



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 MOSTU O JEDNOM POLI

DESIGN OF THE SINGLE SPAN BRIDGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Čihák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav betonových a zděných konstrukcí
Student: **Jakub Čihák**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.**
Akademický rok: 2022/23
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

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

Návrh mostu o jednom poli

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh mostu bude vypracován na základě předaných podkladů, tj. situace, příčný a podélný řez a geotechnické poměry.

Ve statickém výpočtu se uplatní řešení nosné konstrukce z předpjatého betonu. Statický výpočet se provede nejprve zjednodušenou metodou a následně s využitím matematického modelu ve voleném programovém systému pro řešení konstrukcí.

Ostatní postupy nebo úpravy řešení a konstrukce lze provádět podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Cílem práce je pro zadaný most podrobně navrhnout všechny části jeho hlavní nosné konstrukce, tj. ale bez výpočtu ložisek, závěru, spodní stavby a založení. Pro zadaný problém navrhnout dvě až tři studie řešení a zhodnotit je. Vypracovat podrobný statický výpočet nosné konstrukce vybrané studie mostu podle mezních stavů. Zpracovat v rámci výkresové dokumentace dispoziční výkresy, výkresy výztuže počítaných částí konstrukce a alespoň jeden detail.

Textovou část zpracovat v rozsahu a ve formě průvodní a technické zprávy.

Bakalářskou práci je třeba vypracovat a rozčlenit podle této struktury: Textová část a přílohy textové části – použité podklady a studie řešení, výkresy přehledné, podrobné a detaily, stavební postup a vizualizace a statický výpočet. Rozsah jednotlivých částí upřesní vedoucí bakalářské práce.

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě.

Seznam doporučené literatury a podklady:

Základní normy:

ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.

ČSN 73 6214 Navrhování betonových mostních konstrukcí.

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou.

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

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

Literatura doporučená vedoucím práce.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2022

L. S.

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

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.
vedoucí práce

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

Abstrakt

Tématem této bakalářské je návrh mostu o jednom poli na dálnici D0. Byly vypracovány dvě varianty. Jako použitá varianta byla vybrána varianta z prefabrikovaných předem předpjatých nosníků spřažené s monolitickou deskou. Cílem práce je navrhnout a posoudit nosnou konstrukci na mezní stavy únosnosti a mezní stavy použitelnosti.

Klíčová slova

návrh, dálniční most, beton, předem předpjatý nosník, spřažená deska, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti

Abstract

The topic of this bachelor thesis is the design of a single span bridge on the D0 highway. Two variants have been developed. A variant of precast prestressed beams coupled to a monolithic slab was selected as the variant used. The aim of the thesis is to design and assess the structure for ultimate and serviceability limit states.

Key words

design, highway bridge, concrete, prestressed beam, coupled slab, ultimate limit state, serviceability limit state

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČIHÁK, Jakub. Návrh mostu o jednom poli. Brno, 2023. 16 s., 64 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

PROHLÁŠNÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Návrh mostu o jednom poli* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V brně dne 26. 5. 2023

Jakub Čihák,
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh mostu o jednom poli* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje

V brně dne 26. 5. 2023

Jakub Čihák,
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Ladislavu Klusáčkovi, CSc. za odborné vedení, trpělivost, cenné rady a ochotu během vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a své přítelkyni za podporu v průběhu celého studia. Také bych chtěl poděkovat spolužákům za spolupráci, pomoc a celkovou podporu.

Obsah

1. Úvod	8
2. Všeobecná část	8
2.1. Identifikační údaje mostu	8
2.2. Základní údaje o mostu.....	8
3. Most a jeho umístění.....	9
3.1. Charakter převáděné komunikace s překážky	9
3.2. Územní podmínky	9
4. Studie	9
4.1. Studie A.....	9
4.4. Studie B.....	10
5. Technické řešení	10
5.1. Spodní stavba.....	10
5.2. Ložiska	11
5.3. Nosná konstrukce	11
5.4. Konstrukce vozovky	11
5.5. Mostní závěry	11
5.6. Římsy	11
5.7. Odvodnění.....	12
5.8. Zádržné systémy	12
6. Použité materiály	12
6.1. Beton	12
6.2. Betonářská výztuž	12
6.3. Předpínací výztuž	12
7. Statické řešení	13
8. Závěr	14
9. Seznam použitých zdrojů.....	14
9.1. Normy:.....	14
9.2. Literatura:	14
9.3. Elektronické zdroje:	14
10. Seznam příloh	15
10.1. P1. Podklady a studie.....	15
10.2. P2. Přehledné a podrobné výkresy.....	15
10.3. P3. Statický výpočet	15

