



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 O JEDNOM POLI

DESIGN OF A SINGLE SPAN PRESTRESSED BRIDGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Monika Daněčková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radim Nečas, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav betonových a zděných konstrukcí
Studentka: **Monika Daněčková**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Radim Nečas, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
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 předpjatého mostu o jednom poli

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh mostu zpracujte na základě předaných podkladů, tj. situace, příčný a podélný řez a geotechnické poměry. Můžete drobně upravit základní geometrii mostu - délku a šířku konstrukce, polohu nivelety apod.

Ve statickém výpočtu uplatněte řešení nosné monolitické konstrukce z předpjatého betonu bez vlivu výstavby.

Ostatní úpravy lze provádět podle pokynů vedoucího práce.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Na zadaný problém zpracujte dvě až tři studie přemostění včetně jejich zhodnocení. Dále se zaměřte na návrh vybrané deskové nebo trémové mostní konstrukce. Pro kolmý most můžete provést úpravy v niveletě, popř. v profilu terénu včetně délky přemostění.

Dimenzování proveďte podle mezních stavů v rozsahu stanoveném vedoucím práce. Obdobně další úpravy provádějte podle pokynů vedoucího.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti podle platných 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.

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. 2023

L. S.

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

vedoucí ústavu

doc. Ing. Radim Nečas, Ph.D.

vedoucí práce

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

děkan

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je návrh předpjatého mostu o jednom poli. Z uvedených variant byl vybrán deskový most. Účinky zatížení byly vypočítané ručním výpočtem na prutovém modelu a v programu SCIA Engineer 22.0. pomocí deskového modelu. Následně byla konstrukce posouzena na mezní stavy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Most, deskový most, beton, předpjatý beton, zatížení, mezní stav

ABSTRACT

This bachelor thesis aims to design a prestressed bridge with one span. The plate girder bridge was selected from the given alternatives. The load effects were calculated by hand calculation using the member model and in SCIA Engineer 22.0. using the slab model. Subsequently, the structure was assessed for limit states.

KEYWORDS

Bridge, slab bridge, concrete, prestressed concrete, load, limit state

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Daněčková Monika. Návrh předpjatého mostu o jednom poli. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. doc. Ing. Radim Nečas, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci s názvem *Návrh předpjatého mostu o jednom poli* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2024

.....
Monika Daněčková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Radimu Nečasovi, Ph.D. za vstřícný přístup, cenné rady a trpělivost.

Dále bych chtěla poděkovat mojí rodině za podporu během celé doby studia.

OBSAH

ÚVOD.....	3
1. NÁVRH KONSTRUKCE.....	4
1.1. VARIANTA STUDIE 1-A.....	4
1.2. VARIANTA STUDIE 1-B.....	4
1.3. VARIANTA STUDIE 2.....	5
1.4. VÝSLEDNÁ VARIANTA	5
2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE.....	5
2.1. KONSTRUKCE MOSTU	5
2.2. MATERIÁL.....	6
3. VÝPOČTOVÝ MODEL	6
3.1. PRUTOVÝ MODEL.....	6
3.2. DESKOVÝ MODEL.....	7
4. ZATÍŽENÍ	7
4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	7
4.1.1. VLASTNÍ TÍHA – ZS1.....	7
4.1.2. OSTATNÍ STÁLÉ – ZS2	7
4.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ.....	8
4.2.1. MODEL ZATÍŽENÍ LOAD MODEL 1 (LM1).....	8
4.2.2. MODEL ZATÍŽENÍ LOAD MODEL 3 (LM3) – ZS5	10
4.3. KOMBINACE	11
4.3.1. ULS – MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI	11
4.3.2. SLS– MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI	12
5. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ.....	13
6. PŘEDPÍNACÍ SÍLA	13
7. VÝSLEDNÉ ZTRÁTY	14
7.1. KRÁTKODOBÉ ZTRÁTY	14
7.2. DLOUHODOBÉ ZTRÁTY.....	15
8. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.....	15
9. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI.....	16
10. KOTVENÍ.....	16
ZÁVĚR.....	17

SEZNAM OBRÁZKŮ	17
SEZNAM TABULEK	17
POUŽITÉ ZDROJE	18

ÚVOD

Jak už samotný název napovídá, cílem této bakalářské práce je návrh předpjatého mostu o jednom poli. Jedná se o konstrukci silničního mostu přemostující vodní tok o rozpětí nosné konstrukce 18 m a šířce 11,4 m, s kategorií komunikace S9. Na obou římsách mostu se nachází nouzový chodník, mostní svodidlo a zábradlí.

V následující textové části bakalářské práce je popsán postup při výpočtu, odůvodnění zvolené studie, porovnání mezi ručním výpočtem a výpočtem za pomoci programu SCIA Engineer 22.0 a posouzení mostní konstrukce.

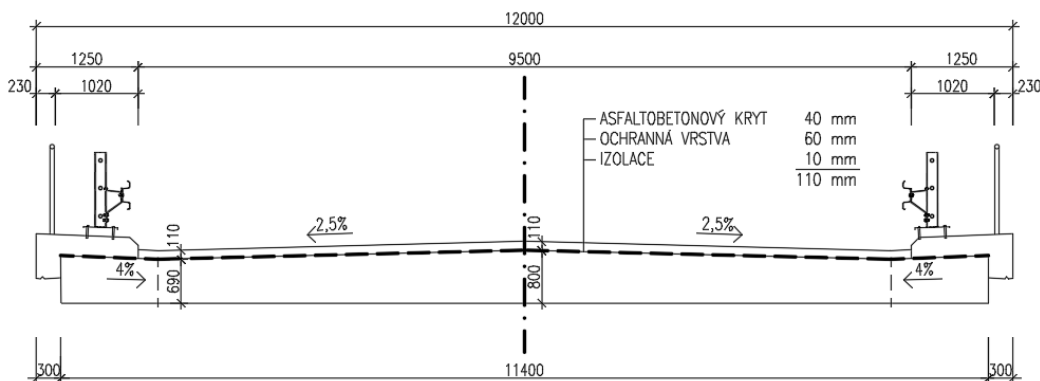
Veškeré výpočty nalezneme v příloze P2 STATICKÝ VÝPOČET.

