



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

MOST NA SILNICI I/39

BRIDGE ON THE I/39 ROAD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Šárka Pokorná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Šárka Pokorná
Název	Most na silnici I/39
Vedoucí práce	Ing. Josef Panáček
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

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 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: na základě doporučení vedoucího práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Místo stávajícího mostního objektu zpracujte dvě až tři studie mostu o jednom poli včetně jejich zhodnocení.

V práci se zaměřte na návrh deskové nosné konstrukce mostu. Preferujte provedení z předpjatého betonu - monolitickou nebo spřaženou konstrukci. Most můžete oproti realitě navrhnout přímý a kolmý, můžete jej prodloužit.

Dimenzování proveďte metodou mezních stavů v rozsahu stanoveném vedoucím práce.

Časovou analýzu nemusíte provést.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní resp. technickou zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Podklady, studie a vizualizace

P2. Přehledné a podrobné výkresy zvoleného návrhu mostu

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ 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. Josef Panáček
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tématem bakalářské práce je návrh mostu na silnici I/39. Byly vypracovány tři studie. Jako nejlepší varianta byla vybrána studie C – prefabrikované předem předpjaté nosníky se spřaženou deskou. Most o jenom poli. Byla zohledněna časově závislá analýza.

KLÍČOVÁ SLOVA

návrh, silniční most, beton, předem předpjatý nosník, spřažená mostovka, fáze výstavby, časově závislá analýza

ABSTRACT

The topic of this Bachelor thesis is design of thle bridge on the I/39 road. Three variants of studies were created. Study C was chosed as the best variant – prefabricated pre-tensioned beams with composite deck. Bridge with one span. Time dependent analysis was taken into account

KEYWORDS

design, road bridge, concrete, pre-tensioned beam, composite bridge deck, construction phases, time dependent analysis

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Šárka Pokorná *Most na silnici I/39*. Brno, 2021. 18 s., 78 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Josef Panáček

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Most na silnici I/39* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2021

Šárka Pokorná
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Most na silnici I/39* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2021

Šárka Pokorná
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Josefu Panáčkovi za trpělivost, ochotu a cenné rady během vypracovávání bakalářské práce. Dále děkuji svým blízkým za jejich podporu během celého mého studia.

Obsah

1	Úvod	10
2	Všeobecná část.....	10
2.1	Identifikační údaje mostu.....	10
2.2	Základní údaje o mostu	10
3	Most a jeho umístění	11
3.1	Charakter převáděné komunikace a překážky.....	11
3.2	Územní podmínky.....	11
3.3	Inženýrské sítě	11
4	Studie	11
4.1	Studie A.....	11
4.2	Studie B.....	12
4.3	Studie C.....	13
5	Technické řešení:.....	13
5.1	Spodní stavba:.....	13
5.2	Ložiska:	13
5.3	Nosná konstrukce:	14
5.4	Skladba vozovky:.....	14
5.5	Mostní závěry:	14
5.6	Římsy:.....	14
5.7	Odvodnění:.....	14
5.8	Zádržný systém:	14
6	Použití materiály:.....	15
6.1	Beton:.....	15
6.2	Betonářská výztuž:.....	15
6.3	Předpínací výztuž:	15
7	Fáze výstavby.....	15
8	Statické řešení	16
9	Závěr.....	17
10	Seznam použitých zdrojů.....	17
10.1	Normy:.....	17
10.2	Literatura:	17
10.3	Elektronické zdroje:	17
11	Seznam příloh.....	18
11.1	P1. Podklady, studie a vizualizace	18

11.2	P2. Přehledné a podrobné výkresy mostu	18
11.3	P3. Statický výpočet	18

1 Úvod

Cílem bakalářské práce je návrh mostní konstrukce o jednom poli na silnici I/39. Dle zadání jsou zpracovány tři studie, z nichž byla vybrána varianta z prefabrikovaných předem předpjatých nosníků se spřaženou monolitickou deskou. V této bakalářské práci je proveden návrh a posouzení pouze nosné konstrukce mostu a její následné vyztužení. Ve výpočtu byly zohledněny reologické účinky v průběhu životnosti mostu.

