



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

DÁLNIČNÍ VÍCEPOLOVÝ MOST

MULTI-SPAN HIGHWAY BRIDGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Lukáš Doležal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN KOLÁČEK, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N0732A260026 Stavební inženýrství – konstrukce a dopravní stavby
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Lukáš Doležal
Název	Dálniční vícepolový 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 Kolářek, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem dálničního vícepolového mostu, který převádí dálnici D35 přes údolí Řepovského potoka, polní cesty a biokoridor. Ze tří variant řešení byl vybrán komorový spojitý průřez se šikmými stěnami o 10 polích. Mostovka je tvořena monolitickým, dodatečně předpjatým nosníkem. Nosná konstrukce je betonována po fázích na pevné a výsuvné skruži. Celková délka nosné konstrukce je 560 m.

Analýza konstrukce byla provedena na několika modelech, které byly vytvořeny v programech Midas Civil a SCIA Engineer 18.1. Posouzení na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti bylo provedeno ve všech fázích výstavby a v čase životnosti v podélném i příčném směru. Součástí analýzy v podélném směru je i časově závislá analýza, která zohledňuje fáze výstavby. Statický výpočet byl vypracován pomocí programu MS Excel podle platných norem. Na závěr byla zpracována výkresová dokumentace a vizualizace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Předpjatý beton, dálniční most, komorový most, časově závislá analýza, pohyblivé zatížení, příhradová analogie, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, zatížení mostu dopravou.

ABSTRACT

The subject of diploma thesis is designing multi-span highway bridge over Řepovský potok valley, dirt roads and biocorridor. Three variants of bridge were designed and one of them – box girder 10 span bridge, has been chosen. Bridge deck is made from cast in place post tension prestressed beam. Load-bearing structure is concreting step by step on fixed and moving support. Total length of bridge is 560 m.

The analysis of structure was projected on several computational models. They have been made in software Midas Civil and SCIA Engineer 18.1. The assessments of ultimate limit state and serviceability limit state were made in all steps of building in longitudinal and cross direction. In the analysis in longitudinal direction is included the time dependent analysis. Structural design was made in software MS Excel according to valid standards. Finally, drawing documentation and visualization were made.

KEYWORDS

Prestressed concrete, highway bridge, box girder bridge, time dependent analysis, moving loads, strut and tie model, ultimate limit state, serviceability limit state, traffic load on the bridge

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Lukáš Doležal *Dálniční vícepolový most*. Brno, 2022. 37 s., 141 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Koláček, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Lukáš Doležal
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Dálniční vícepolový most* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Lukáš Doležal
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce panu Ing. Janu Koláčkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a odborné vedení práce.

Dále bych chtěl poděkovat všem svým nejbližším, kamarádům a kolegům za jejich podporu po celou dobu studia.

Obsah

1. ÚVOD.....	10
2. VARIANTY ŘEŠENÍ.....	11
2.1 VARIANTA 1.....	11
2.2 VARIANTA 2.....	12
2.3 VARIANTA 3.....	12
2.4 VÝBĚR VARIANTY.....	13
3. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ.....	14
3.1 ŠÍŘKOVÉ USPOŘÁDÁNÍ PŘEVÁDĚNÉ KOMUNIKACE.....	14
3.2 MATERIÁLY.....	15
4. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU.....	15
4.1 VYTYČENÍ.....	15
4.2 ZEMNÍ PRÁCE.....	15
4.3 ZALOŽENÍ.....	15
4.4 SPODNÍ STAVBA.....	16
4.4.1 OPĚRY.....	16
4.4.2 PILÍŘE.....	16
4.5 HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE.....	16
4.6 ULOŽENÍ MOSTU.....	17
4.6.1 LOŽISKA.....	17
4.7 IZOLACE A ODVODNĚNÍ.....	17
4.8 MOSTNÍ SVRŠEK.....	18
4.8.1 ŘÍMSY.....	18
4.8.2 VOZOVKA.....	18
4.8.3 ZÁDRŽNÉ SYSTÉMY.....	18
4.9 ÚPRAVY SVAHŮ.....	19
4.10 DALŠÍ ZAŘÍZENÍ NA MOSTĚ.....	19
5. ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU.....	19
5.1 GEOMETRIE MOSTU.....	19
5.2 VÝPOČETNÍ MODEL.....	19
5.3 PRŮŘEZOVÉ CHRAKTERISTIKY A SPOLUPŮSOBÍCÍ ŠÍŘKY.....	20
5.4 ZATÍŽENÍ.....	21

5.4.1 STÁLÁ ZATÍŽENÍ	21
5.4.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ.....	21
5.4.3 KLIMATICKÁ ZATÍŽENÍ	21
5.5 PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH PŘEDPĚTÍ.....	22
5.6 PŘESNÝ NÁVRH PŘEDPĚTÍ	22
5.7 KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL	23
5.8 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.....	23
5.8.1 OMEZENÍ NAPĚTÍ.....	23
5.8.2 OMEZENÍ VZNIKU TRHLIN.....	24
5.8.3 OMEZENÍ PRŮHYBU	24
5.8.4 ZÁVĚR MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI	24
5.9 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI	24
5.9.1 PODÉLNÝ OHYB	24
5.9.2 INTERAKCE POSOUVAJÍCÍ SÍLY A KROUTÍCÍHO MOMENTU.....	24
5.10 PŘÍČNÝ SMĚR.....	25
5.10.1 DESKOSTĚNOVÝ MODEL.....	26
5.11 PŘÍČNÍK	27
5.11.1 KROUCENÍ PŘÍČNÍKU	27
5.12. KOTEVNÍ OBLAST	28
5.13 GLOBÁLNÍ STABILITA	28
6. POSTUP VÝSTAVBY.....	29
6.1. PŘÍPRAVNÉ PRÁCE.....	29
6.2 VÝSTAVBA HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	29
6.3 DOKONČOVACÍ PRÁCE.....	29
7. ZÁVĚR.....	30
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	31
SEZNAM TABULEK.....	31
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	32
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	34
SEZNAM PŘÍLOH	37

1. ÚVOD

Cílem této diplomové práce je navrhnout a posoudit hlavní nosnou konstrukci nad převádějící dálnici D35 přes údolí Řepovského potoka v extravilánu obce Řepová v Olomouckém kraji. Jsou vypracovány 3 varianty řešení, z nichž je varianta 2 vybrána pro podrobný výpočet.

Vybranou variantou je komorový průřez se šikmými stěnami z monolitického dodatečně předpjatého betonu o 10 polích.

Most je vymodelován v programu Midas Civil jako prutový model včetně spodní stavby pro statickou analýzu v podélném směru. Při této statické analýze je zohledněna postupná výstavba konstrukce. Celá konstrukce je betonována v 11 fázích výstavby. Pro posouzení mostovky v příčném směru je vymodelován deskostěnový model v programu SCIA Engineer 18.1.

Hlavní nosná konstrukce je posouzena na mezní stav použitelnosti a mezní stav únosnosti ve všech fázích výstavby a při finálním působení. Tato část je detailně zpracována v příloze P4. Statický výpočet. Na závěr práce je vytvořena výkresová dokumentace a vizualizace.

2. VARIANTY ŘEŠENÍ

Pro předběžný návrh mostu jsou zpracovány 3 varianty řešení pro přemostění údolí. Všechny varianty mají stejnou délku nosné konstrukce 560 m, jsou přímé a mají totožnou niveletu převáděné komunikace (klesání 2 % ve směru staničení). Příčný sklon vozovky je na pravém i levém mostě 2,5 % směrem od nivelety k vnějšímu lící mostu. U každé varianty jsou zhodnoceny jejich výhody a nevýhody. Následuje výběr jedné z variant pro podrobné řešení.