1. NÁVRH KONSTRUKCE

Pro návrh mostní konstrukce byly vypracovány dvě varianty studie. Ve studii 1 je nosná konstrukce desková, ve variantě A s obdélníkovým průřezem desky a ve variantě B s lichoběžníkovým průřezem. Ve studii 2 je nosná konstrukce navržena jako trémová.

1.1. VARIANTA STUDIE 1-A

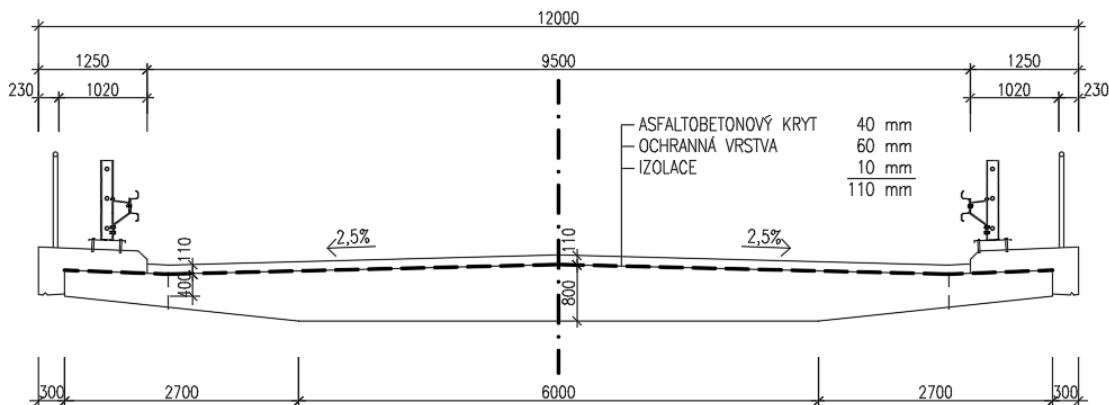
Studie 1-A představuje deskovou nosnou konstrukci s obdélníkovým průřezem. V nejvyšším bodě konstrukce má deska výšku 800 mm, průměrná výška desky je 730 mm. Výhodou této konstrukce je její jednoduchost a snadná betonáž. Nevýhodou může být méně atraktivní vzhled konstrukce.



Obr.1 Studie 1-A

1.2. VARIANTA STUDIE 1-B

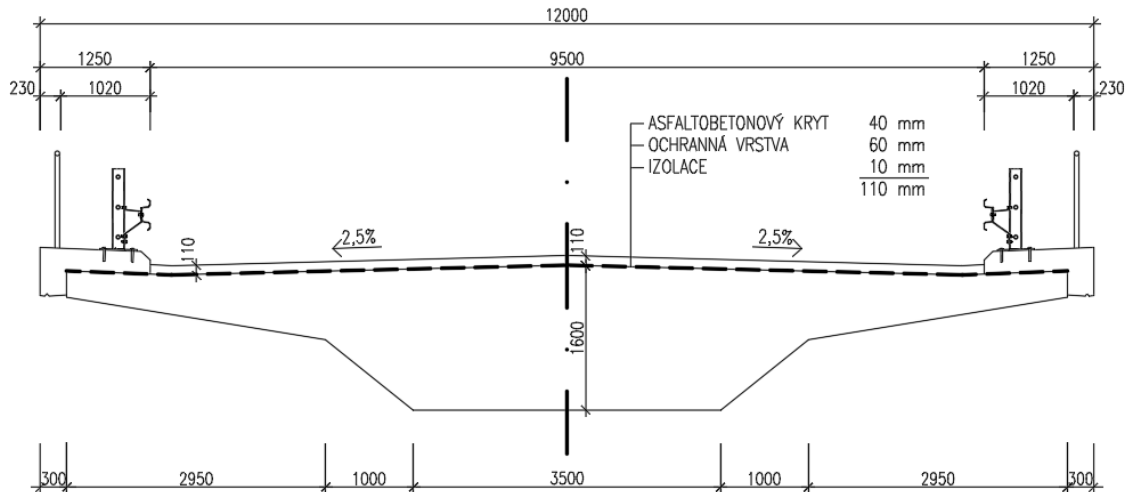
Studie 1-B představuje deskovou nosnou konstrukci s lichoběžníkovým průřezem. Deska je na obou svých koncích zúžená téměř o polovinu své tloušťky. Oproti variantě A zde dochází k úspoře materiálu, a to je výhodou této konstrukce. Nevýhodou může být obtížnější betonáž.



Obr.2 Studie 1-B

1.3. VARIANTA STUDIE 2

Ve studii 2 je navrhována trémová nosná konstrukce. Výška konstrukce je 1600 mm. Tato varianta byla zvolena jako nejméně vhodná, konstrukční výška nosné konstrukce snižuje mostní otvor. Nevýhodou je také velká spotřeba materiálu.