1. Úvod

Cílem bakalářské práce je návrh mostní konstrukce o jednom poli na dálnici D0, křižující dálnici D11. Dle zadání byly vypracovány dvě studie. U některých nosníků bylo diagnostikou zjištěno značné zatékání do koncové oblasti nosníků, řádné neproinjektování z doby výstavby a chloridová koroze všech průběžně zvedaných kabelů. Díky tomu stávající most již nevyhoví dle aktuálně platných norem. Proto byla zvolena varianta nové nosné konstrukce, která se skládá z prefabrikovaných nosníků a spřažené monolitické desky. V této práci je proveden návrh a posouzení pouze nosné konstrukce mostu. Ve výpočtu jsou zohledněny reologické účinky v průběhu životnosti mostu.

2. Všeobecná část

2.1. Identifikační údaje mostu

Název stavby:	Návrh mostu o jednom poli
Kraj:	Hlavní město Praha
Okres:	Hlavní město Praha
Katastrální území:	Horní Počernice
Číslo pozemní komunikace:	D0
Autor práce:	Jakub Čihák
Vedoucí práce:	doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

2.2. Základní údaje o mostu

Mostní objekt se skládá ze dvou totožných mostů, každý z nich převádí jeden směr dopravy. Most č. 1 převádí směr na Ústí nad Labem, most č. 2 převádí směr na Plzeň a Brno. Veškeré uspořádání si odpovídá, tak že opěra č. 3 odpovídá opěře č. 1. Opěra č. 4 pak odpovídá opěře č. 2.

Nosnou konstrukci jednoho mostu tvoří 22 prefabrikovaných, předem předpjatých nosníků VST-92 výšky 1,50 m, délky 30,00 m, spřažené s železobetonovou monolitickou deskou.

Poznámka:
Dále jsou uváděny údaje pouze k mostu č. 1.

Křižující komunikace 1:	D0
Křižující komunikace 2:	D11
Počet mostních polí:	1
Délka mostu:	59,49 m
Délka přemostění:	28,00 m
Teoretické rozpětí mostu:	29,00 m
Délka nosné konstrukce:	30,00 m
Úložný úhel:	$90^\circ = 100g$
Úhel křížení:	$68,99^\circ = 76,66g$
Volná šířka:	15,49 m
Celková šířka:	17,65 m
Šířka nosné konstrukce:	17,15 m
Šířka vozovky:	15,49 m
Šířka římsy krajní:	0,80 m
Šířka římsy středové:	1,36 m
Stavební výška:	1,87 m
Výška mostu:	8,55 m
Volná výška:	6,68 m
Úložná výška:	2,27 m
Příčný sklon vozovky:	2,5% jednostranný

Podélný sklon vozovky: 1,00% - ve směru staničení klesá

3. Most a jeho umístění

3.1. Charakter převáděné komunikace s překážky

Most převádí dálnici D0 přes větev V1 křižovatky okruhu s dálnicí D11. Ve směru staničení niveleta klesá ve spádu 1,00%. Příčný spád vozovky je jednostranný 2,50%.