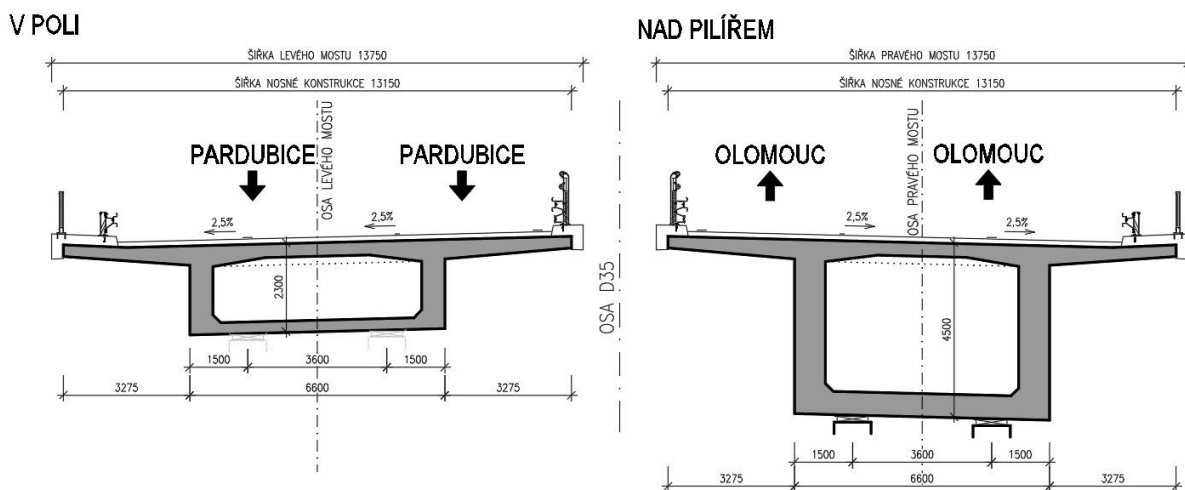
Podrobné rozměry variant jsou uvedeny v příloze P1.

2.1 VARIANTA 1

První variantou je předpjatý komorový průřez s kolmými stěnami o 10 polích. Rozpětí polí jsou 41 + 3 x 49 + 60 + 2 x 80 + 60 + 49 + 41 m, přičemž pole o rozpětí 80 m má po výšce proměnný průřez. V polích o rozpětí 60 m přechází průřez s náběhy do konstantního průřezu a zbývající pole mají průřez o konstantní výšce. V konstantní části a uprostřed pole v části s náběhy je průřez vysoký 2,3 m. U podpor v části s náběhy je průřez vysoký 4,5 m. Šířka nosné konstrukce je 13,15 m, šířka komory je 6,6 m a konzoly jsou 3,275 m dlouhé. Nejmenší výška horní desky je 0,35 m, spodní deska je v polích tlustá 0,3 m a u podpor 0,6 m. Konzoly mají ve vetknutí tloušťku 0,5 m a na volném okraji 0,3 m. Tloušťka stěn komory je 0,6 m v poli a 0,8 m nad podporou. Osová vzdálenost ložisek je 3,6 m.

Výhodou komorového průřezu je vysoká tuhost v kroucení, možnost dosahovat velkých rozpětí při úspoře betonu nosné konstrukce a spodní stavby. Prostor vnitřku komory je možné využít pro dodatečné předpětí volnými kabely při rekonstrukcích nebo vedení inženýrských sítí. Je také usnadněná diagnostika mostu. Při průřezu s náběhy je možno dosahovat větších rozpětí.

Nevýhodou tohoto typu konstrukce je složitost bednění a náročnost výstavby. Tento typ konstrukce vyžaduje také betonování letmo ze zárodku, a to dále zvyšuje náklady na dílo.

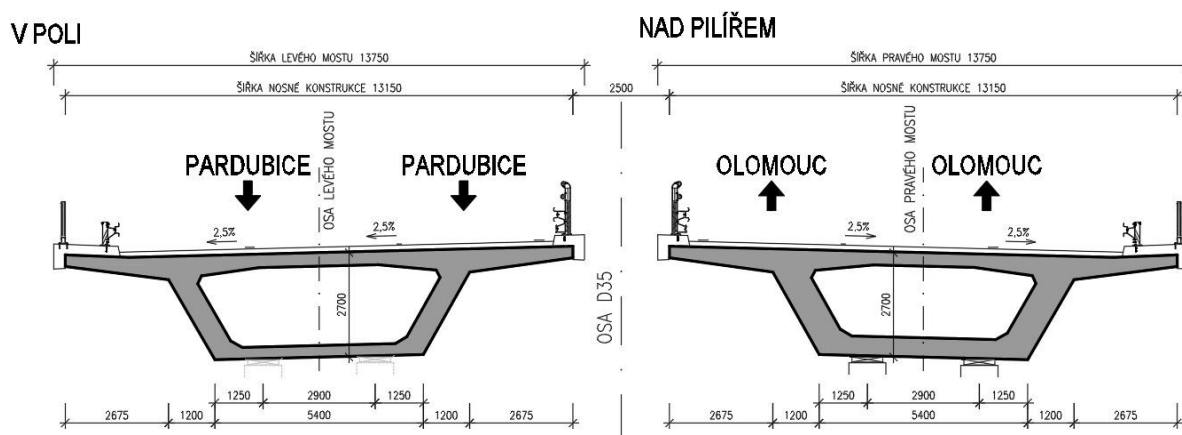


Obr. 1 Varianta 1

2.2 VARIANTA 2

Druhou variantou je předpjatý komorový průřez se šikmými stěnami o 10 polích. Rozpětí polí jsou $43 + 8 \times 59 + 43$ m. Všechna pole mají průřez o výšce 2,7 m. Šířka nosné konstrukce je 13,15 m. Šířka komory je 5,4 m v nejužším místě, po výšce se šířka komory rozšiřuje o 1,2 m na obě strany. Konzoly jsou dlouhé 2,675 m. Nejmenší výška horní desky je 0,35 m, spodní deska je v polích tlustá 0,3 m a u podpor 0,6 m. Konzoly mají ve vetknutí tloušťku 0,6 m a na volném okraji 0,3 m. Tloušťka stěn komory je 0,6 m v poli a 0,8 m nad podporou. Osová vzdálenost ložisek je 2,9 m.

Výhody a nevýhody jsou podobné jako u komorového průřezu z varianty 1, ale odpadá letmá betonáž.



Obr. 2 Varianta 2

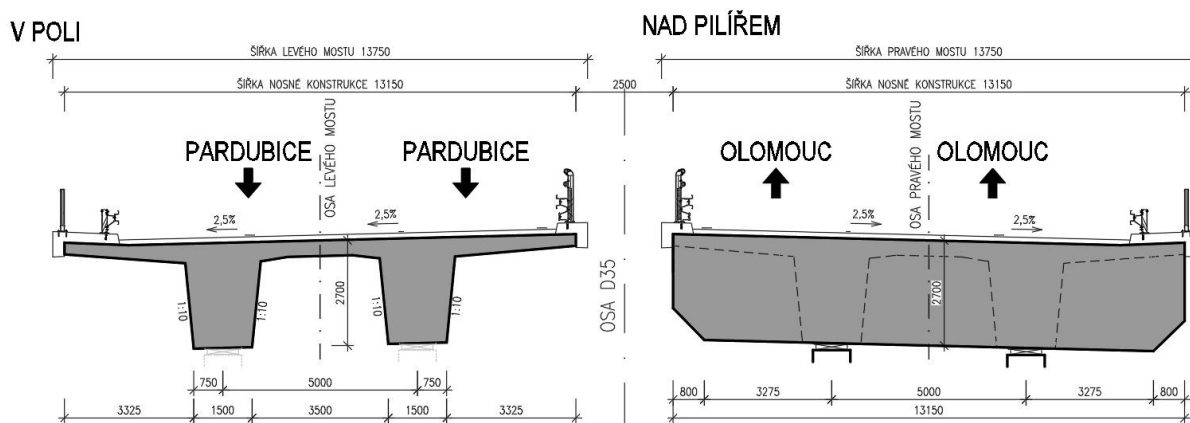
2.3 VARIANTA 3

Třetí variantou je předpjatý dvoutrámový průřez o 14 polích. Rozpětí polí je $33 + 12 \times 41 + 33$ m. Všechna pole mají konstantní výšku průřezu 2,7 m. Šířka nosné konstrukce je 13,15 m. Osová vzdálenost trámů a ložisek je 5 m. Trámy jsou na spodním líci široké 1,5 m a poté se ve sklonu 1:10 rozšiřují až na šířku 1,94 m. Konzoly jsou dlouhé 3,325 m. Nejmenší výška horní desky je 0,40 m. Konzoly mají ve vetknutí tloušťku 0,5 m a na volném okraji 0,3 m.

Výhodou trámového průřezu je relativně malá průřezová plocha a velký moment setrvačnosti a průřezový modul. Výhodou oproti jiným typům konstrukcí je jednodušší a levnější výstavba.

Za jednu z nevýhod lze považovat složitou diagnostiku konstrukcí. Další nevýhodou je i nutnost podepřít každý trám zvlášť, což vede na velký počet stojek nebo neestetickému uložení přes příčník.

Dvoutrámový průřez je vhodný spíše na střední rozpětí do 45 m.



