časťou konštrukcie a pravá rímša je v opačnom sklone. Rímasy budú do nosnej konštrukcie pripevnené pomocou kotiev vlepými do vývrtu.

Na väčšej pravej rímse sa nachádza núdzový chodník so šírkou 0,75m, zábradlie a zvodidlá. Zábradlie je navrhnuté na min. výšku 1,10m so zvislou výplňou. Zvodidlá sú navrhnuté na úroveň zadržania H3, minimálna výška zvodidla je 0,75m. Na menšej rímse je umiestnené oceľové zábradľové zvodidlo s min. výškou 1,10m a úrovňou zadržania H3. Zvodidlá budú do rímasy mechanicky zakotvené pomocou päťnej dosky.

4.2.7. Revízne zariadenia

Na oboch stranách mostu je vytvorený revízny otvor v spodnej doske komory. Otvor má veľkosť 1,0 x 1,0m a jeho os je vzdialená 3,50m od ložiska.

Rovnako na oboch stranách mostu je navrhnuté revízne schodisko so šírkou 1,0m. Na začiatku výstavby pri opore A má schodisko 27 stupňov, pri opore H má 36 stupňov. Schody majú výšku 160mm a šírku 300mm. Schodisko je z oboch strán opatrené obrubníkom šírky 100mm.

5. ZHRNUTIE STATICKÉHO VÝPOČTU

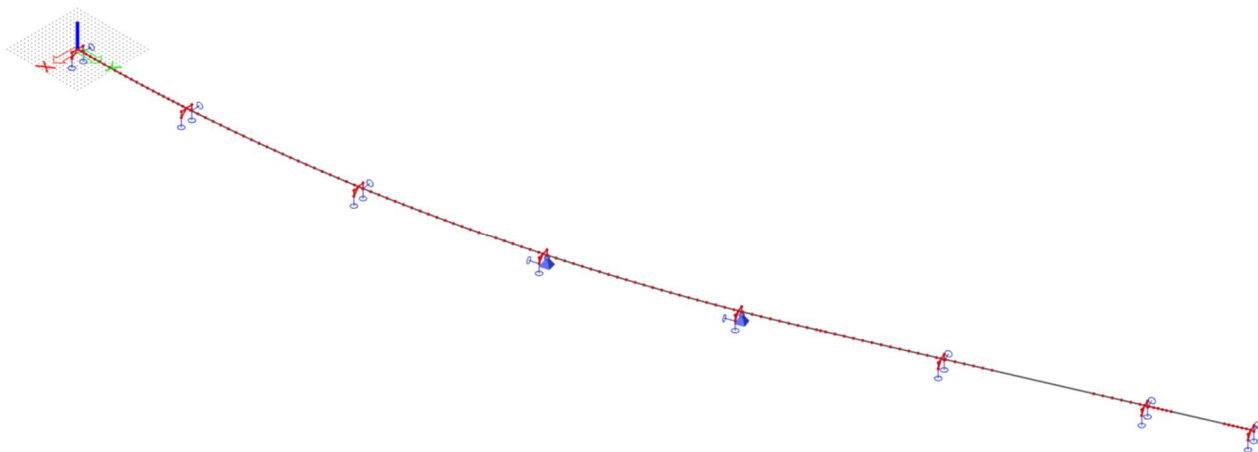
V tejto kapitole sú popísané jednotlivé modely vytvorené v programe SCIA Engineer 22, ktoré boli použité pri výpočte vnútorných síl. V statickom výpočte je detailne popísaný návrh postupnej výstavby, posúdenie pozdĺžneho smeru konštrukcie na medzný stav únosnosti a použiteľnosti, posúdenia konštrukcie v priečnom smere či posúdenie únosnosti priečnika.

Vo výkrese P4.001 – Schéma stavebného postupu je detailne popísaná každá fáza výstavby mostu. Teoretická doba výstavby hlavnej nosnej konštrukcie je 278 dní.

5.1. Použité modely

5.1.1. Model č.1

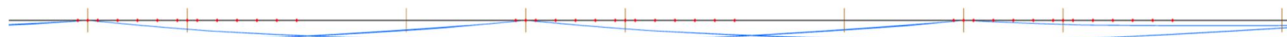
Prvý prúťový model bol vytvorený ako všeobecná konštrukcia XYZ, konštrukcia kopíruje tvar skutočnej nosnej konštrukcie. Model bol vyhotovený vrátane priečnikov, s postupným rozširovaním stien a spodnej dosky komory. Prierezy boli do programu importované z programu AutoCAD 2022 s dodržaným priečnym sklonom. Pozdĺžny sklon bol vo všetkých modeloch zanedbaný.