2 Všeobecná část

2.1 Identifikační údaje mostu

Název stavby:	Most na silnici I/39
Kraj:	Jihočeský
Okres:	Český Krumlov
Katastrální území:	Kladenské Rovné
Číslo pozemní komunikace:	I/39
Autor práce:	Šárka Pokorná
Vedoucí práce:	Ing. Josef Panáček

2.2 Základní údaje o mostu

Nosnou konstrukci mostu tvoří předem předpjaté prefabrikované nosníky KSP-NPP výšky 1,00 m spřažené s železobetonovou monolitickou deskou. Nosníky jsou délky 20,25 m.

Druh převáděné komunikace	I/39
Počet mostních polí:	1
Délka mostu:	31,25 m
Délka přemostění:	18,75 m
Teoretické rozpětí mostu:	19,75 m
Délka nosné konstrukce:	20,75 m
Šikmost:	kolmý most – 100g
Volná šířka:	9,66 m
Celková šířka mostu:	11,66 m
Šířka nosné konstrukce:	11,16 m
Šířka vozovky:	9,66 m
Šířka říms:	1,00 m
Stavební výška:	1,34 m
Příčný sklon vozovky:	2,5 % - střeovitý
Podélný sklon:	1,03 % - stoupá ve směru staničení

3 Most a jeho umístění

3.1 Charakter převáděné komunikace a překážky

Most překračuje řeku Polečnici v blízkosti obce Hořice na Šumavě. Komunikace I/39 je na mostě je v přímě, za opěrou 1 komunikace pokračuje v levostranném oblouku. Ve směru staničení niveleta stoupá ve spádu 1,03 %. Příčný spád vozovky je střežovitý, 2,5 % směre k římsám.

3.2 Územní podmínky

Most se nachází v extravilánu. Zemní těleso je vedeno v násypu, a proto není možné měnit situační uspořádání, aniž by došlo k velkým objemům zemních prací.

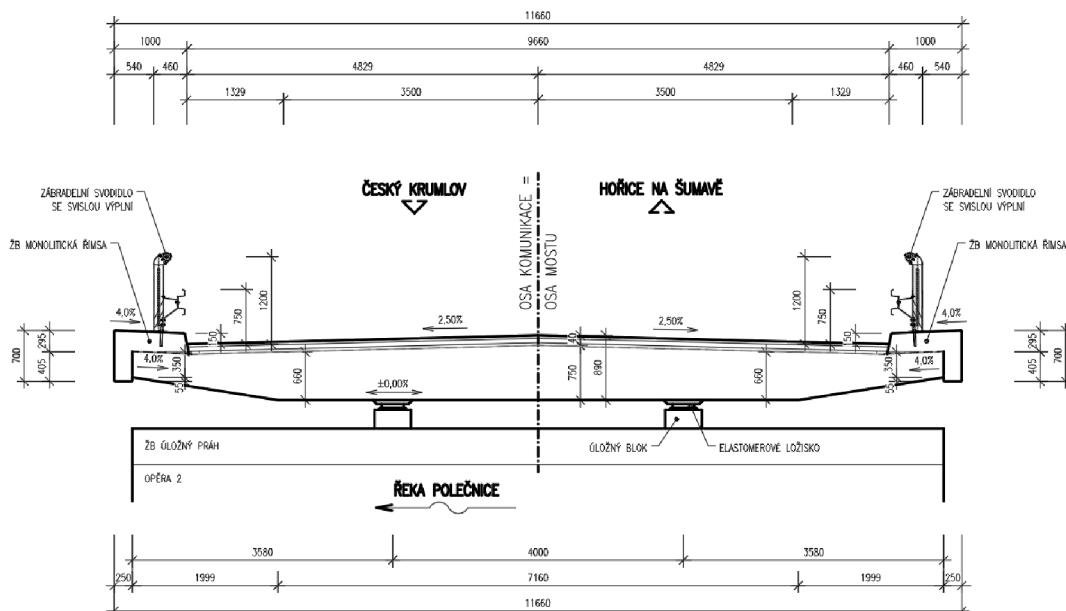
3.3 Inženýrské sítě

V blízkosti mostu se nenachází inženýrské sítě.