Obr. 3 Varianta 3

2.4 VÝBĚR VARIANTY

Jako nejpříjemnější návrh byla vybrána varianta 2. Komorový průřez má velkou tuhost v kroucení a velký moment setrvačnosti při relativně malé ploše betonu. Tato konstrukce nejlépe zapadá do okolní krajiny, šikmé stěny komory plynule navazují na pilíře spodní stavby a působí tak esteticky. Díky užšímu příčnému řezu není nutno navrhovat příčné předpětí. Výhodou je také úspora betonu a použití menšího počtu ložisek. Oproti dvoutrámu jsou tedy náklady na údržbu nižší. Poslední výhodou je i jednodušší výstavba ve srovnání s komorovým průřezem s náběhy.

3. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ

Druh převáděné komunikace:	pozemní komunikace
Počet jízdních pruhů:	2 pruhy na každém mostě (kat. D26,0/130)
Druh mostu:	komorový dodatečně předpjatý, monolitický, trvalý
Délka mostu:	577,797 m
Délka nosné konstrukce:	560,000 m
Délka přemostění:	556,440 m
Rozpětí polí:	43 + 8 x 59 + 43 m
Šikmost mostu:	kolmý, 100 ^g
Výška mostu nad dnem potoka:	47,51 m
Volná výška:	43,154 m
Stavební výška:	3,24 m
Celková šířka mostu:	13,75 + 1,9 + 13,75 = 29,4 m
Volná šířka na mostě:	11,25 m
Šířka nouzového chodníku:	revizní 0,75 m, veřejné nejsou navrženy
Zatížení mostu:	pozemní komunikace 1. skupiny dle ČSN EN 1991-2

3.1 ŠÍŘKOVÉ USPOŘÁDÁNÍ PŘEVÁDĚNÉ KOMUNIKACE

Převáděná komunikace je kategorií šířky a návrhové rychlosti D26,5/130.

Zpevněná krajnice:	3,25 m
Vodící proužek:	0,25 m
Jízdní pruh:	3,75 m
Jízdní pruh:	3,50 m
Vodící proužek:	0,25 m
Zpevněná krajnice:	0,25 m
Střední dělicí pás:	3,50 m
Zpevněná krajnice:	0,25 m
Vodící proužek:	0,25 m
Jízdní pruh:	3,50 m
Jízdní pruh:	3,75 m
Vodící proužek:	0,25 m
Zpevněná krajnice:	3,25 m

3.2 MATERIÁLY

BETON:	Podkladní beton:	C16/20
	Piloty:	C30/37 – XA1
	Základy:	C30/37- XF2, XA1
	Opěry:	C30/37 – XF2, XD2, XC4
	Pilíře:	C30/37 – XF2, XD2, XC4
	Hlavní nosná konstrukce:	C40/50 – XF2, XD3, XC4
	Podložiskové bloky:	C35/45 – XF2, XD3, XC4
	Závěrné zídky:	C30/37 – XF2, XD2, XC4
	Křídla:	C30/37 – XF2, XD2, XC4
	Přechodové desky:	C30/37 – XF2, XD2, XC4
	Římsy:	C35/45 – XF4, XD3, XC4

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ:	B500B
PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ:	Y-1860 S7-15,7 A
PŘEDPÍNACÍ TYČE:	950/1050 40 WR

4. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU

4.1 VYTYČENÍ

Most je umístěn v polohovém souřadném systému S-JTSK a výškovém systému B.p.v.

4.2 ZEMNÍ PRÁCE

Nejprve bude provedena skrývka ornice dle pedologického průzkumu na celé ploše staveniště. Ta bude uskladněna dle platných předpisů.

Poté proběhne vrtání pilot z terénu a jejich armování a betonáž (viz. 4.3).

Následně proběhnou výkopové práce spolu s postupným odbouráváním pilot až na požadovanou výšku základové spáry (piloty budou do výšky +0,5 m nad základovou spáru). Stěny výkopů budou svahované maximálně ve sklonu 1:1.

Přechodové oblasti, násypy kolem opěr a zásypy kolem základů budou provedeny vhodným materiálem dle TKP. Hutnění je povoleno maximálně po 300 mm.

4.3 ZALOŽENÍ

V předchozí fázi vrtané piloty budou vetknuty do únosného podloží. Pod pilíři je navrženo 15 pilot ve třech řadách, průměru 1200 mm a délky 20 m. Pod opěrami je navrženo 2 x 27 pilot ve třech řadách, průměru 900 mm a délky 15 m. Piloty budou vrtány

z původního terénu a postupně odbourány do úrovně +0,5 m nad základovou spáru. Dokud nebude z vrtu vytékat čistý beton, tak bude probíhat betonáž pilot.

Na dno stavebních jam bude nejprve do míst základových patek a základů opěr vylit podkladní beton tl. 0,3 m. Základy opěr jsou navrženy dlouhé 28,8 m, široké 7 m a vysoké 1,5 m. Základy pilířů jsou dlouhé 8,8 m, široké 6,5 m a vysoké 2 m. Horní povrchy jsou ve sklonu 4,0 %.

4.4 SPODNÍ STAVBA

4.4.1 OPĚRY

Je navržena masivní železobetonová opěra délky 28,8 m, šířky 3,84 m a výšky v ose uložení 3,369 m. Součástí opěr jsou podložiskové bloky půdorysného rozměru 0,96 x 0,96 m a závěrné zdi tloušťky 1,0 m. Na opěru navazují na obou stranách samonosná, kolmá křídla tloušťky 0,5 m a přechodové desky délky 6,0 m a tloušťky 0,3 m ve sklonu 10 %.

4.4.2 PILÍŘE

Jsou navrženy monolitické pilíře délky 4,6 m a šířky 2,0 m, výška každého pilíře je uvedena v příloze P2.2 PODÉLNÝ ŘEZ. Na hlavách pilířů jsou umístěny podložiskové bloky půdorysného rozměru 1,285 x 1,285 m, na kterých jsou umístěna ložiska. Pilíře budou betonovány po částech pomocí šplhacího bednění.

4.5 HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE

Hlavní nosná konstrukce je tvořena komorovým, dodatečně předpjatým nosníkem se šikmými stěnami. Celková délka nosné konstrukce je 560 m, šířka nosníku je 13,15 m. Horní deska je tlustá 0,35 m, spodní deska je po délce v náběhu. V poli je spodní deska tloušťky 0,3 m a nad podporami 0,6 m. Délka náběhů je v krajním poli 5,3 m a ve všech ostatních polích 12,8 m. Stěny nosníku jsou také v náběhu, v poli jsou tlusté 0,6 m a nad podporami 0,8 m. Vyložení konzol je 2,675 m. Konzoly mají proměnnou tloušťku, ve vetknutí mají tloušťku 0,5 m a na volném konci 0,3 m. Celá mostovka je v příčném sklonu kopírující sklon vozovky – 2,5 % směrem od nivelety.

Nosná konstrukce je na spodní stavbě uložena nepřímo pomocí příčníků šířky 2,0 m a dvojicí hrncových ložisek (viz 4.6.1).

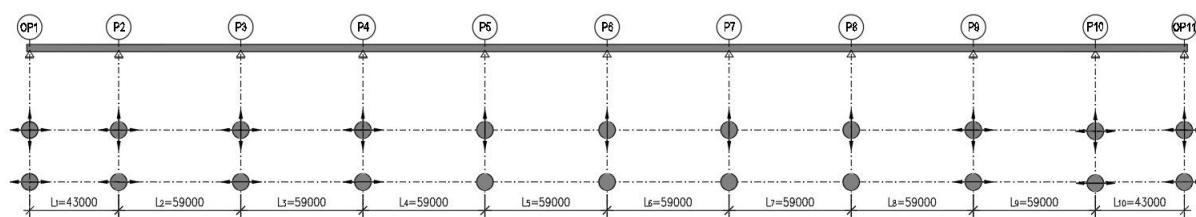
Nosná konstrukce je podélně předepnuta 16 dodatečně předpjatými 22 lanovými kabely z předpínací výztuže Y-1860 S7 – 15,7 A. Lana jsou umístěna v polymerovém kanálku vnějšího průměru 106 mm. Kabely jsou napínány z jednoho konce a kabelové kanálky budou po předepnutí zainjektovány cementovou maltou. V pracovní spáře je vždy kotveno 50 % kabelů. V pracovních spárách a v čele příčníků jsou navrženy sklípky pro umístění kotev. Předpínací systém je navržen od firmy VSL.