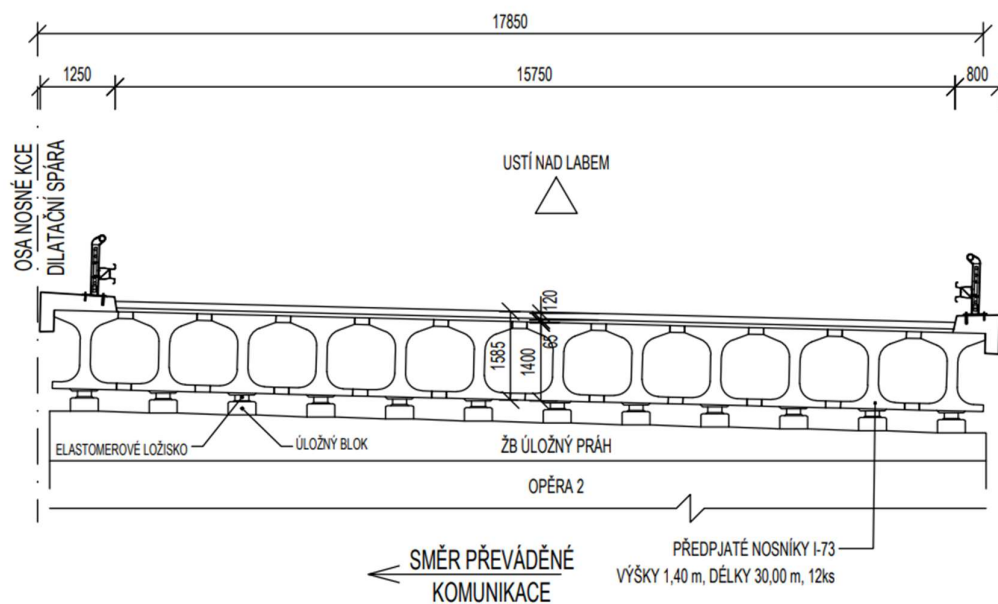
3.2. Územní podmínky

Mostní objekt se nachází v extravilánu. Zemní těleso je v násypu, proto není vhodné ani možné měnit situační uspořádání, bez toho aniž bychom byli nuceni provést objemné zemní práce.

4. Studie

4.1. Studie A

Ve studii A je nosná konstrukce ponechána. Tudiž se jedná o ověření únosnosti stávajícího mostního objektu, jehož nosná konstrukce se skládá z předem předpjatých prefabrikovaných nosníků I-73 s osovou vzdáleností 1,45 až 1,50 m a spřažené monolitické desky.