4 Studie

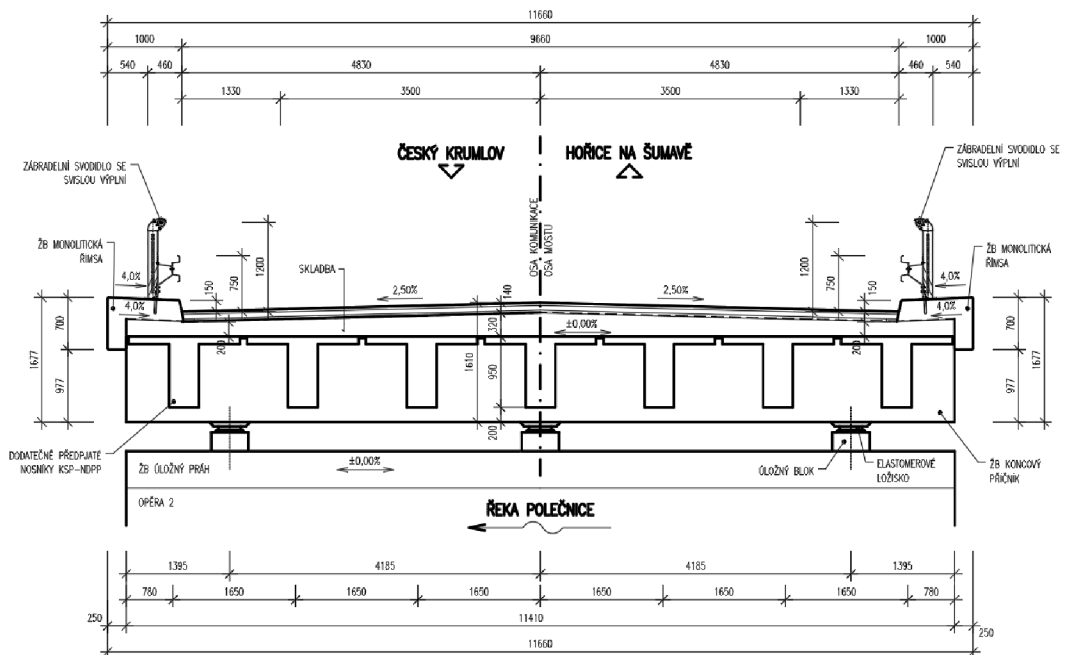
4.1 Studie A

Ve studii A je nosná konstrukce řešena jako lichoběžníková dodatečně předpjatá deska tl. v ose mostu 0,75 m. Nosná konstrukce je uložena na elastomerová ložiska. Rozpětí nosné konstrukce je 18,75 m. Tato varianta je méně hospodárná než následující dvě varianty.