Výztuž příčníků tvoří z 50 % betonářská výztuž a z 50 % předpínací tyče od firmy SAS typ 950/1050 WR40.

4.6 ULOŽENÍ MOSTU

4.6.1 LOŽISKA

Most je na spodní stavbě uložen pomocí hrncových ložisek TETRON od firmy Freyssinet. Ložiska jsou umístěna tak, aby byla zajištěna volná deformace mostu a nevznikaly příliš velké přídavné síly ve spodní stavbě. Ložiska byla navržena na základě podporových reakce. Přehled reakcí a navržených ložisek je v příloze P4 17.2.



Obr. 4 Schéma uložení

4.6.2 MOSTNÍ ZÁVĚR

Mostní dilatační závěr byl navržen od firmy Freyssinet – typ CIPES Wd/Wd+230 pro maximální vodorovný posun 230 mm při nulové šikmosti. Mostní závěr je do opěr a nosné konstrukce ukotven v kapsách výšky 280 mm a hloubky 350 mm. Součástí mostního závěru je i příslušenství k chodníkovému závěru PL230 a svodidlové dilatační zařízení Transpec 4-18.



Obr. 5 Mostní závěr

4.7 IZOLACE A ODVODNĚNÍ

Základy a zasypané části opěr jsou chráněny izolačním nátěrem ALP + 2 x ALN a geotextilií, hranice nátěrů je 200 mm pod terénem. Rub opěr a křídel je opatřen

souvrstvím ALP + NAIP + Geotextílie. Rub opěry je odvodněn drenážní trubicí DN 150 vyvedenou před opěru. Přechodová oblast bude od podloží oddělena těsnicí folií ve štěrkopískovém loži 150 + 150 mm ve spádu 5 % směrem k opěře.

Izolace nosné konstrukce je provedena pomocí AIP chráněného litým asfaltem tl. 35 mm. Povrch vozovky je odvodněn pomocí mostních odvodňovačů. Izolace je odvodněna pomocí drenážních trubiček vyvedených do líce říms.

4.8 MOSTNÍ SVRŠEK

4.8.1 ŘÍMSY

Na mostním objektu jsou navrženy římsy z betonu C35/45. Horní povrch říms je ve sklonu 4 % směrem k vozovce a je povrchově upraven striáží. Spodní povrch kopíruje sklon nosné konstrukce: vnější římsa 4,0 %, vnitřní římsa 2,5 %. Vnější římsa je široká 1,7 m a nachází se na ní servisní chodník šířky 0,75 m a zábradlí se svodidly. Vnitřní římsa je široká 0,8 m a je osazena svodidlem. Přesah říms přes nosnou konstrukci je 0,3 m a výška říms v lici je 0,65 m. Obruba je navržena ve sklonu 5:1 a vysoká 150 mm nad úroveň vozovky. Ve vnějších římsách jsou umístěny 2 chráničky na vedení NN a datové kabely (dohromady 4 chráničky).

4.8.2 VOZOVKA

Na mostě je položena třívrstvá vozovka tloušťky 140 mm v příčném sklonu 2,5 % směrem od nivelety.

Skladba vozovkového souvrství:

- | | |
|--|--------|
| • SMA 11 S | 40 mm |
| • Spojovací postřik | |
| • ACL 16 S | 60 mm |
| • MA 11 IV s podsypem
přebalenou drtí | 35 mm |
| • AIP | 5 mm |
| • <u>Pečetící vrstva</u> | |
| | 140 mm |

4.8.3 ZÁDRŽNÉ SYSTÉMY

SVODIDLA

Pro zajištění bezpečnosti provozu jsou na mostě navržena ocelová svodidla minimální úrovně zadržení H3, minimální výšky 750 mm, svodidla jsou prodloužena za most minimálně na délku 28 m. Svodidla na vnitřní straně mostů plynule navazují na svodidla ve středním dělicím pásu dálnice (dle TP 114 a TP 203).

ZÁBRADLÍ

Na vnější římse je navržen servisní chodník šířky 0,75 m. Pro zabránění pádu je navrženo zábradlí z korozivzdorné oceli minimální výšky 1,1 m se svislou výplní. (dle ČSN 73 6101). Zábradlí je navrženo na celou délku říms.

4.9 ÚPRAVY SVAHŮ

Kolem opěr je navrženo opevnění z lomového kamene do betonového lože. V patě zpevnění je navržen betonový práh pro zabránění pohybu lomového kamene.

Je navrženo terénní revizní schodiště z prefabrikovaných betonových schodů po obou stranách opěr.

4.10 DALŠÍ ZAŘÍZENÍ NA MOSTĚ

Je předpokládáno umístění vozovkového čidla. V předpolí mostu bude umístěna meteostanice a kamerový systém. Most bude označen evidenčním číslem.

5. ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU

Tato kapitola se bude zabývat postupným návrhem a posouzením konstrukce v rámci diplomové práce. Detailní statický výpočet je uveden v příloze P4.

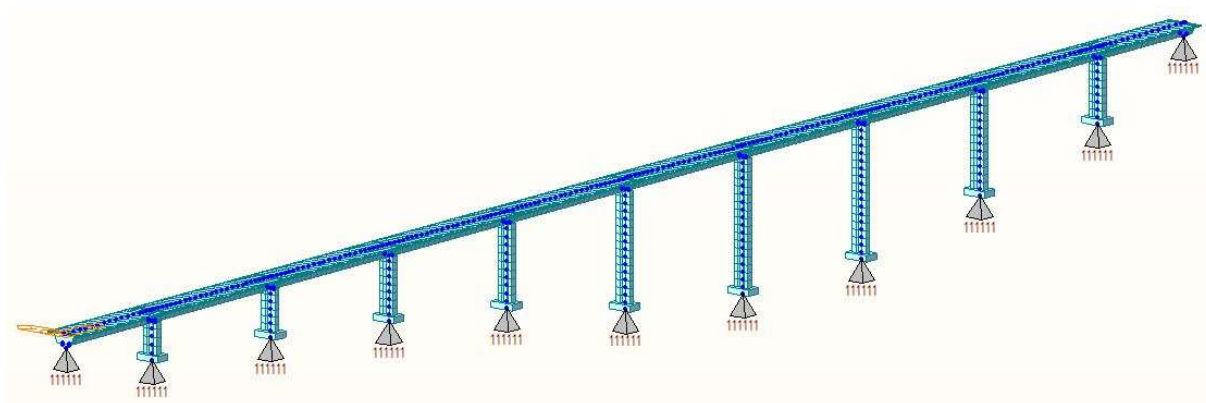
5.1 GEOMETRIE MOSTU

Prvním krokem byl návrh geometrie mostu. Návrh vycházel ze směrového a výškového řešení. Niveleta klesá ve sklonu 2 % ve směru staničení, podélný sklon nosné konstrukce je tedy také 2 %, most se nachází v přímém úseku. Řešení v příčném směru vychází z příčného uspořádání převáděné komunikace. Volná šířka mezi římsami je 11,25 m. Vzhledem k délce nosné konstrukce jsou na vnější římse navrženy revizní chodníky šířky 0,75 m.

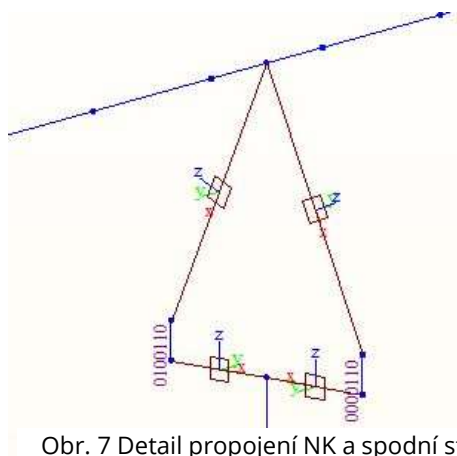
5.2 VÝPOČETNÍ MODEL

Pro analýzu konstrukce v podélném směru byl v programu Midas Civil vytvořen prutový model, který byl modelován včetně spodní stavby. Pro vytvoření modelu byl využit AutoCad, ve kterém bylo navrženo dělení na elementy a následně byl v Excelu vytvořen řetězec souřadnic pro jednotlivé body modelu, ty poté byly nahrány do Midasu. Pro vytvoření elementu bylo rovněž využito dávkové zadání pomocí Excelu.