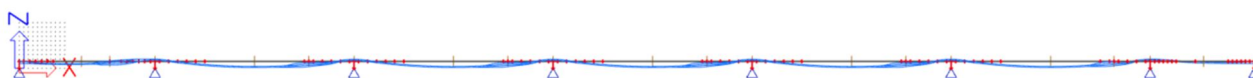
Obrázok 5. 1: Výpočtový model č.1 – posúdenie v pozdĺžnom smere

5.1.2. Model č.2

Druhý prúťový model bol vytvorený ako 2D konštrukcia v Rám XZ. Tento model slúži na časovú analýzu konštrukcie využívanej pri posúdení postupnej výstavby. Káble v konštrukcii boli najprv vymodelované v AutoCADe a následne pomocou súradníc jednotlivých oblúkov a ich polomerov vymodelované v SCII. Káble v oblúku boli v pôdoryse vymodelované s polomerom $R = 440\text{m}$ pre zohľadnenie krútiacich účinkov na konštrukciu.



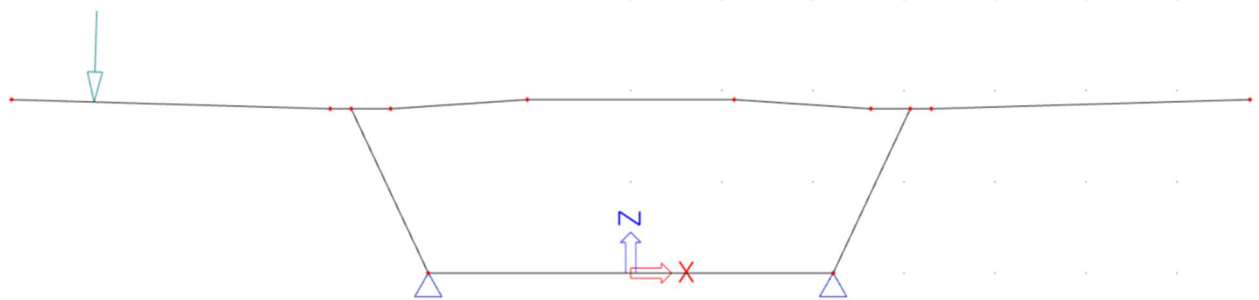
Obrázok 5. 3: Pôdorysné zakrivenie káblov v konštrukcii



Obrázok 5. 2: Výpočtový model č.2 - časovo závislá analýza konštrukcie

5.1.3. Model č.3

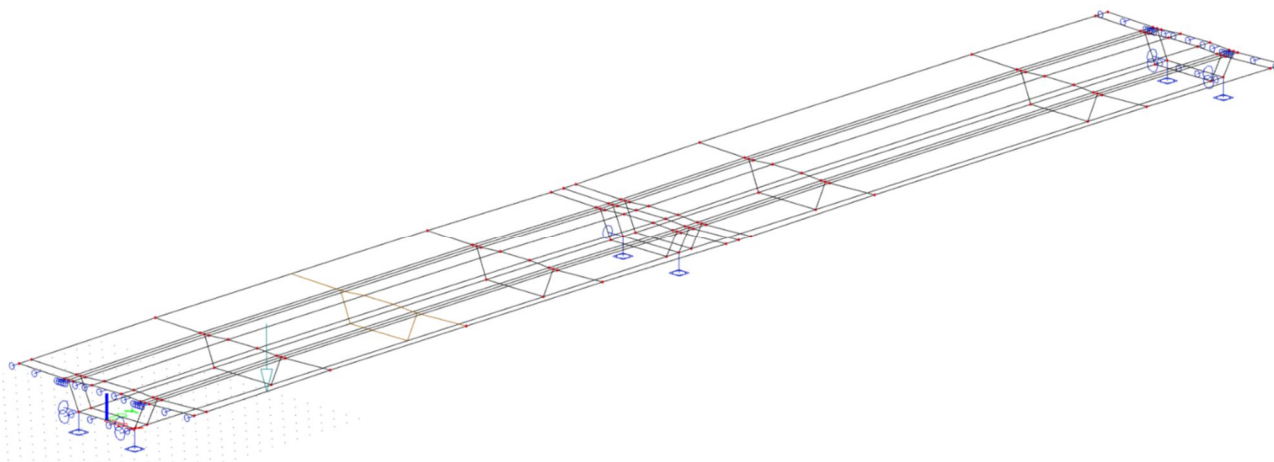
Ďalší průřevový model bol vytvorený ako konštrukcia Rám XZ. Model slúži na porovnanie vnútorných síl s doskovým modelom č.4 pri posúdení priečneho smeru.