4.2 Studie B

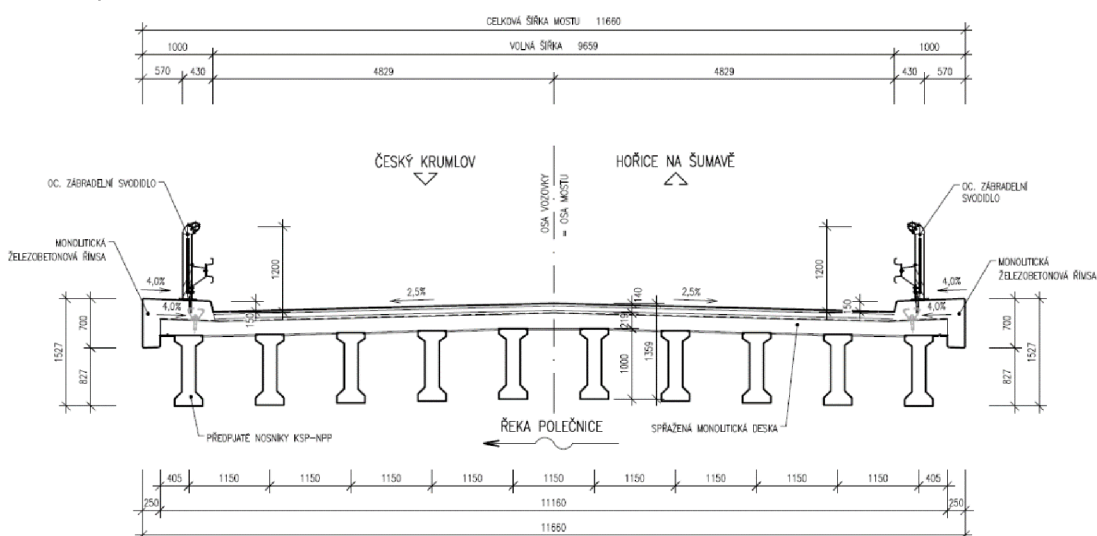
Ve studii B je nosná konstrukce tvořena prefabrikovanými nosníky typu KSP-NDPP ve tvaru T se spřaženou monolitickou deskou proměnné tloušťky. Nosná konstrukce se skládá ze 7 ks nosníků výšky 0,95 m, šířky stojiny 0,4 m a šířky horní příruby 1,50 m. Rozpětí nosné konstrukce je 18,75 m. Na koncích nosníků jsou železobetonové koncové příčníky. Příčníky jsou osazeny na každé opěře na dvojici elastomerových ložisek.



Obrázek 1 – Studia B – Příčný řez

4.3 Studie C

Ve studii C je nosná konstrukce tvořena prefabrikovanými předem předpjatými nosníky typu KSP-NPP se spřaženou monolitickou deskou. Nosná konstrukce se skládá z 10 ks nosníků výšky 1,00 m, šířky přírub 0,4 m a šířky stojiny 0,2 m. Rozpětí nosné konstrukce je oproti předcházejícím studiím prodlouženo na délku 19,75 m. Na koncích nosné konstrukce jsou železobetonové monolitické příčníky. Uložení je provedeno pomocí elastomerových ložisek pod každým nosníkem. Tato studie byla vybrána pro zpracování. Hlavním důvodem bylo zkrácení doby výstavby vlivem prefabrikace a zjednodušení zhotovení bednění, protože nebude potřeba skruž.



5 Technické řešení:

5.1 Spodní stavba:

Spodní stavba bude založena na základových pasech z betonu C 30/37-XC3, XD1, XF2 a výztuže B 500B. Výška základu 1,0 m, šířka 3,0 m a délka 13,30 m. Pod základy bude proveden podkladní beton z betonu C 12/15 – X0 tl. 0,15 m.

Opěry a úložné prahy budou z betonu C 30/37-XC3, XD1, XF2 délky 11,16 m, šířky 2,20 m. Výška dřívku opěry 1 bude 1,96 m a opěry 2 bude 1,57 m. Horní povrch úložných prahů bude ve spádu 4,0 % ve směru k závěrným zídám. Křídla jsou rovnoběžná železobetonová monolitická zavěšená na opěry. Délka křídel u opěry 1 je 6,20 m a u opěry 2 6,30 m. Za opěrami je samostatný přechodový klín.

5.2 Ložiska:

Nosná konstrukce je uložena na elastomerová ložiska pod každým nosníkem. Na opěře 1 jsou dvě prostřední ložiska pevná a ostatní příčně pohyblivá a na opěře 2 jsou ložiska všesměrně pohyblivá.