Uložení konstrukce je realizováno přes klouby funkcí beam and release. Spodnímu kloubu je zabráněno v pohybu ve všech směrech a horní kloub má povolený pohyb podle toho, jaké simuluje ložisko. Spojení kloubů s prutem nosné konstrukce a spodní stavby je zajištěno pomocí tuhých vazeb. Podepření základu byly zajištěno plným vetknutím.



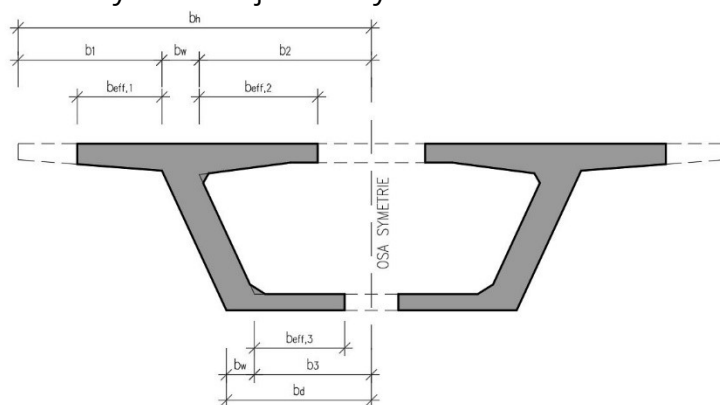
Obr. 6 Prutový model



Obr. 7 Detail propojení NK a spodní stavby

5.3 PRŮŘEZOVÉ CHRAKTERISTIKY A SPOLUPŮSOBÍCÍ ŠÍŘKY

Z důvodu smykové ochabnutí byly zjednodušenou metodou dle ČSN EN 1991-1-1 zjištěny spolupůsobící šířky v řezech jednotlivých řezů nosné konstrukce.



Obr. 8 Schéma spolupůsobících šířek

i	b [m] POLE	b [m] PODP.	POLE 1, 10		PODPORA P1		POLE 2-9		PODPORA P2	
			l_0 [m]	$b_{eff,i}$ [m]	l_0 [m]	$b_{eff,i}$ [m]	l_0 [m]	$b_{eff,i}$ [m]	l_0 [m]	$b_{eff,i}$ [m]
1	2,675	2,675	36,55	4,190	15,3	2,065	41,3	4,665	17,7	2,305
2	3,205	2,985	36,55	4,296	15,3	2,127	41,3	4,771	17,7	2,367
3	2,178	2,05	36,55	4,091	15,3	1,940	41,3	4,566	17,7	2,180

Tab. 1 Tabulka spolupůsobících šířek

Dále byly zjištěny průřezové charakteristiky plných a efektivních průřezů pomocí softwaru Midas Civil.

5.4 ZATÍŽENÍ

Zatížení hlavní nosné konstrukce bylo spočítáno podle norem ČSN EN 1991. Při výpočtu bylo uvažováno s těmito zatíženími:

5.4.1 STÁLÁ ZATÍŽENÍ

- Vlastní tíha
- Ostatní stálá zatížení
 - Vozovka
 - Římsy
 - Zádržné systémy (svodidla a zábradlí)
- Sedání
 - Liché podpory
 - Sudé podpory

5.4.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ

- Dopravní zatížení
 - Sestava gr1a
 - TS (dvojnáprava)
 - UDL (rovnoměrné zatížení)
 - Chodci
 - Sestava gr5
 - LM3 1800/200
 - LM3 3000/240
- Staveništní zatížení (zatížení při realizaci – dělníci a lehká mechanizace)

5.4.3 KLIMATICKÁ ZATÍŽENÍ

- Zatížení teplotou
 - Rovnoměrná složka teploty (ochlazení, oteplení)
 - Nerovnoměrná složka teploty (ochlazení, oteplení)

Zatížení jsou podrobně spočítána v části P4.7 - ZATÍŽENÍ.

5.5 PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH PŘEDPĚTÍ

V předběžném návrhu předpětí bylo uvažováno s průměrným kabelem. V poli bylo trasování uvažováno podle paraboly 2°, nad podporou byly uvažovány zakružovací oblouky. Kabel byl veden tak, aby bylo dosaženo maximálního vzepětí paraboly v poli. Předpětím bylo vyrovnáno 100 % účinků od stálého zatížení.

Účinky předpětí byly do modelu zadány pomocí ekvivalentního zatížení a bylo navrženo 16 dodatečně předpjatých 22 lanových kabelů (8 kabelů v každé stěně ve 4 řadách). Následně byly zjištěny účinky předpětí po dlouhodobých ztrátách.

Při předběžném návrhu byla výška nosníku zvýšena z 2,7 m na 3,1 m.

Řez	M_{gk}	M_{p0}	Poměr	M_{p00}	Poměr
Pole 1	38 204,6	-33 558,9	0,88	-29 531,8	0,77
Pilíř 2	-99 475,9	98 569,6	0,99	86 741,2	0,87
Pole 2	49 305,7	-52 302,0	1,06	-46 025,8	0,93
Pilíř 3	-112 881,8	110 667,9	0,98	97 387,8	0,86

Tab. 2 Vyrovnání momentů

Předběžným návrhem se zabývá část P2.9 – PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH PŘEDPĚTÍ.

5.6 PŘESNÝ NÁVRH PŘEDPĚTÍ

Při přesném návrhu předpětí bylo nutné uvažovat s postupnou výstavbou, která bude podrobněji rozebrána v kapitole 6. Byla navržena pracovní spára ve vzdálenosti 12,5 m od osy uložení ve směru staničení. V několika iteracích byla posunuta do vzdálenosti 9,5 m od podpory, aby výsledné namáhání v okolí spáry bylo co nejmenší.

V této fázi návrhu byly modelovány jednotlivé předpínací kabely v Midasu. Nejprve byly rozkresleny v Autocadu, včetně rozpletu před pracovní spárou, bylo navrženo rozmístění kotev v pracovní spáře – vždy je kotveno 50 % kabelů. Kabely jsou v poli vedeny v přímém směru při spodních tažených vláknech, geometrie kabelu je měněna zakružovacími oblouky, nad podporami jsou navrženy také zakružovací oblouky u horních tažených vláknech. Souřadnice všech kabelů byly exportovány do Excelu, kde byly upraveny a dávkově vloženy do Midasu.

Poté bylo provedeno rozfázování modelu tak, aby reprezentovalo skutečný postup výstavby a byl proveden výpočet konstrukce.

Navrženo je 16 dodatečně předpjatých 22 lanových kabelů. Předpínací výztuž typ Y 1860-S7-15,7 A, kotvení VSL TYP GC a spojky VSL TYP K. Podrobně je geometrie kabelů rozkreslena v příloze P2.4.1 - PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ: FÁZE 1-5 A P2.4.2 - PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ: FÁZE 6-10.

5.7 KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL

Vnitřní síly pro mezní stav použitelnosti jsou kombinovány podle charakteristické, časté a kvazistálé kombinace zatížení.

Kombinace	Stálá zatížení		Předpětí	Proměnná zatížení	
	Nepříznivá	Příznivá		Nejúčinější	Ostatní
Charakteristická	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	P	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
Častá	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	P	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Kvazistálá	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	P	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

Tab. 3 Kombinační rovnice pro SLS

Pro mezní stav únosnosti bylo zatížení kombinováno kombinačními rovnicemi 6.10a a 6.10b.

Výraz	Stálá zatížení		Předpětí	Hlavní proměnné zatížení	Vedlejší proměnná zatížení	
	Nepříznivá	Příznivá			Nejúčinější	Ostatní
6.10a	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_P P$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
6.10b	$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\xi \gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Tab. 4 Kombinační rovnice pro ULS

5.8 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Mezní stav použitelnosti byl počítán v čase t_0 (viz. P4.11.2 – FÁZE VÝSTAVBY) a v čase životnosti t_{00} (viz. P4.12 – MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI V ČASE ŽIVOTNOSTI). V čase životnosti bylo spočítáno omezení napětí, omezení trhlin a omezení průhybu v kritických řezech. V čase předpínání t_0 bylo spočítáno pouze omezení napětí (omezení trhlin a omezení průhybů nemají v této fázi výstavby vliv).

5.8.1 OMEZENÍ NAPĚTÍ

Omezení napětí v čase t_0 bylo nutno počítáno s charakteristikami částečně vytvrdělého betonu.

Omezení tlakového napětí je počítáno, aby bylo zabráněno vzniku podélných trhlin, mikrotrhlin a nadměrnému dotvarování betonu.