Obr.3 Studie 2

1.4. VÝSLEDNÁ VARIANTA

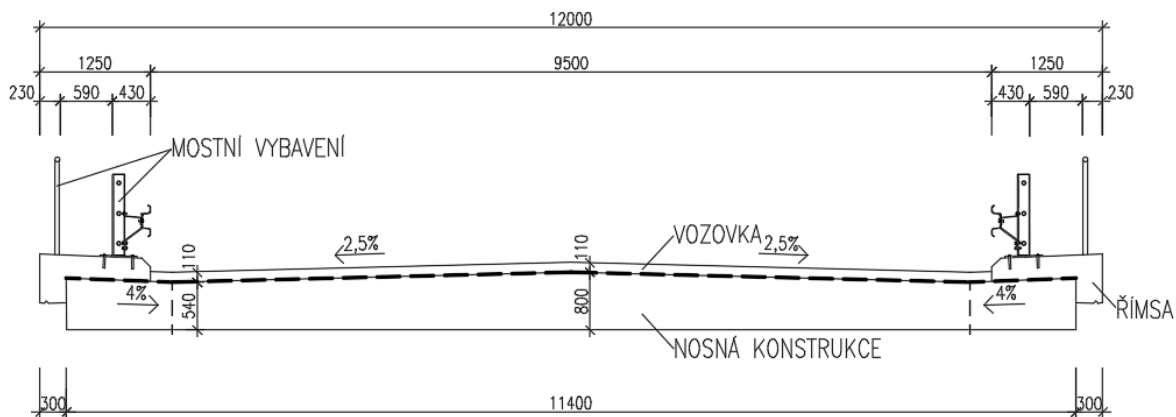
Z výše uvedených variant byla zvolena studie 1-A jako nejvhodnější.

2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

2.1. KONSTRUKCE MOSTU

Konstrukce mostu převádí silnici I. třídy přes vodní tok. Kategorie komunikace S9,5 má šířku vozovky 9,5 m, sklon vozovky je střešovitý se spádem 2,5 %, konstrukce je odvodněná. Vozovka se skládá z vrchního asfaltobetonového krytu o tloušťce 40 mm, ochranné vrstvy o tloušťce 60 mm a izolace, která chrání nosnou konstrukci před vodou a posypovou solí. Nosnou konstrukcí je deska obdélníkového průřezu o rozpětí 18 m a šířce 11,4 m. Její průměrná výška je 740 mm, v nejvyšším místě 800 mm a v místě odvodnění 690 mm. Má stejně jako vozovka 2,5 % spád s podélným spádem 2 %. Na obou krajích konstrukce se nachází římsy. Římsy jsou stejné a mají 4% sklon směrem k vozovce, jejich šířka je 1250 mm s přesahem 230 mm a nachází se na nich mostní vybavení a nouzový chodník o šířce 550 mm. Součástí mostního vybavení je svodidlo typu ZMS4/H3 a mostní zábradlí MK8.

Šikmost mostu je pravá s úhlem křížení 90°. Most je uložen na elastomerových ložiskách. Objekt je založen na plošných základech.



Obr.4 Řez konstrukcí

2.2. MATERIÁL

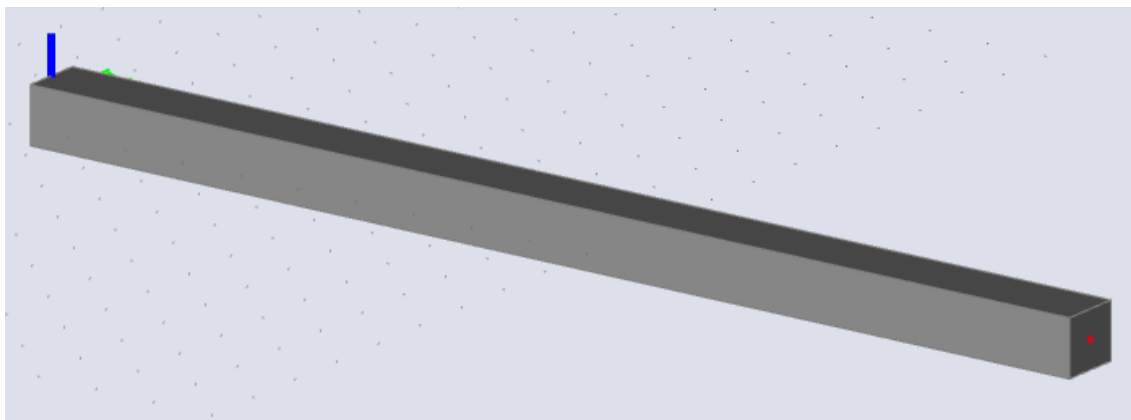
Pro nosnou konstrukci, římsy, opěry a základové pasy byl zvolen beton třídy c30/37, betonářská výztuž v konstrukci byla zvolena B550B. Mostní deska bude předepnutá předpínací výztuží Y1860S7-15,7. Materiálové charakteristiky jsou přesněji popsány v příloze P2 Statický výpočet.

3. VÝPOČTOVÝ MODEL

Pro výpočet zatížení byly použity dva modely. První model je prutový a slouží k ručnímu výpočtu, druhý model je deskový vytvořen v programu SCIA Engineer 22.0.