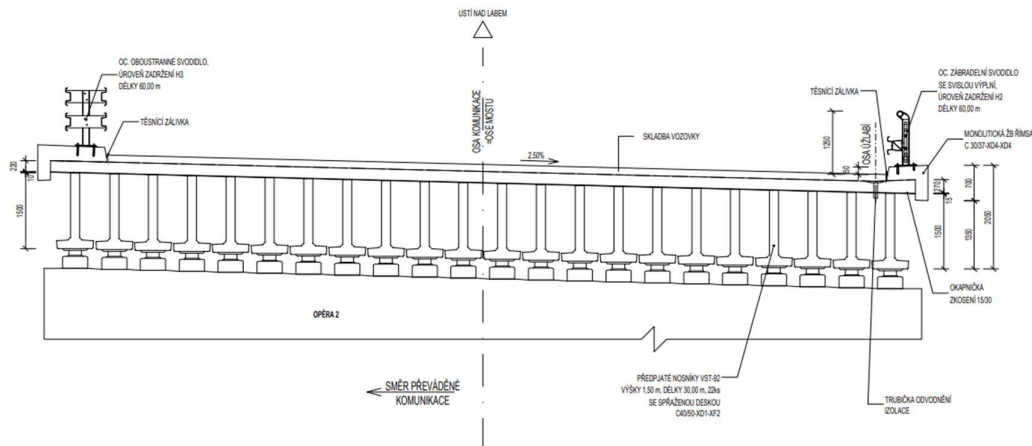


Obr. 1 – Studie A – příčný řez

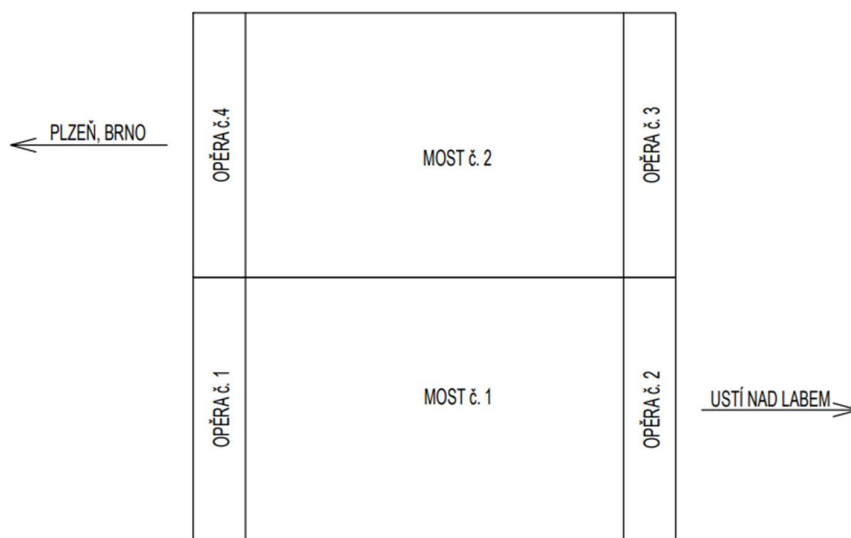
4.4. Studie B

Studie B řeší příčné uspořádání složené z prefabrikovaných, předem předjatých nosníků VST-92, výšky 1,50 m s osovou vzdáleností 0,77 m. Tyto nosníky jsou spřaženy monolitickou deskou tloušťkou 0,22 m.

Tato varianta je také vybrána ke zpracování, jelikož varianta A nevyhoví platným normám v oblasti únosnosti ve smyku.



Obr. 2 – Studie B – příčný řez



Obr. 3 – číslování mostů a opěr.

5. Technické řešení

5.1. Spodní stavba

Spodní stavba bude ponechána poté, co bude stávající hlavní nosná konstrukce zbořena. Tudiž, vše zůstane založeno na vysokoprofilových pilotách Ø1,22 m třídy betonu C16/20. Nad nimi je základ opěry vysoký 1,50 m a široký 4,50 m z betonu C30/37 - XC3, XD1, XF2.

Opěry jsou provedeny z betonu C30/37 - XC3, XD1, XF2 výšky 8,405 m respektive 8,440 m. Obě opěry mají délku 17,65 m a šířku 3,20 m.

Úložné prahy jsou z betonu C16/20. Jejich horní povrch je ve spádu 4,0% ve směru k závěrným zídám.

Křídla jsou rovnoběžná železobetonová monolitická zavěšená na opěry. Délka křídel u obou opěr je 15,74 m. Za opěrami je samostatný přechodový klín.

5.2. Ložiska

Nosná konstrukce je uložena na elastomerová ložiska pod každým nosníkem. Na opěře 1 je ložisko pod nosníkem č. 1 pevné v příčném směru, na opěře 2 pod nosníkem č. 1 je pevné a pod nosníkem č. 22 podélně pevné. Všechny ostatní ložiska jsou všesměrně pohyblivá.



Obr. 4 – Půdorysné schéma ložisek

5.3. Nosná konstrukce

Nosná konstrukce je tvořena 22 prefabrikovanými předem předpjatými nosníky, typu VST-92, výšky 1,50 m, šířky spodní přírubby 0,73 m a stojiny šířky 0,18 m. Tyto nosníky jsou spřaženy monolitickou deskou tloušťky 0,22 m, která je uložena na ztraceném bednění tloušťky 0,1 m.

Nosníky i monolitická deska je z betonu C40/50 – XC4, XD1, XF2. Předpětí těchto nosníků je provedeno 16 lany typu Y1860-S7-15,7 se separacemi v 1,80 m, 5,60 m a 9,40 m.

5.4. Konstrukce vozovky

Vozovka je navržena dle TP 170. Provedena bude v následující konstrukci:

Asfaltový koberec mastixový (modifikovaný)	SMA 11S	40 mm
se zdršňujícím posyp předobalenou drtí	fr. 4/8mm	2-4 kg/m ²
Spojovací postřik modifikovaný	PS-CP	0,35 kg/m ²
Asfaltový beton pro ložní vrstvy (modifikovaný)	ACL 22S	60 mm
Spojovací postřik modifikovaný	PS-CP	0,35 kg/m ²
Zdršňujícím posyp předobalenou drtí	fr. 4/8mm	2-4 kg/m ²
Litý asfalt pro ochranné vrstvy	MA 11 IV	35 mm
Izolace z NAIP pečecí vrstvou		5 mm
	celkem	140 mm

5.5. Mostní závěry

V podélném směru jsou dovoleny dilatace k oběma opěrám. U obou opěr jsou osazeny závěry s možností dilatace ± 100 mm.

5.6. Římsy

Římsy jsou monolitické železobetonové z betonu C30/37 - XC4, XD3, XF4. Šířka římsy u okraje mostu je 0,80 m a šířka římsy ve středu mostního objektu je 1,36 m. Obě římsy mají spád 4% směrem do vozovky.