Tahové napětí v betonu je v předpjatém betonu omezeno v časté kombinaci, aby nevznikaly ohybové trhliny. Bylo též ověřeno omezení tahového napětí v předpínací výztuži. Příliš vysoké tahové napětí ve výztuži by mohlo způsobit nepružné přetvoření.

5.8.2 OMEZENÍ VZNIKU TRHLIN

Trhliny se omezují v časté kombinaci zatížení. Trhliny nevzniknou jen pokud tahové napětí v betonu nebude větší než střední pevnost betonu v tahu f_{ctm} .

5.8.3 OMEZENÍ PRŮHYBU

Průhyb je omezen, aby nebyl omezen provoz na mostě.

5.8.4 ZÁVĚR MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI

Konstrukce vyhovuje na mezní stav použitelnosti ve všech fázích výstavby a v čase životnosti. Pouze v charakteristické kombinaci vzniknou v poli 6, 7 a 8 trhliny, které ale z důvodu malého tahové napětí nebudou významné a po předepnutí dalšího pole se uzavřou.

5.9 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

V mezním stavu únosnosti byla posouzena ohybová únosnost v čase po předepnutí – t_0 (viz P4.13 – MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI V ČASE t_0), a v čase životnosti – t_{∞} (viz. P4.14 – MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI V ČASE t_{∞}). V čase životnosti byla také konstrukce posouzena na interakci posouvající síly a kroutícího momentu. V průběhu výpočtu ULS musela být zvětšena spodní deska nad podporou z 0,5 m na 0,6 m, a zároveň musela být zvýšena pevnostní třída betonu z C35/45 na C40/50. Posouzení proběhlo v nejvíce namáhaných řezech.

5.9.1 PODÉLNÝ OHYB

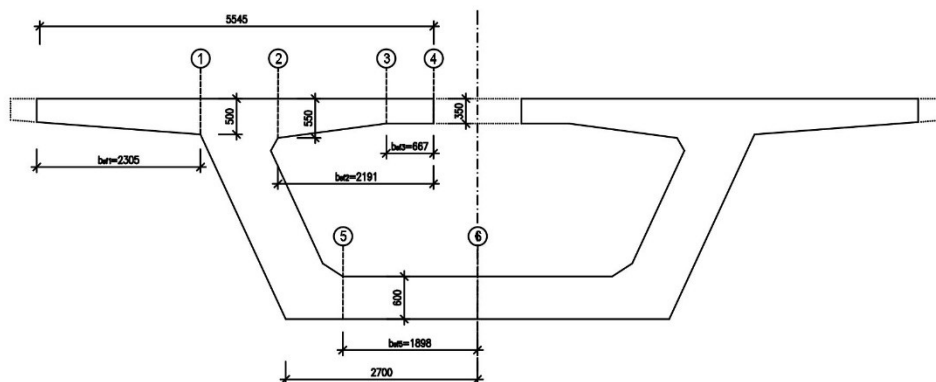
V čase t_0 byl řez nad podporou posouzen pouze jako železobetonový nosník, protože tahová vlákna se nachází dole, ale předpínací výztuž nahoře. V poli byl nosník posuzován se soudržnou, ale i nesoudržnou výztuží, protože před zainjektováním kanálku se výztuž chová jako nesoudržná. Bylo nutno navrhnout dodatečnou betonářskou výztuž.

V čase t_{∞} průřez vyhovuje na namáhání ohybem pouze s předpínací výztuží, betonářská výztuž je poté navržena konstrukčně.

5.9.2 INTERAKCE POSOUVAJÍCÍ SÍLY A KROUTÍCÍHO MOMENTU.

Dále byla nosná konstrukce posouzena na interakci posouvající síly a ohybového momentu. Byl vybrán průřez s maximální posouvající silou, k němu odpovídající kroutící moment, průřez s maximálním kroutícím momentem a odpovídající posouvající silou. Posouzení je podrobně popsáno v příloze P4.15 – MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI – SMYK A KROUCENÍ. Byla navržena betonářská výztuž ve stěnách komory. Dále byla navržena výztuž na přírůstek vodorovné síly vlivem smykového namáhání, výztuž se nachází po obvodu průřezu.

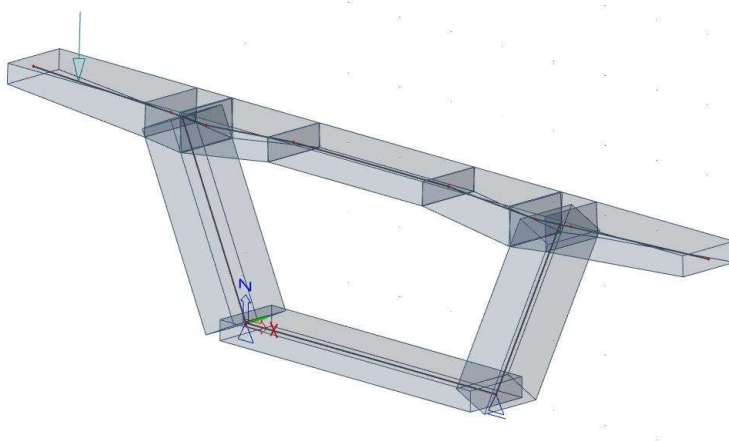
Dále byl řešen také podélný smyk v deskách komory, byly zjištěny minimální plochy výztuže od podélného smyku v jednotlivých řezech, zvláště pro kombinaci maximální posouvající síly a odpovídajícího kroutícího momentu a zvláště pro maximální kroutící moment a odpovídající posouvající sílu. Tyto plochy výztuže byly následně zohledněny při příčném ohybu.



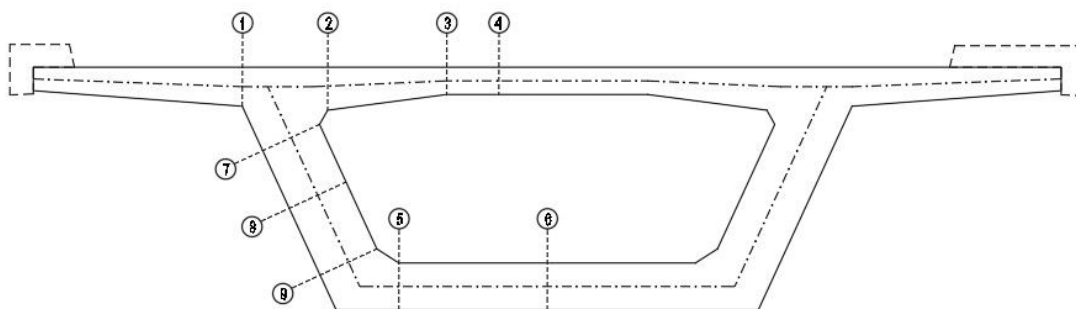
Obr. 8 Řezy pro podélný smyk

5.10 PŘÍČNÝ SMĚR

Posouzením v příčném směru se detailně zabývá P4.17 – PŘÍČNÝ SMĚR. Pro výpočet v příčném směru bylo nejprve nutné zjistit příčinkové čáry v příčném směru pro jednotlivé řezy. Pro tento účel byl v programu SCIA Engineer vytvořen prutový model konstrukce v příčném směru (na délku 1m) a na něj bylo zadáno jednotkové pohyblivé zatížení. Pro každý řez byly vykresleny příčinkové čáry a zadáno zatížení tak, aby vyvodilo největší účinek. Zatížení byla uvažována: vlastní tíha, ostatní stálé, gr1a a montážní zatížení.



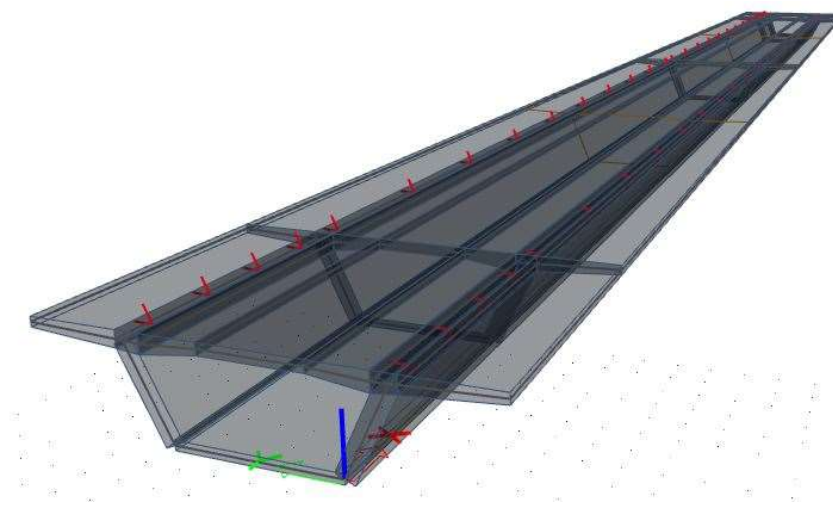
Obr. 9 Prutový model v příčném směru



Obr. 10 Vyšetřované řezy v příčném směru

5.10.1 DESKOSTĚNOVÝ MODEL

Pro analýzu konstrukce v příčném směru byl vytvořen deskostěnový model v programu SCIA Engineer 18.1, který lépe reprezentuje skutečné chování konstrukce. Podepření modelu bylo realizováno tak, aby se konstrukce mohla volně deformovat. Pro velkou náročnost výpočtu byla modelována pouze 2 pole a 10metrový přesah na každé straně pro lepší vyjádření působení konstrukce. Jelikož se jedná jen o část konstrukce, jsou na obou volných okrajích desky průřezu podepřeny liniovou podporou umožňující svislý posun.