5.3 Nosná konstrukce:

Nosná konstrukce je tvořena prefabrikovanými nosníky typu KSP-NPP se spřaženou monolitickou deskou. Nosná konstrukce se skládá z 10 ks nosníků délky 20,25 m, výšky 1,00 m, šířky přírub 0,4 m a šířky stojiny 0,2 m. Nosníky jsou z betonu C 45/55 – XC4, XD1, XF2. Předpětí nosníků je provedeno pomocí 12 předpínacích lan Y 1860 – S7 – 15,7 se separacemi ve 3,0 m a v 6,5 m. Spřažená monolitická desky a koncové příčníky jsou z betonu C 30/37 XC4, XD1, XF4.

5.4 Skladba vozovky:

Vozovka na mostě bude provedena v následující konstrukci:

Asfaltový beton pro obrusné vrstvy	ACO 11+ PMB 25/55-60	40 mm	ČSN EN 13108-1
Spojovací postřík 0,25 kg/m ²	PS-CP 60 BP5		ČSN EN 12271
Asfaltový beton pro ložné vrstvy	ACL 16 + PMB 25/55-60	60 mm	ČSN EN 13108-1
Spojovací postřík 0,40 kg/m ²	PS-CP 60 BP5		ČSN EN 12271
Zdrsňující posyp předobalenou drtí 4/8 2÷4 kg/m ²			ČSN 73 6122
Litý asfalt pro ochranné vrstvy	MA 11 IV PMB 25/55-60	35 mm	ČSN EN 13108-6
Izolace z NAIP s pečutí vrstvou			5 mm
Celkem			140 mm

5.5 Mostní závěry:

V podélném směru je povolena dilatace směrem k opěře 2. U opěry 2 je osazen povrchový mostní závěr s jednoduchým těsněním spáry a s dilatační schopností ± 30 mm. U opěry 1 je osazen podpovrchový mostní závěr s dilatační schopností $\pm 2,5$ mm.

5.6 Římsy:

Římsy jsou monolitické železobetonové z betonu C 30/37 – XC4, XD3, XF4. Šířka římsy je 1,0 m, délka 31,25 m a příčný sklon 4,0 % směrem do vozovky.

5.7 Odvodnění:

Odvodnění vozovky mostu je provedeno pomocí podélného a příčného spádu směrem do 4 ks mostních odvodňovačů rozměru 500/500 mm. Dále jsou na mostě osazeny trubičky odvodnění izolace ve vzdálenosti max 6,0 m.

Odvodnění rubu opěr je provedeno drenážních trub DN 150 mm ve spádu 3,0 % směrem k vyústění drenáže skrz opěru, které je provedeno v chrániče DN180 mm.

5.8 Zádržný systém:

Na mostě jsou osazeny zábradelní svodidla se svislou výplní se zádržností H2 délky 32,0 m, na zábradelní svodidla navazují silniční svodidla se zádržností H1 délky 28,0 m a následně jsou zakončena dlouhým výškovým náběhem.

6 Použití materiály:

6.1 Beton:

Prefabrikované nosníky:	C 45/55 – XC4, XD1, XF2
Spřažená deska a koncové příčníky:	C 30/37 XC4, XD1, XF4
Římsy:	C 30/37 – XC4, XD3, XF4
Opěry, závěrné zídky a úložné prahy:	C 30/37-XC3, XD1, XF2
základy a křídla:	C 30/37-XC3, XD1, XF2
podkladní beton:	C 12/15 – X0