3.1. PRUTOVÝ MODEL

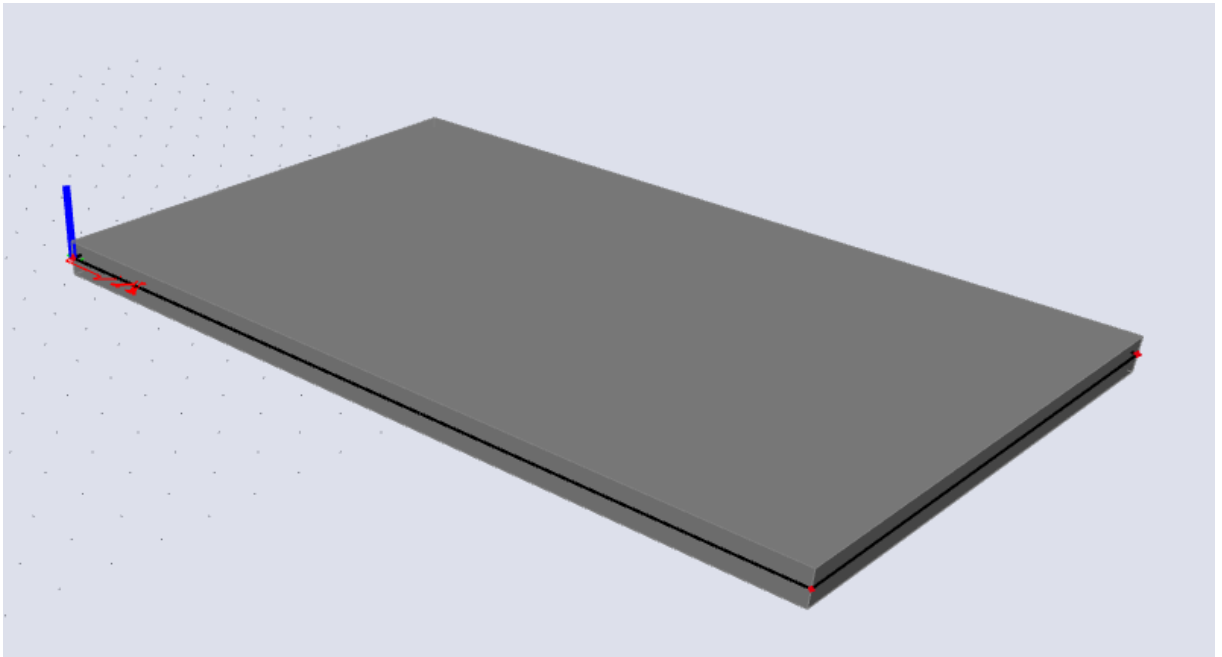
Jedná se o zjednodušený výpočtový model, kdy se z desky v podélném směru vyjme metrový průřez. Tento průřez se podepře jako prostý nosník.



Obr.5 Prutový model

3.2. DESKOVÝ MODEL

Deskový model je vytvořen v programu SCIA Engineer 22.0. Model je zjednodušený, kdy horní linie je vodorovná, a ne ve střechovitěho sklonu jako reálná deska. Průřez je tedy konstantní o výšce 740 mm. Deska je podepřena jak reálná nosná konstrukce mostu.



Obr.6 Deskový model

4. ZATÍŽENÍ

4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

4.1.1. VLASTNÍ TÍHA – ZS1

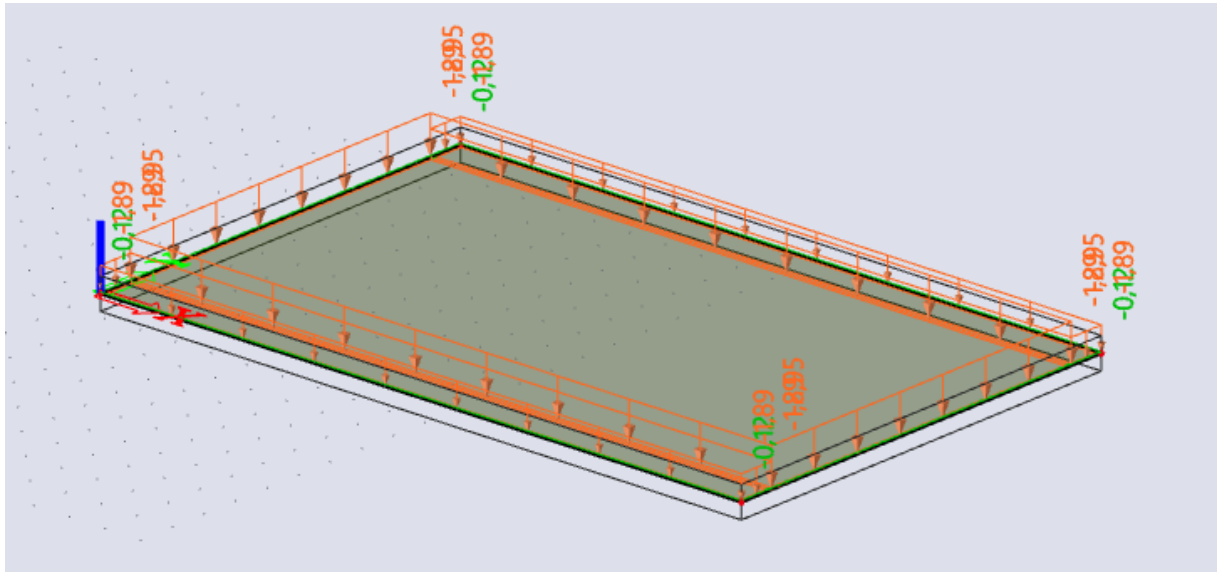
Vlastní tíha vypočítaná ručně je vypočtena jako plocha průřezu vynásobena objemovou tíhou železobetonu a vydělena šířkou desky.

Hodnota zatížení ručního výpočtu se rovná hodnotě zatížení vypočtené v programu SCIA Engineer 22.0. Tato skutečnost poukazuje na správnost vytvoření a podepření deskového modelu.

4.1.2. OSTATNÍ STÁLÉ – ZS2

U ručního výpočtu je ostatní stálé zatížení vypočteno jako součet zatížení jednotlivých částí mostu nacházejících se na nosné konstrukci: římsy, svodidla, zábradlí, vozovka, izolace.

Deskový model zobrazuje reálné zatížení na nosnou konstrukci.