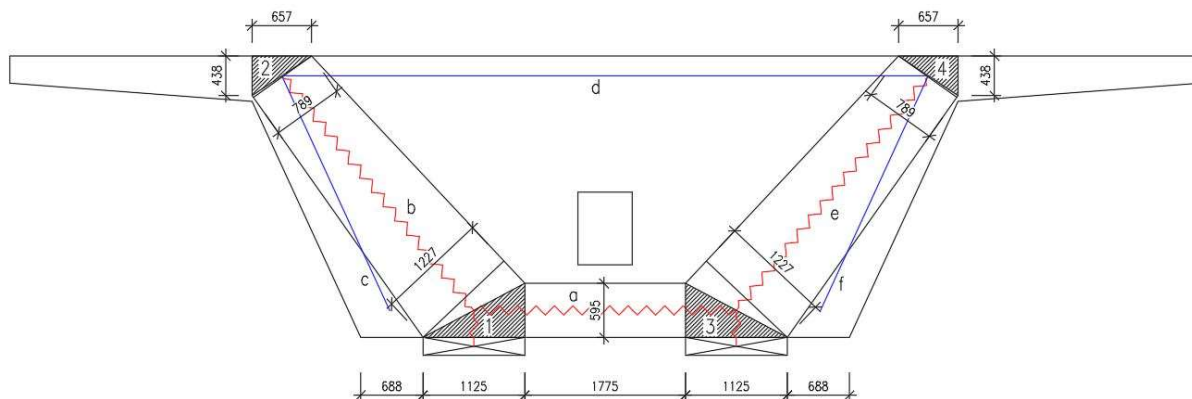


Obr. 11 Deskostěnový model

Model byl zatížen všemi stálými zatíženími, zatížení dopravou bylo vyřešeno pohyblivým zatížením. Byly vytvořeny kombinace zatížení a navrhována příčná ohybová výztuž v každém řezu. Návrh výztuže byl proveden pro řez nad podporou a pro řez v poli. Poté byla navrhována také výztuž na příčný smyk, která ve všech řezech vyšla pouze konstrukčně.

5.11 PŘÍČNÍK

Příčník je tzv. D – oblast, a proto byl řešen metodou příhradové analogie. Podrobným popisem výpočtu se zabývá kapitola P4.18 – PŘÍČNÍK.



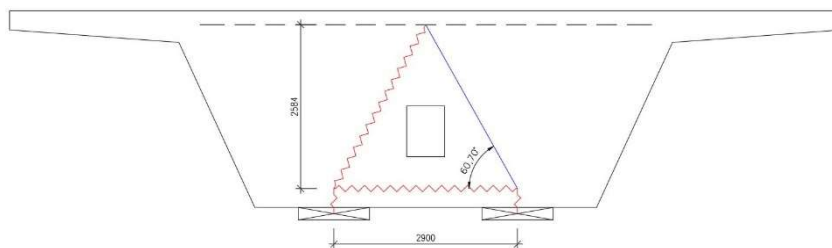
Obr. 12 Příhradová analogie v příčniku

Příhradová analogie byla vymodelováno v programu SCIA Engineer. Následně byl model zatížen maximálními podporovými reakcemi a spočítány vnitřní síly.

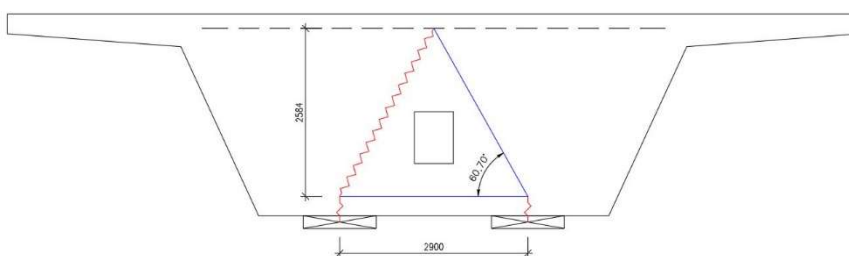
Byly posouzeny styčníky, diagonály a poté byla navrhnutá výztuž v horním a v šikmém táhle. Vyztužení šikmého táhla je z 50 % tvořeno betonářskou výztuží a z 50 % předpínacími tyčemi SAS 950/1050 WR40.

5.11.1 KROUCENÍ PŘÍČNÍKU

Pro maximální kroucení příčniku byly sečteny maximální kroutící momenty zprava a zleva v příčniku. Ty byly převedeny na vodorovnou sílu působící v deskách a na ni navrhnutá výztuž. Pro výpočet šikmé výztuže byla využita metoda příhradové analogie. Vytvořeny byly 2 modely, 1. se dvěma vzpěrami a 2. se dvěma táhly.



Obr. 13 Model se dvěma vzpěrami



Obr. 14 Model se dvěma táhly

Modely byly vytvořeny v programu SCIA Engineer 18.8, zatíženy vodorovnou silou a byla navržena šikmá výztuž.

Dále byl příčník posouzen na štěpné síly nad ložisky a navrhnutá výztuž.

5.12. KOTEVNÍ OBLAST

Bylo navrženo kotvení VSL GC 40/50 a byly dodrženy minimální rozteče kotev dané výrobcem, který garantuje pevnost betonu v soustředném tlaku. Pro vyztužení lokální oblasti za kotvou byla použita spirála dodávaná s kotvou. Byla navržena výztuž pro lokální oblast u povrchu a globální oblast za všemi kotvami. Kotevní oblastí se blíže zabývá P4 20 – KOTEVNÍ OBLAST.

5.13 GLOBÁLNÍ STABILITA

Pro posouzení globální stability byly zjištěny minimální reakce na ložiska, při kterých vzniká maximální kroutící moment vyvolaný dopravou. Tabulka minimálních reakcí je v části. P4.19.2 – TABULKA MINIMÁLNÍCH REAKCÍ. Nedochozí zde k nadzvednutí z ložisek.

6. POSTUP VÝSTAVBY

Postup výstavby se detailně zabývá část P4.10 – POSTUPNÁ VÝSTAVBA a graficky zobrazena v částech P3.01.1 – SCHÉMA POSTUPNÉ VÝSTAVBY – FÁZE 0–5 a P3.01.2 – SCHÉMA POSTUPNÉ VÝSTAVBY – FÁZE 6–DOKONČOVACÍ PRÁCE.

6.1. PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

V přípravné fázi bude provedena skrývka ornice dle pedologického průzkumu na celé ploše staveniště. Poté budou vyvrtány a vybetonovány piloty, po jejich vytvrdnutí budou provedeny výkopové práce, betonáž podkladního betonu a základů. Následně budou armovány a betonovány pilíře, spodní části opěr, podložiskové bloky a budou osazena ložiska.

6.2 VÝSTAVBA HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Výstavba hlavní nosné konstrukce bude probíhat ve směru staničení z OP1 na OP11. Nosná konstrukce bude betonována po fázích. V každé fázi je vybetonováno jedno pole a převislý konec délky 9,5 m do dalšího pole. Na jednu fázi výstavby je vyhrazeno minimálně 15 dní, kdy prvních 7 dní je armováno a betonováno pole. Po dalších 7 dnech od betonáže, až je dosaženo předpokládaných charakteristik betonu, je dané pole předepnuto a skruž přesunuta do dalšího pole. Než nosná konstrukce dosáhne pevného ložiska je nutno blokovat ložiska, aby nedocházelo k posunům celé konstrukce.