6.2 Betonářská výztuž:

Ocel:	B 500B
-------	--------

6.3 Předpínací výztuž:

Kabely:	Y 1860-S7-15,7
---------	----------------

7 Fáze výstavby

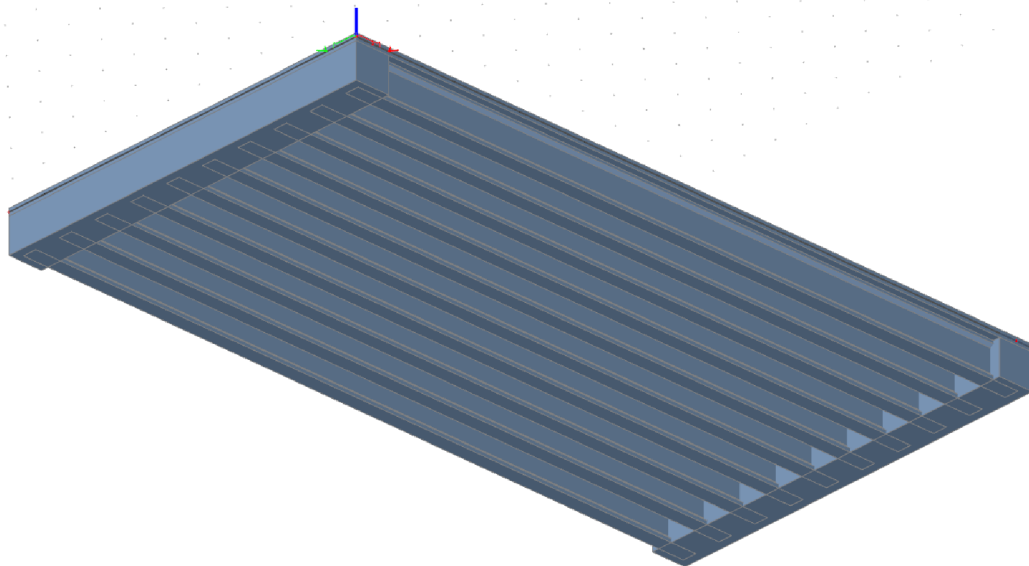
- Demolice stávajícího mostního objektu
- výkopové práce
- Zřízení podkladního betonu a nových základů
- Zřízení nových opěr a úložných prahů
- Zřízení montážních podpor
- Doprava nosníků na stavbu a osazení na montážní podpor
- Zřízení spřažené desky a koncových příčníků
- Provedené izolačních souvrství nosné konstrukce a osazení kotev říms
- Osazení odvodňovacích systémů
- Zřízení říms
- Pokládka souvrství vozovky
- Terénní úpravy v okolí mostu
- Osazení záchytného systému

Postup výstavby pro časově závislou analýzu:

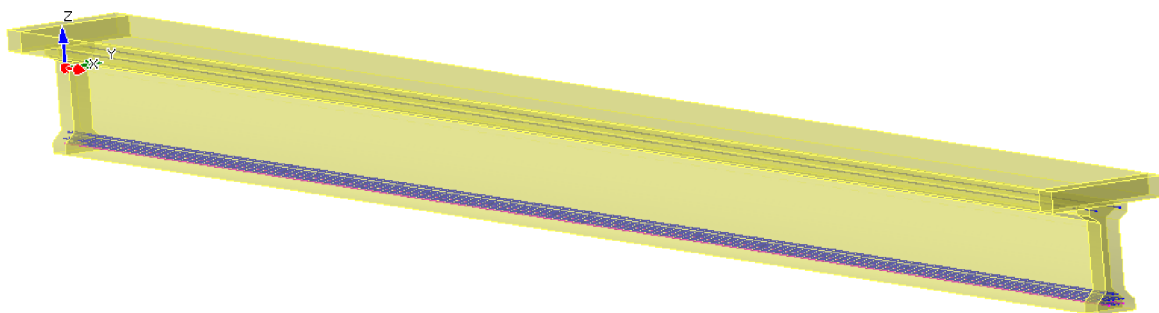
Fáze	Popis	čas [den]
1	Předepnutí výztuže a betonáž nosníků	0
2	Vnesení předpětí a uložení nosníků na dočasné podpory na skládce	7
4	Doprava nosníků na stavbu a uložení na montážní podpory	14
5	Betonáž spřažené desky a koncových příčníků	28
6	Osazení konstrukce na finální podpory	45
7	Ostatní stálé zatížení	70
8	Uvedení mostu do provozu	100
9	Návrhový konec životnosti	36500

8 Statické řešení

Deskový model (obecná deska XYZ) byl vytvořen v programu SCIA Engineer 19.1 pro celkovou analýzu mostu, především pro zjištění vnitřních sil od ostatního stálého zatížení a zatížení dopravou a pro posouzení spřažené desky v příčném směru. Spřažená deska je uvažována konstantní tloušťky 0,202 m. Nosníky a příčníky jsou modelovány jako žebra. Pro zjednodušení je podélný sklon zanedbán.