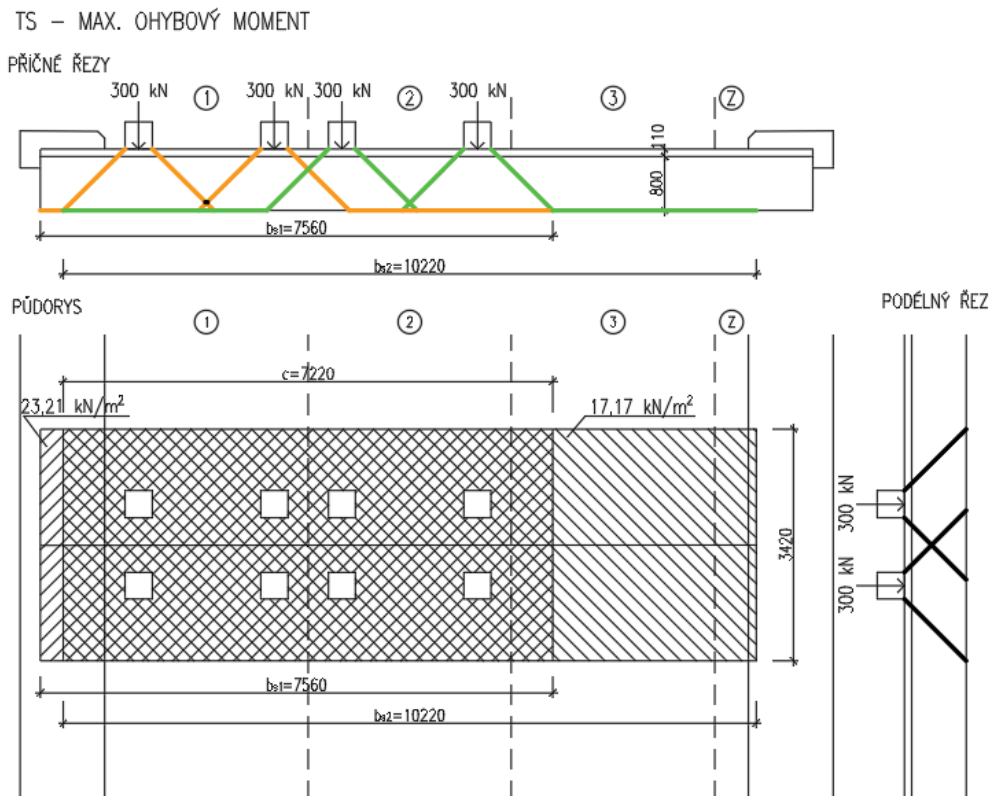


Obr.7 Deskový model zatížený

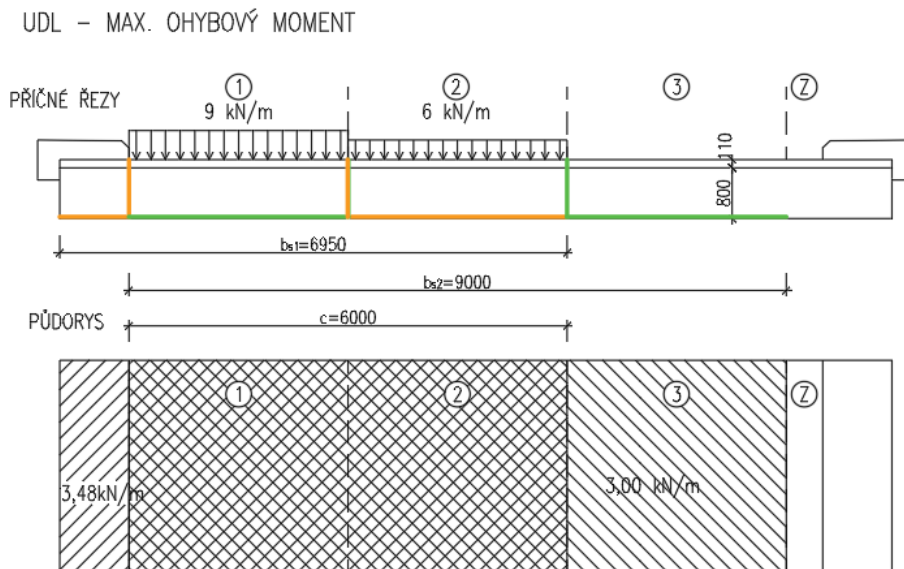
4.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

4.2.1. MODEL ZATÍŽENÍ LOAD MODEL 1 (LM1)

Model zatížení load model 1 je složen ze dvou soustav. Jako soustředěné zatížení od dvoj nápravy tzv. Tandem system (ZS3). Šířkou kola 400x400 mm, každé kolo zatížené silou Q_k . A rovnoměrné zatížení tzv. Uniformly distributed load (ZS4).



Obr.8 TS



Obr.9 UDL

Umístění	Dvojnáprava (TS)	Rovnoměrné zat. (UDL)
	Q_{ik} [kN]	q_{ik} (nebo q_{rk}) [kN/m ²]
pruh č.1	300	9
pruh č.2	200	2.5
pruh č.3	100	2.5
ostatní pruhy	0	2.5
zbývající plocha (q_{ik})	0	2.5

Tab.1 Umístění zatížení

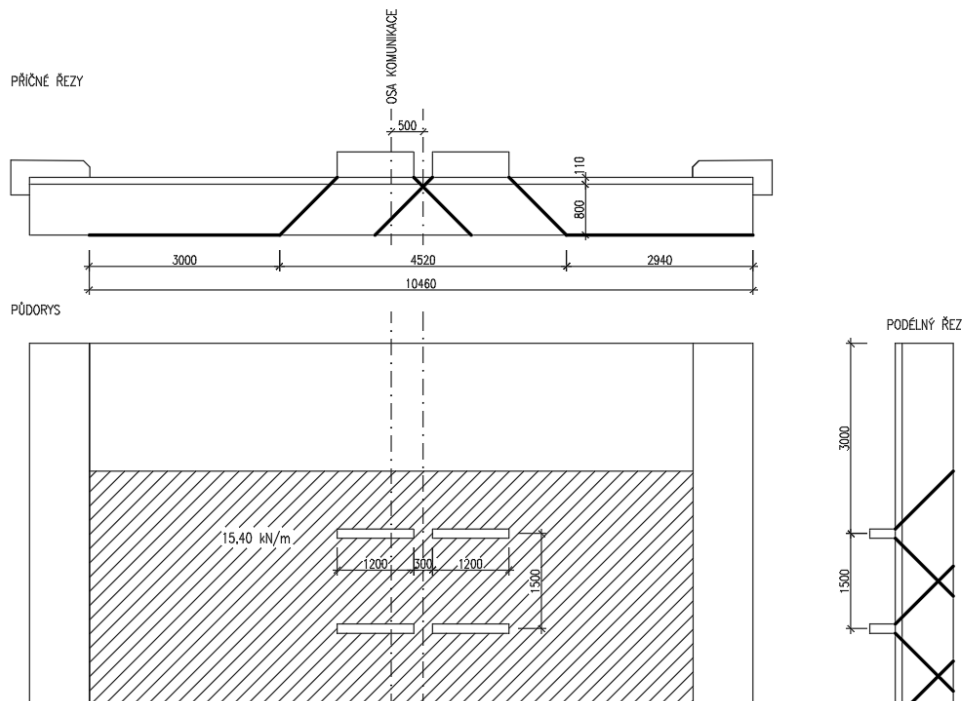
4.2.2. MODEL ZATÍŽENÍ LOAD MODEL 3 (LM3) – ZS5