Obrázok 5. 4: Výpočtový model č.3 - model pre porovnanie s doskovým modelom

5.1.4. Model č.4

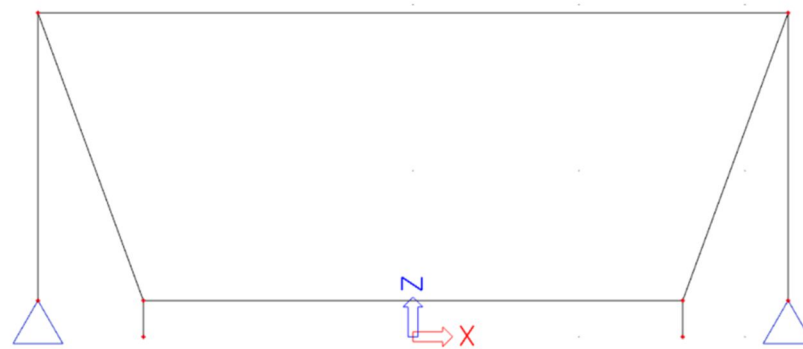
Štvrtým modelom využitým pri výpočte je 3D doskosenový model vymodelovaný ako všeobecná konštrukcia XYZ. Konštrukcia je vymodelovaná ako výsek mostu na dĺžku 2 polí (2 x 44m). V modeli je zohľadnené postupné rozširovanie stien a spodnej dosky komory. Vďaka tomuto modelu sú hodnoty vnútorných síl pri posúdení v priečnom smere reálnejšie a je možné navrhnuť rozdielnú výstuž v poli a nad podporou.



Obrázok 5. 5: Výpočtový model č.4 - doskosenový 3D model na posúdenie priečneho smeru

5.1.5. Model č.5

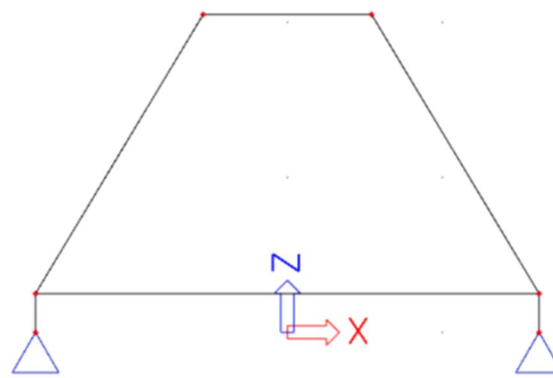
Předposledný model na výpočet vnitřních síl v průřezu je prútový a vytvořený jako konstrukce Rám XZ. Model se nazývá jako „strut and tie“ alebo model „SaT“. Vytvorí sa konštrukcia zo vzpier a tiahel, následne sa posúdia ich vnútorné sily.



Obrázok 5. 6: Výpočtový model č.5 - model SaT

5.1.6. Model č.6

Posledný šiesty model je opäť model SaT vytvorený z prútov. Tento typ modelu slúži na posúdenie krútiacich účinkov na priečnik. Model je zaťažovaný raz z pravej a raz z ľavej strany, vnútorné sily sa porovnávajú a posúdia.



Obrázok 5. 7: Výpočtový model č.6 - model SaT na posúdenie krútiacich účinkov

6. POŽIADAVKY NA BEZPEČNOSTĚ A OCHRANU ZDRAVIA

Pri realizácii stavby je nutné dodržať všetky podmienky stanovené stavebným povolením. Je potrebné zoznámiť všetky zúčastnené osoby s bezpečnostnými zákonmi, vyhláškami, hygienickými predpismi a nariadeniami vlády.

Požiarna bezpečnosť je zaistená vhodnými stavebnými materiálmi a správnym návrhom.

ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo vypracovať podrobný návrh pôdorysne zakriveného mostu. Z troch vypracovaných variantov bol vybraný jeden variant – komorová konštrukcia so sklonenými stenami. Pre konštrukciu bolo vytvorených viacero modelov a každý bol zaťažený podľa popisu v statickom výpočte. Bolo navrhnuté predpätie, posúdená postupná výstavba, priečny smer a priečnik. Hlavná nosná konštrukcia vyhovuje na medzný stav únosnosti aj použiteľnosti. Taktiež bola vypracovaná vizualizácia, schematicky zakreslený postup výstavby a výkresová dokumentácia.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1]. ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [2]. ČSN 73 6242 Navrhování a provádění vozovek na mostech a pozemních komunikacích.
- [3]. ČSN EN 1991-2 Zatížení mostů dopravou.
- [4]. ČSN EN 1991-1-4 ed.2 (73 0035) Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [5]. FREYSSINET CS, a.s. [online]. [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/195-prospekty>
- [6]. Bowstring Movable Scaffolding System with Organic Prestressing System. Magdaléna Sobotková, In cooperation with BERD and Slovak Technical University (Peter Paulik). e-mosty. 4/2017, December. ISSN 2336-8179
- [7]. ČSN EN 1990 – Změna A1 (73 0002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [8]. ČSN EN 1992-2 – Změna Z3 (73 6208) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [9]. STRÁSKÝ, Jiří. Betonové mosty. Praha: SEL, spol., 2001, 104 s. ISBN 80-86426--05-X.
- [10]. ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.
- [11]. ČSN 73 6214 Navrhování betonových mostních konstrukcí.
- [12]. Piloty "CFA" – vrtané průběžným šnekem. Keller – speciální zakládání, spol. s r.o.. Dostupné z https://www.keller-cz.com/sites/keller-cz/files/2021-07/e_brochure_technique_220_cfa_cz_interactive.pdf
- [13]. Mostní závěry Freyssinet. FREYSSINET CS, a.s. [online]. Dostupné z: https://www.freyssinet.cz/gallery/mostn%C3%AD_z%C3%A1v%C4%9Bry_cz_cv1_09_15.pdf

ZOZNAM POUŽITÝCH PROGRAMOV

Microsoft Word

Microsoft Excel

Autodesk AutoCAD 2022

SCIA Engineer 22

Idea StatiCa Detail

Rhinoceros 7

Lumion 2023

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1. 1: Variant A – prierez v poli	10
Obrázok 1. 2: Variant A - prierez nad podporou	11
Obrázok 1. 3: Variant B - prierez nad podporou	12
Obrázok 1. 4: Variant B – prierez v poli	12
Obrázok 1. 5: Variant C – prierez v poli	13
Obrázok 1. 6: Variant C - prierez nad podporou	14
Obrázok 1. 7: Pohľad zospodu na vybraný variant hlavnej nosnej konštrukcie	14
Obrázok 4. 1: Prierez piliera	19
Obrázok 4. 2: Schéma použitého mostného záveru [13]	20
Obrázok 4. 3: Nastavenie posunov pre jednotlivé ložiská	20
Obrázok 5. 1: Výpočtový model č.1 – posúdenie v pozdĺžnom smere	22
Obrázok 5. 3: Výpočtový model č.2 - časovo závislá analýza konštrukcie	22
Obrázok 5. 2: Pôdorysné zakrivenie káblov v konštrukcii	22
Obrázok 5. 4: Výpočtový model č.3 - model pre porovnanie s doskovým modelom	23
Obrázok 5. 5: Výpočtový model č.4 - doskostenový 3D model na posúdenie priečného smeru	23
Obrázok 5. 6: Výpočtový model č.5 - model SaT	24
Obrázok 5. 7: Výpočtový model č.6 - model SaT na posúdenie krútiacich účinkov	24

ZOZNAM PRÍLOH

P1. Použité podklady

P1.001. Situácia – podklad pre návrh	M 1:250
P1.002. Pozdĺžny rez – podklad pre návrh	M 1:250
P1.003. Priečny rez – podklad pre návrh	M 1:50

P2. Varianty riešenia

P2.001. Variant "A" – pozdĺžny rez	M 1:250
P2.002. Variant "A" – priečny rez	M 1:50
P2.003. Variant "B" – pozdĺžny rez	M 1:250
P2.004. Variant "B" – priečny rez	M 1:50
P2.005. Variant "C" – pozdĺžny rez	M 1:250
P2.006. Variant "C" – priečny rez	M 1:50

P3. Výkresová dokumentácia

P3.001. Situácia	M 1:250
P3.002. Pozdĺžny rez	M 1:250
P3.003. Priečne rezy	M 1:50
P3.004. Výkres predpínacej výstuže - fázy 1-2	M 1:50, 1:100
P3.005. Výkres predpínacej výstuže - fázy 3-4	M 1:50, 1:100
P3.006. Výkres predpínacej výstuže - fázy 5-7	M 1:50, 1:100
P3.007 - Výkres betonárskej výstuže - typické pole	M 1:50, 1:100
P3.008 - Výkres betonárskej výstuže – priečnik	M 1:50

P4. Stavebný postup a vizualizácia

P4.001. Schéma stavebného postupu	M 1:1000
P4.002. Vizualizácia	

P5. Statický výpočet