5.7. Odvodnění

Odvodnění vozovky je provedeno pomocí podélného a příčného spádu směrem do 4 mostních odvodňovačů rozměrů 500 x 500 mm. Dále jsou na mostě osazeny trubičky odvodnění izolace a to s roztečí maximálně 6,0 m.

Odvodnění rubu opěr je provedeno drenážní trubkou DN150 spádovanou 3% směrem k vyústění drenáže skrze opěru.

5.8. Zádržné systémy

Na krajní římsě mostu je osazeno zábradelní svodidlo ZSNH4 úrovně zadržetí H2, délky 60,0 m.

Na středové římsě je osazeno oboustranné svodidlo OSPNH4 úrovně zadržetí H3, délky 60,0 m.

6. Použité materiály

6.1. Beton

Prefabrikované nosníky:	C 40/50 – XC4, XD1, XF2
Spřažená deska:	C 40/50 – XC4, XD1, XF2
Římsy:	C 30/37 – XC4, XD3, XF4
Úložné prahy:	C 16/20 – XC4, XD1, XF2
Opěry, závěrné zídky:	C 30/37 – XC3, XD1, XF2
Základy, křídla:	C 30/37 – XC3, XD1, XF2
Piloty:	C 16/20 – X0

6.2. Betonářská výztuž

Ocel:	B550B
-------	-------

6.3. Předpínací výztuž

Lana	Y1860-S7-15,7
------	---------------

7. Statické řešení

Deskový model (obecná deska XYZ) byl vytvořen jako ortotropní deska v programu SCIA Engineer 22.0, abychom byli schopni analyzovat most, převážně pro analýzu vnitřních sil od ostatního stálého zatížení a proměnného zatížení.

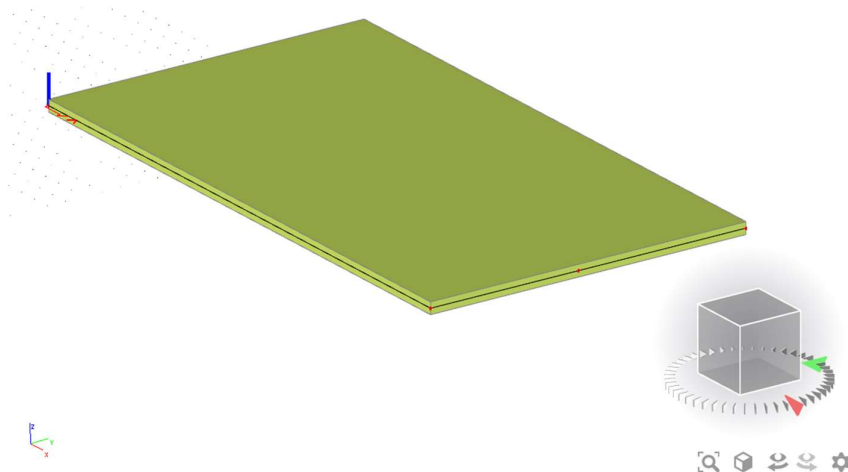
Modelu bylo využito pro získání vnitřních sil na spřažené desce v příčném směru. Jelikož do parametrů ortotropie vstupují tuhosti jednotlivých prvků. V tomto modelu je uvažováno, že tuhost v podélném směru tvoří spřažená konstrukce, ovšem veškeré zatížení v příčném směru přebírá pouze spřažená deska.

Pro zjištění potřebné předpínací síly byl využit program SCIA Engineer 22.0, abychom zjistili napětí na spodních vláknech pro častou kombinaci, které nesmí překročit pevnost betonu v tahu. Krátkodobé ztráty byly odhadnuty a dlouhodobé byly ručně spočteny.