Prutový model pro časově závislou analýzu byl vytvořen v programu IDEA StatiCa 20.1. Tento model byl vytvořen z důvodu zjištění vnitřních sil a ztrát předpětí v průběhu výstavby a z důvodu zohlednění reologických účinků v průběhu životnosti mostu.



Ztráty předpětí byly převzaty z programu IDEA StatiCa a následně byly ověřeny ručním výpočtem. Nosník byl posouzen na MSÚ a MSP. Pro MSP bylo převzato napětí v betonu a ve výztuži v jednotlivých fázích z modelu s časově závislou analýzou vytvořeném v programu IDEA StatiCa. MSÚ byl počítán ručně. bylo provedeno posouzení na ohyb a posouvající sílu, bylo řešeno posouzení na příčný a podélný smyk. Spřažená deska byla posouzena na příčný i podélný ohyb. Spodní stavba a koncové příčníky nebyly posouzeny.

9 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo provedení návrhu a posouzení nosné konstrukce silničního mostu na silnici I/39 přes řeku Polečnici. Ze tří zpracovaných studií byla vybrána varianta s prefabrikovanými předem předpjatými nosníky typu KSP-NPP a se spřaženou železobetonovou deskou. Dle zadání byla niveleta směrově napřímena a bylo provedeno prodloužení mostu, výškově niveleta nebyla měněna. Z tohoto důvodu byl most navržen jako kolmý. Ve výpočtech bylo zanedbáno zatížení od povětrnostních jevů a od vodorovných sil od dopravy.

10 Seznam použitých zdrojů

10.1 Normy:

- [1] ČSN 73 6201: Projektování mostních objektů
- [2] ČSN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí
- [3] ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí
- [4] ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou
- [5] ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1992-2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [7] ČSN 73 6242 – Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací

10.2 Literatura:

- [8] BL001 - Prvky betonových konstrukcí - Výukové texty, příklady a pomůcky, VUT v Brně
- [9] Vzorové listy staveb pozemních komunikací – VL4 – mosty
- [10] Ing. Roman Šafář, Ph.D.: Betonové mosty 2 – Přednášky, ČVUT, 2017
- [11] Ing. Roman Šafář, Ph.D., Doc. Ing. Vlastimil Kukaň, CSc., Ing. Michal Drahorád, Ing. Marek Foglar, Ph.D.: Betonové mosty 1 – Přednášky, ČVUT 2010

10.3 Elektronické zdroje:

- [12] Ing. Laníková Ivana, Ph.D. – Podklady pro studenty
<https://www.fce.vutbr.cz/BZK/lanikova.i/>
- [13] HALFEN s.r.o., výrobní katalog. Dostupné z:
https://downloads.halfen.com/catalogues/cz/media/catalogues/generaldocuments/CZ_PO_2019_web.pdf
- [14] KŠ PREFA – katalog dopravní stavby 2015. Dostupné z:
https://ksprefa.cz/wp-content/uploads/2017/12/000_Katalog_dopravni_stavby_2015.pdf

11 Seznam příloh

11.1 P1. Podklady, studie a vizualizace

- P1.01 Podklady
- P1.02 Studie A
- P1.03 Studie B
- P1.04 Studie C
- P1.05 Vizualizace

11.2 P2. Přehledné a podrobné výkresy mostu

- P2.1 Půdorys
- P2.2 Podélný řez
- P2.3 Příčný řez v poli
- P2.4 Příčný řez s pohledem na OP 2
- P2.5 Betonářská výztuž nosníku
- P2.5 Předpínací výztuž nosníku
- P2.5 Betonářská výztuž desky

11.3 P3. Statický výpočet

- P3.01 Statický výpočet