Jedná se o modely zvláštních 6 až 12 nápravových vozidel, poježdějících po mostovce buď velmi malou rychlostí do 5 km/hod a nebo běžnou rychlostí maximálně 70 km/hod.

Výpočetní model byl zatížen 1800 kN (9 náprav po 200 kN).

Označení	Celková tíha vozidla	Šířka vozidla	Skladba náprav
900 / 150	900 kN	3 m	6 náprav po 150 kN
1800 / 200	1800 kN	3 m	9 náprav po 200 kN
3000 / 240	3000 kN	4.5 m	12 náprav po 240 kN + 1 náprava 120 kN

Tab.2 LM3



Obr.10 LM3

4.3. KOMBINACE

Součinitele pro výpočet kombinací byly určeny dle následující tabulky.

zatížení	značka		ψ_0	ψ_1	ψ_2
dopravou	gr1a	TS (dvojnápravy)	0.75	0.75	0
		UDL (rovnoměrné zatížení)	0.40	0.40	0
		chodci a cyklisti	0.40	0.40	0
	gr1b (jednotlivá náprava)		0	0.75	0
	gr2 (vodorovné síly)		0	0	0
	gr3 (zatížení chodci)		0	0.40	0
	gr4 (zatížení davem lidí)		0	-	0
gr5 (zvláštní vozidla)		0	-	0	
větre	F_{wk} - trvalé návrhové situace		0.6	0.2	0
	- provádění		0.8	-	0
	F_w^*		1.0	-	0
teplotou	T_k		0.6	0.6	0.5
sněhem	$Q_{sn,k}$ (během provádění)		0.8	-	-
staveništní	Q_c		1.0	-	1.0

Tab.3 Součinitele pro výp. kombinací

4.3.1. ULS – MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Předpětí	Hlavní proměnné zatížení	Vedlejší proměnná zatížení	
	Nepříznivá	Příznivá			Nejúčinnější	Ostatní
Výraz 6.10	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_p P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
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	$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_p P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

$\gamma_{Gj,sup} = 1.35$
 $\gamma_{Gj,inf} = 1.00$
 $\gamma_Q = 1.35$ nepříznivě působící zatížení silniční dopravou a chodci
 $\gamma_Q = 1.45$ zatížení železniční dopravou, sestavy gr11 až gr31 (s výjimkou 16,17, 26 a 27)
 $\gamma_Q = 1.20$ zatížení železniční dopravou, sestavy gr16 a 17 a model SW/2
 $\gamma_Q = 1.50$ ostatní zatížení dopravou a další proměnná zatížení
 $\xi = 0.85$

Tab.4 ULS

Pro ULS byly vypočteny následující kombinace:

K1 – 6.10.a

$$M/V = \gamma_g * (ZS1 + ZS2) + \gamma_q * (\psi_{0,TS} * ZS3 + \psi_{0,UDL} * ZS4)$$

ST+gr1a – 6.10.b

$$M/V = \gamma_g * \xi * (ZS1 + ZS2) + \gamma_q * (ZS3 + ZS4)$$

K2 – 6.10.a

$$M/V = \gamma_g * (ZS1 + ZS2) + \gamma_q * (\psi_{0,LM3} * ZS5)$$

$ST+g_{r5} - 6.10.b$

$$M/V = \gamma_g * \xi * (ZS1 + ZS2) + \gamma_q * (ZS5)$$

4.3.2. SLS– MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Kombinace	Stálá zatížení		Předpětí	Proměnná zatížení	
	Nepříznivá	Příznivá		Nejúčinnější	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.5 SLS

Pro SLS byly vypočteny následující kombinace:

CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE – $ST+g_{r1a}$

$$M/V = ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4$$

CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE – $ST+g_{r5}$

$$M/V = ZS1 + ZS2 + ZS5$$

ČASTÁ KOMBINACE – $ST+g_{r1a}$

$$M/V = (ZS1 + ZS2) + \psi_{1,TS} * ZS3 + \psi_{1,UDL} * ZS4$$

KVAZISTÁLÁ KOMBINACE – ST

$$M/V = ZS1 + ZS2$$

5. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

Každý moment byl vypočítán prvně ručně pomocí prutového modelu a poté pomocí deskového modelu v programu SCIA Engineer 22.0.

Výsledky byly zaznamenány do tabulky a následně porovnány. Při výpočtu stálého zatížení je rozdíl nepatrný do 2 %, při výpočtu zatížení dopravou jsou rozdíly do 35 %. Z této skutečnosti vyplývá, že výpočet pomocí deskového modelu je mnohem podrobnější. U kombinací je maximální rozdíl 16,04 %.

U dalších výpočtů se použijí hodnoty momentů z programu SCIA Engineer 22.0.