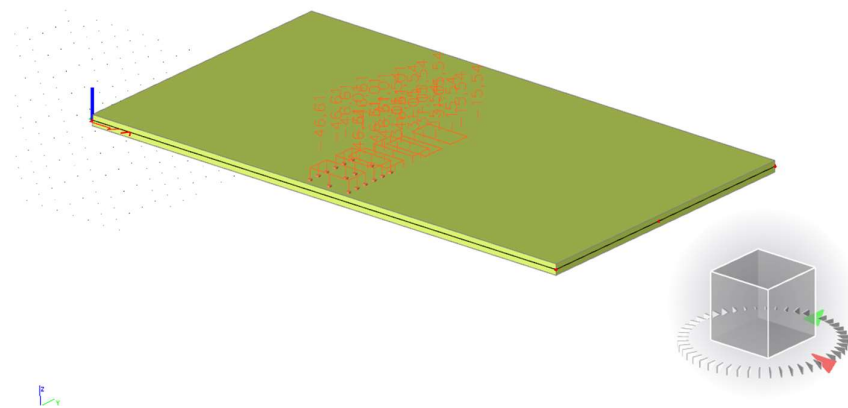
Vnitřní síly získány z tohoto modelu byly převzaty a zkombinovány do jednotlivých kombinací. Pro jednotlivé posudky byly vybrány nejnepríznivější kombinace, následně byly provedeny jednotlivé posudky mezních stavů únosnosti a mezních stavů použitelnosti. Mezní stav únosnosti byl posouzen na ohyb a smyk. Spřažená deska byla posouzena na příčný ohyb a smyk.

Podrobnější statické řešení je řešeno v příloze P3. STATICKÝ VÝPOČET.

Spodní stavba nebyla posouzena.



Obr. 5 – Axonometrický pohled na ortotropní desku v programu SCIA Engineer 22.0



Obr. 6 – Axonometrický pohled na ortotropní desku zatížené LM1 - TS

8. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo návrh a posudek mostu na dálnici D0 převádějící komunikaci přes větev V1 mimoúrovňové křižovatky s dálnicí D11. Ze dvou studií byla vybrána varianta předem předpjatých nosníků sprážených monolitickou deskou.

Ve výpočtech bylo zanedbáno zatížení od povětrnostních podmínek a vodorovných sil vytvořených dopravou.

Analýza byla provedena jak ručně, tak pomocí programu SCIA Engineer. Díky omezení napětí byla zjištěna předpínací síla. Dále byl posouzen mezní stav použitelnosti, zde bylo ověřeno omezení napětí a omezení vzniku trhlin. Mezní stav únosnosti byl posouzen na únosnost v ohybu a smyku.

Konstrukce ve všech těchto aspektech vyhověla.

9. Seznam použitých zdrojů

9.1. 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 1991-1-1 : Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1992-2 : Betonové mosty Navrhování a konstrukční zásady
- [7] ČSN 73 624 : Navrhování a provádění vozovek na mostech a pozemních komunikacích

9.2. Literatura:

- [9] Vzorové listy pozemních komunikací – VL4 – mosty
- [10] BL001 – Prvky betonových konstrukcí – Výukové texty, příklady a pomůcky, VUT v Brně
- [11] plk. Ing. KUBIK Mirko, Ing. KUPR Jan, Ing. KOMÍNEK Milan, Ing. TRČKA Martin, Ing. DVOŘÁK Ladislav, MEDŘICKÝ Zdeněk, Ing. MATĚJKA Petr, SEIDL Petr, Ing. TRČKA František – *Nosné konstrukce silničních a dálničních mostů z nosníků VST-88 délky 9-12-15-18-21 m: Typový podklad část I-II*. Praha: Vojenský projektový ústav Praha, 1988
- [12] *Nosné konstrukce z nosníků VST - 92: Zásady řešení*. Praha: CityPlan, říjen 1994

9.3. Elektronické zdroje:

- [13] Ing. Tipka Martin, Ph. D. - Návrh smykové a spřahovací výztuže, návrh manipulačních úchytů, skica vyztužení
https://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NKPS/pomucky_NKPS_soubory/02_Navod_2.pdf
- [14] doc. Ing. Nečas Radim, Ph. D. – přednášky předmětu BL012 – betonové mosty 1. Dostupné z:
<http://necasradim.cz/>

10. Seznam příloh

10.1. P1. Podklady a studie

P1.01 Podklady

P1.02 Studie A

P1.02.01 Statický výpočet

P1.03 Studie B

10.2. P2. Přehledné a podrobné výkresy

P2.01 Půdorys

P2.02 Podélný řez

P2.03 Příčné řezy

P2.04 Předpínací výztuž nosníku

P2.05 Betonářská výztuž nosníku

P2.06 Betonářská výztuž desky

10.3. P3. Statický výpočet

P3.01 Statický výpočet