První pole s přesahem je betonováno na pevné skruži, po předepnutí kabelů 1. fáze bude instalována výsuvná skruž od firmy Berd, na které budou betonována všechna další pole. Výsuvná skruž je vybavena automatickým předpínacím systémem, který automaticky reaguje na průhyb a postupně napíná jednotlivá lana. Tím se skruž sama udržuje v nastavené výškové pozici. Skruž se opírá do již existující konstrukce v místě příčniců a zatížení od skruže je tedy přeneseno přímo do spodní stavby. V každé pracovní spáře je kotveno 50 % kabelů, zbylých 50 % je kotveno v následující spáře nebo v čele nosníku. Každá fáze výstavby je rozdělena na 3 dílčí fáze výstavby průřezu.

Během výstavby je nosná konstrukce zatěžována silami od tíhy skruže a od tíhy mokrého betonu. Po předepnutí pole dojde k odlehčení o velikosti tíhy mokrého betonu a po přesunu skruže do dalšího pole dojde k odlehčení o velikost tíhy skruže.

6.3 DOKONČOVACÍ PRÁCE

Po výstavbě nosné konstrukce bude skruž rozebrána a odvezena. Následně je plánováno dobetonování závěrných zdí, dosypání přechodové oblasti a vybetonování přechodových desek. Na nosnou konstrukci bude nanášena pečetíci vrstva a natavena hydroizolace. Poté bude následovat betonáž říms, osazení mostních odvodňovačů, pokládce vozovkového souvrství a osazení svodidel a zábradlí. Poslední částí výstavby jsou terénní úpravy pod mostem, budou dodělané skluzy, revizní schodiště a opevnění svahu nakonec bude navržena ornice.

7. ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout přemostění Řepovského potoka. Byly zpracovány 3 varianty řešení a zvolena varianta – komorový nosník s šikmými stěnami. Podélný sklon mostu byl pro zjednodušení zanedbán. Bylo navrženo předpětí spolu se způsobem výstavby. Následně byla nosná konstrukce posouzena pomocí mnou vypracovaných posudků v Excelu na mezní stav použitelnosti a mezní stav únosnosti, přičemž na oba tyto mezní stavy konstrukce vyhověla. Konstrukce byla také posouzena v příčném směru. Nakonec bylo navrženo kotvení předpínací výztuže. Byla také zpracována výkresová dokumentace a vizualizace.

V Brně dne 14.1.2022

.....
Bc. Lukáš Doležal

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Varianta 1	11
Obr. 2 Varianta 2	12
Obr. 3 Varianta 3	13
Obr. 4 Schéma uložení.....	17
Obr. 5 Mostní závěr	17
Obr. 6 Prutový model	20
Obr. 7 Detail propojení NK a spodní stavby	20
Obr. 8 Řezy pro podélný smyk.....	25
Obr. 10 Prutový model v příčném směru	25
Obr. 9 Vyšetřované řezy v příčném směru	26
Obr. 11 Deskostěnový model.....	26
Obr. 12 Příhradová analogie v příčníku.....	27
Obr. 13 Model se dvěma vzpěrami.....	27
Obr. 14 Model se dvěma táhly.....	27

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Tabulka spolupůsobících šířek	21
Tab. 2 Vyrovnání momentů.....	22
Tab. 3 Kombinační rovnice pro SLS	23
Tab. 4 Kombinační rovnice pro ULS	23

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Seznam použité literatury

- [1] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů*. Praha: Dashöfer, 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [2] 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.
- [3] STRÁSKÝ, Jiří. *Betonové mosty*. Praha: ŠEL, 2001. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86426--05-x.
- [4] NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-561-7.

Seznam internetových zdrojů

- [5] *Vzorové listy staveb pozemních komunikací, VL - 4 Mosty* [online]. [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_10_VL/VL4_2021_final.pdf
- [6] VSL [online]. [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <http://www.vsl.cz/>
- [7] FREYSSINET CS, a.s. [online]. [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/>
- [8] BERD - ONE BRIDGE, ONE SOLUTION [online]. [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <https://www.berd.eu/en/home/>
- [9] FIN EC Online help [online]. [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <https://www.finesoftware.eu/help/finec/cs/beton-02/>

Seznam použitých norem

- [10] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.
- [11] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení větrem.
- [12] ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení teplotou.
- [13] ČSN EN 1991-1-6 Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení během provádění.
- [14] ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí: Zatížení mostů dopravou.

- [15] ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [16] ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových mostních konstrukcí: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [17] ČSN 6242 Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací

Použité programy

Autodesk Autocad 2021

SCIA Engineer 18.1

Midas Civil

Rhinoceros 7

Lumion 8

MS Excel

MS Word

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ LATINSKÁ PÍSMENA

A_c	plocha betonového průřezu
$A_{c,r}$	plocha oslabeného betonového průřezu
A_p	plocha předpínací výztuže
$A_{p,1}$	plocha 1 lana předpínací výztuže
$A_{p,req}$	požadovaná plocha betonářské výztuže
$A_{p,prov}$	provedená plocha betonářské výztuže
A_s	plocha betonářské výztuže
A_{sw}	plocha smykové výztuže
b_d	šířka průřezu
c	krytí výztuže
d	účinná výška průřezu
e	excentricita
e_p	excentricita předpínací síly
$e_{p,r}$	excentricita předpínací síly na oslabeném průřezu
E_{cm}	modul pružnosti betonu
E_p	modul pružnosti předpínací výztuže
E_s	modul pružnosti betonářské výztuže
F_{cc}	síla v tlačené oblasti betonu
ΔF_p	zbytková síla v předpínací výztuži
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ctm}	střední hodnota pevnosti betonu v tahu
$f_{ctk,0,05}$	5 % kvantil pevnosti betonu v tahu
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v tahu
f_{pk}	charakteristická pevnost předpínací výztuže v tahu
$f_{p0,1k}$	smluvní mez kluzu předpínací výztuže
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže

f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
G_k, g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
Q_k, q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení
h	výška nosníku
I_c	moment setrvačnosti betonového průřezu
$I_{c,r}$	moment setrvačnosti oslabeného betonového průřezu
L	rozpětí konstrukce
Δl	protažení, přírůstek délky
M_{Ek}	charakteristická hodnota ohybového momentu
M_{Ed}	návrhová hodnota ohybového momentu
M_{Fd}	návrhová hodnota ohybového momentu od vnějšího zatížení
M_{pd}	návrhová hodnota ohybového momentu od předpjetí

ŘECKÁ PÍSMENA

γ_c	součinitel spolehlivosti betonu
γ_s	součinitel spolehlivosti oceli
γ_p	součinitel spolehlivosti předpínací výztuže
γ_G	součinitel stálého zatížení
γ_Q	součinitel proměnného zatížení
σ_c	napětí v betonu
σ_{c1}	napětí v dolních vláknech betonu
σ_{c2}	napětí v horních vláknech betonu
$\Delta\sigma_p$	zbytkové napětí v předpínací výztuži
ε_c	poměrné přetvoření betonu
ε_s	poměrné přetvoření oceli
ε_p	poměrné přetvoření předpínací výztuže
λ	redukční součinitel
φ	součinitel dotvarování, dynamický součinitel

ξ	součinitel kombinace zatížení
μ	součinitel tření
β	časová funkce
ρ	stupeň vyztužení
ψ_0	kombinační součinitel pro charakteristickou kombinaci
ψ_1	kombinační součinitel pro častou kombinaci
ψ_2	kombinační součinitel pro kvazistálou kombinaci

SEZNAM PŘÍLOH

P1. Použité podklady a varianty řešení

P1.01	Podélný profil trasy	M 1:1000
P1.02	Příčný řez komunikací	M 1:100
P1.03	Varianta 1	M 1:500, M 1:50
P1.04	Varianta 2	M 1:500, M 1:50
P1.05	Varianta 3	M 1:500, M 1:50

P2. Přehledné a podrobné výkresy

P2.01	Půdorys	M 1:200
P2.02	Podélný řez	M 1:200
P2.03	Příčný řez	M 1:50
P2.04.1	Předpínací výztuž: fáze 1-5	M 1:200, M 1:100, M 1:10
P2.04.2	Předpínací výztuž: fáze 6-10	M 1:200, M 1:100, M 1:10
P2.05	Schématický výkres betonářské výztuže	M 1:25

P3. Stavební postup a vizualizace

P3.01.1	Schéma postupné výstavby – fáze 0-5	M 1:500
P3.01.2	Schéma postupné výstavby – fáze 6-dokončovací práce	M 1:500
P3.02	Vizualizace	

P4. Statický výpočet