ZATĚŽOVACÍ STAVY	RUČNÍ VÝPOČET	SCIA ENGINEER	ROZDIL [%]
ZS1 - Vlastní tíha	746,13	746,28	0,02
ZS2 - Ostatní stálé	173,83	177,50	2,07
ZS3 - TS	323,27	483,85	33,19
ZS4 - UDL	140,94	216,60	34,93
ZS5 - LM3	592,44	573,20	3,25

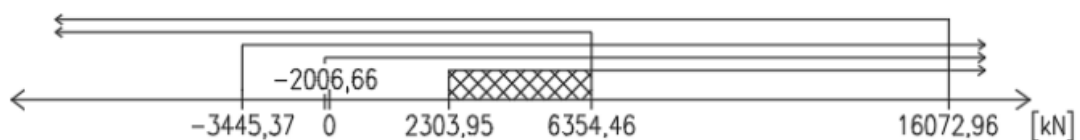
ULS	RUČNÍ VÝPOČET	SCIA ENGINEER	ROZDIL [%]
K1 6.10.a	1645,36	1852,40	11,18
ST+gr1a 6.10.b	1682,34	2003,80	16,04
K2 6.10.a	1241,95	1247,10	0,41
ST+gr5 6.10.b	1855,45	1825,47	1,62

SLS	RUČNÍ VÝPOČET	SCIA ENGINEER	ROZDIL [%]
CHAR ST+gr1a	1384,17	1622,72	14,70
CHAR ST+gr5	1512,40	1490,77	1,43
ČASTÁ ST+gr1a	1218,79	1372,15	11,18
KVAZISTÁLÁ	919,96	923,78	0,41

Tab.6 Porovnání výsledků

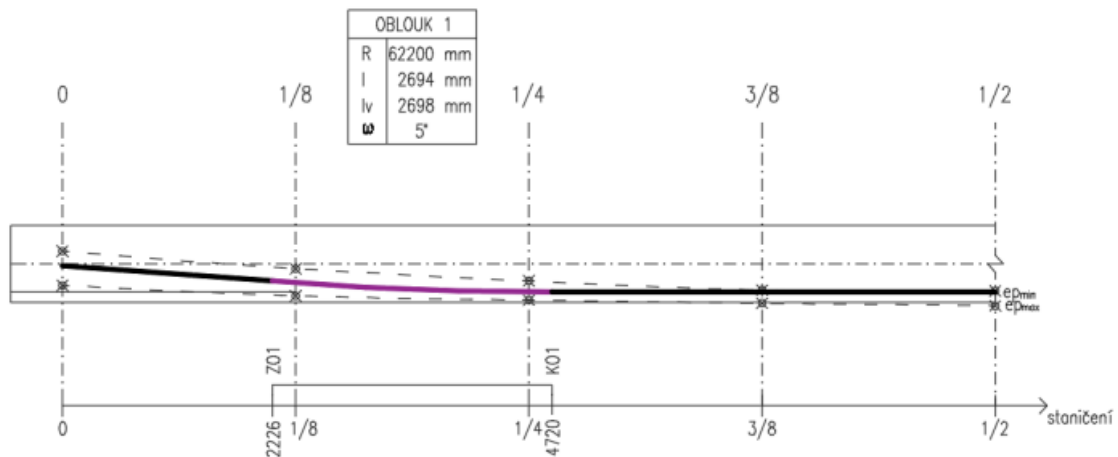
6. PŘEDPÍNACÍ SÍLA

Výpočtem byla zjištěna maximální a minimální předpínací síla. Na tuto sílu byly navrženy počty předpínacích lan.



Obr.11 Interval předpínací síly

Pomocí programu Excel, byla určena excentricita kabelové dráhy.



Obr.12 Excentricita kabelové dráhy

V konstrukci byly navrženy 3 kabely na běžný metr, v každém kabelu se nachází 6 předpínacích lan, celkem se na desce nachází 33 kabelů, z toho vyplývá, že konstrukce je předepnuta 198 předpínacími lany.



Obr.13 Pohled na desku

7. VÝSLEDNÉ ZTRÁTY

7.1. KRÁTKODOBÉ ZTRÁTY

Statickým výpočtem byly určeny následující krátkodobé ztráty:

ZTRÁTA TŘENÍM

$$\Delta\sigma_{p,\mu} = -48,88 \text{ MPa}$$

ZTRÁTA POKLUZEM

$$\Delta\sigma_{p,sl} = -47,22 \text{ MPa}$$

ZTRÁTA POSTUPNÝM NAPÍNÁNÍM

$$\Delta\sigma_{p,el} = -22,81 \text{ MPa}$$

ZTRÁTA RELAXACÍ

$$\Delta\sigma_{p,r} = -5,08 \text{ MPa}$$

VÝSLEDNÉ NAPĚTÍ PO KRÁTKODOBÝCH ZTRÁTÁCH

$$\sigma_{pm0(l/2)} = \sigma_{pmax} + \Delta\sigma_{p,\mu} + \Delta\sigma_{p,sl} + \Delta\sigma_{p,el} + \Delta\sigma_{p,r} = 1352,01 \text{ MPa}$$

PROCENTUÁLNÍ VYJÁDŘENÍ

$$1 - \frac{\sigma_{pm0(l/2)}}{\sigma_{pmax}} * 100 = 8,4 \%$$

Odhadované ztráty v předchozím výpočtu byly 10 %.

7.2. DLOUHODOBÉ ZTRÁTY

Statickým výpočtem byly určeny následující dlouhodobé ztráty:

ZTRÁTA SMRŠŤOVÁNÍM BETONU

$$\Delta\sigma_{ps(t_{\infty};t_0)} = -31,07 \text{ MPa}$$

ZTRÁTA VLIVEM ZATÍŽENÍM

PRUŽNÉ PŘETVOŘENÍ – OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

$$\Delta\sigma_{p,el,g1} = 8,98 \text{ MPa}$$

PRUŽNÉ PŘETVOŘENÍ – CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE

$$\Delta\sigma_{p,el,q} = 82,10 \text{ MPa}$$

PRUŽNÉ PŘETVOŘENÍ – ČASTÁ KOMBINACE

$$\Delta\sigma_{p,el,q\psi1} = 69,43 \text{ MPa}$$

ZTRÁTA VLIVEM DOTVARVÁNÍ BETONU

PRO ČAS t_0

$$\Delta\sigma_{pc(t_{\infty},t_0)} = -71,46 \text{ MPa}$$

PRO ČAS t_g

$$\Delta\sigma_{pc(t_{\infty},t_g)} = 12,40 \text{ MPa}$$

ZTRÁTA RELAXACÍ

$$\Delta\sigma_{pr(t_{\infty})} = -59,31 \text{ MPa}$$

PROCENTUÁLNÍ VYJÁDŘENÍ

$$\frac{\sigma_{pm0} - \sigma_{pm\infty}}{\sigma_{pm0}} * 100 = 8,93 \% \rightarrow 8,93 \% < 10 \%$$

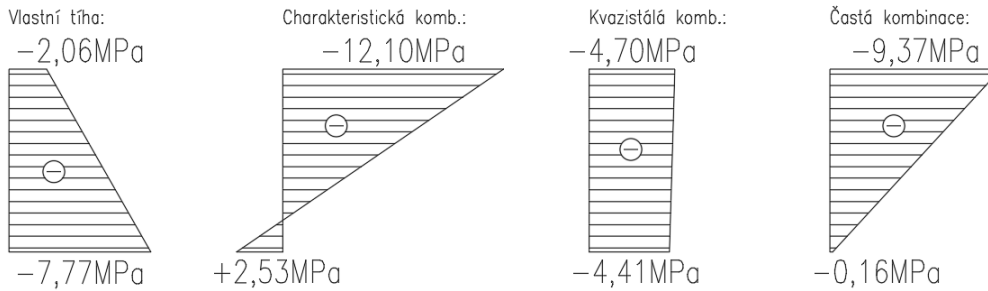
Odhadované ztráty v předchozím výpočtu byly 10 %.

8. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Podle normy ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Byly posouzeny mezní stav použitelnosti.

Při posouzení mezního stavu omezení napětí byly posouzena horní a dolní vlákna oslabeného průřezu. V čase $t_0 = 28$ dní (vnesení předpínací síly do konstrukce) se posuzovalo se na zatížení vlastní tíhou. V čase $t_\infty = 36500$ dní (životnost konstrukce) se posuzovalo na kombinaci charakteristickou a kvazistálou. Mezní stav omezení trhlin byl posuzován na častou kombinaci zatížení.

Konstrukce byla posuzována v polovině své délky $l/2$.



Obr. 14 Mezní stav použitelnosti

9. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

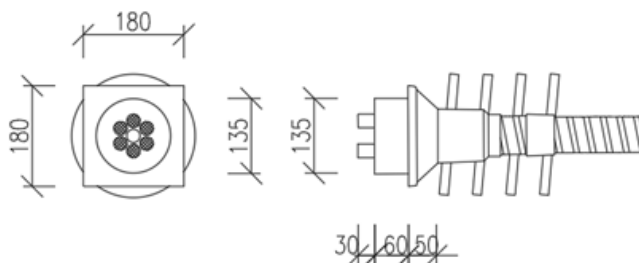
Jedná se o stav, při kterém dochází k porušení nebo deformaci konstrukce nebo její části.

V první části výpočtu byla konstrukce posouzena na ohyb v podélném a příčném směru, byla zde navržnuta konstrukční výztuž o průměru 16 mm.

V druhé části byla konstrukce posuzována na smyk, dle výsledků momentů z programu SCIA Engineer 22.0. bylo rozhodnuto, zda v průřezích vznikají trhliny. Všechny posudky vyhovují na únosnost bez smykové, byla zde navržnuta pouze výztuž konstrukční

10. KOTVENÍ

Poslední část Bakalářské práce se zabývá návrhem a posouzením kotvení. Při návrhu byly použity kotvy VSL typu E. Byly zde navržnuty 4 závity o průměru výztuže 14 mm.



Obr. 15 Detail kotvy

ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout předpjatý most. Ze studií byla zvolena nejideálnější varianta. Účinky zatížení byly vypočítány ručním výpočtem pomocí prutového modelu a ověřeny pomocí deskového modelu v programu SCIA Engineer 22.0. Následně byly určeny kombinace sil působící na deskovou konstrukci mostu a výsledky byly porovnány.

Dále se pak určila předpínací síla, ze které byl navrhnut počet předpínacích kabelů. Byly určeny ztráty konstrukce a nakonec byla desková konstrukce mostu posouzena na mezní stavy.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Strana 4:

- Obr.1 Studie 1-A
- Obr.2 Studie 1-B

Strana 5:

- Obr.3 Studie 2

Strana 6:

- Obr.4 Řez konstrukcí
- Obr.5 Prutový model

Strana 7:

- Obr.6 Deskový model

Strana 8:

- Obr.7 Deskový model zatížený

Strana 9:

- Obr.8 TS
- Obr.9 UDL

Strana 10:

- Obr.10 LM3

Strana 13:

- Obr.11 Interval předpínací síly

Strana 14:

- Obr.12 Excentricita kabelové dráhy
- Obr.13 Pohled na desku

Strana 16:

- Obr.14 Mezní stav použitelnosti
- Obr.15 Detail kotvy

SEZNAM TABULEK

Strana 10:

- Tab.1 Umístění zatížení

Tab.2 LM3

Strana 11:

Tab.3 Součinitele pro výp. Kombinací

Tab.4 ULS

Strana 12:

Tab.5 SLS

Strana 13:

Tab.6 Porovnání výsledků

POUŽITÉ ZDROJE

- [1] ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou.
- [2] ČSN EN 1991-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [3] ČSN EN 1992-2: Betonové mosty Navrhování a konstrukční zásady
- [4] doc. Ing. Nečas Radim, Ph.D. Kompletní publikace. [Online]
<http://necasradim.cz/>
- [5] Ing. Koláček Jan, Ph.D., BLA011 (BL012) Betonové mosty 1. [Online]
<https://www.fce.vutbr.cz/BZK/kolacek.j/BL12.html>