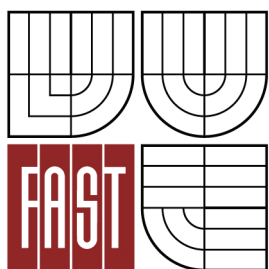




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

KONSTRUKCE PŘEDPJATÉHO PÁSU

STRESS RIBBON STRUCTURE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. LUCIE SEDLÁŘOVÁ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM NEČAS, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Lucie Sedlářová
Název Konstrukce předpjatého pásu
Vedoucí diplomové práce Ing. Radim Nečas, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce 16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
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.

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Pro zadaný problém navrhnete dvě až tři varianty řešení a zhodnotíte je.

Ve výběru varianty se zaměřte na konstrukci lávky pro pěší tvořenou předpjatým pásem.

Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu proveďte podle mezních stavů včetně řešení vlivu výstavby mostu na jeho návrh.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní 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)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).


Ing. Radim Nečas, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Předmětem diplomové práce je návržení lávky pro pěší přes údolí. Nejprve došlo ke srovnání tří variant lávek, ze kterých byla vybrána varianta předpjatého betonového pásu. Hlavní náplní této práce je pak návrh této konstrukce, vytvoření modelu v programu Ansys 12.1 a následné posouzení dle platných norem.

Klíčová slova

předpjatý pás, lávka pro pěší, lano, prefabrikovaný, betonový segment

Abstract

The diploma thesis deals with a project of a pedestrian bridge across the valley. At first, there was a comparison of three options of a bridge, then the option of a prestressed concrete band was selected. The main aim of the diploma thesis is the design of the construction, the creation of a model in the programme Ansys 12.1 and the subsequent assessment in accordance with the current regulations.

Keywords

stress ribbon bridge, pedestrian bridge, cable, precast, concrete segment

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Lucie Sedlářová *Konstrukce předpjatého pásu*. Brno, 2015. 31 s., 199 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Radim Nečas, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16.1.2015

.....
podpis autora
Bc. Lucie Sedlářová

Poděkování:

Chtěla bych na tomto místě poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Radimu Nečasovi, Ph.D za jeho odborné rady a čas, který věnoval konzultacím této diplomové práce.

V Brně dne 16.1.2015

.....
podpis autora
Bc. Lucie Sedlářová

Obsah

1. ÚVOD	9
2. Studie variant řešení	9
2.1 Varianta A	9
2.2 Varianta B	11
2.3 Varianta C	12
2.4 Výběr varianty	13
3. VYBRANÁ VARIANTA	13
3.1 Geometrie	13
3.2 Konstrukční prvky varianty	14
3.3 Fáze výstavby	15
4. Model konstrukce	17
4.1 Podélný směr	17
4.1.1 Časová analýza modelu	18
4.1.2 Zatížení	23
4.1.3 Kombinace zatížení	24
4.1.4 Dotvarování a smršťování konstrukce	24
4.2 Příčný směr	25
4.2.1 Výpočetní model	25
4.2.2 Zatížení	25
5. Posouzení konstrukce	27
5.1 Mezní stav použitelnosti	27
5.1.1 Metoda omezení napětí	27
5.1.2 Posouzení napětí v betonářské výztuži	27
5.1.3 Posouzení napětí v předpínací výztuži	27
5.1.4 Omezení přetvoření	27
5.2 Mezní stav únosnosti	28
5.2.1 Podélný směr konstrukce	28
5.2.2 Příčný směr konstrukce	28



6. Dynamická analýza konstrukce	28
7. Závěr	31
8. POUŽITÁ LITERATURA A SOFTWARE	32
9. SEZNAM PŘÍLOH	34

1. Úvod

Cílem této diplomové práce bylo přemostění fiktivního, poměrně hlubokého údolí s vodním tokem. Nejprve byly navrženy tři studie možného řešení a jejich porovnáním byla vybrána vhodná varianta. Následně došlo k podrobnějšímu návrhu vybrané varianty a jejího posouzení dle platných norem včetně základní dynamické analýzy chování lávky při pohybu chodců na konstrukci.

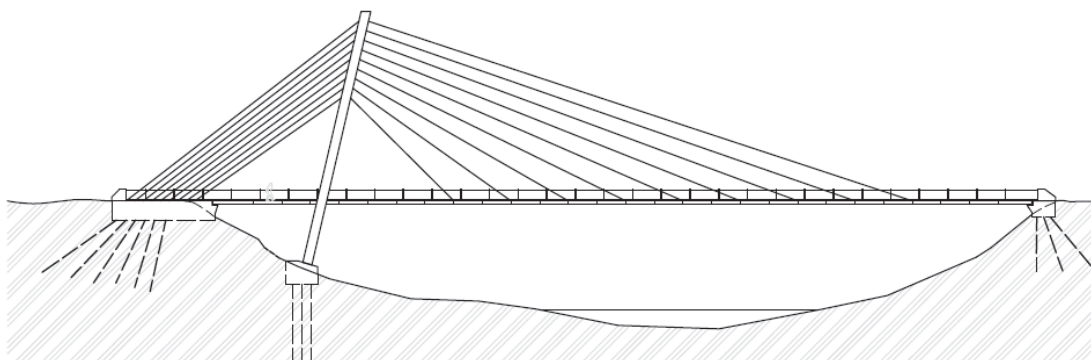
2. Studie variant řešení

Varianty řešení se zaměřují na návrh konstrukce pro přemostění hlubokého údolí s vodním tokem o maximální šířce 88,5m v příčném řezu. S ohledem na daný předpoklad byly vytvořeny 3 možné studie řešení.

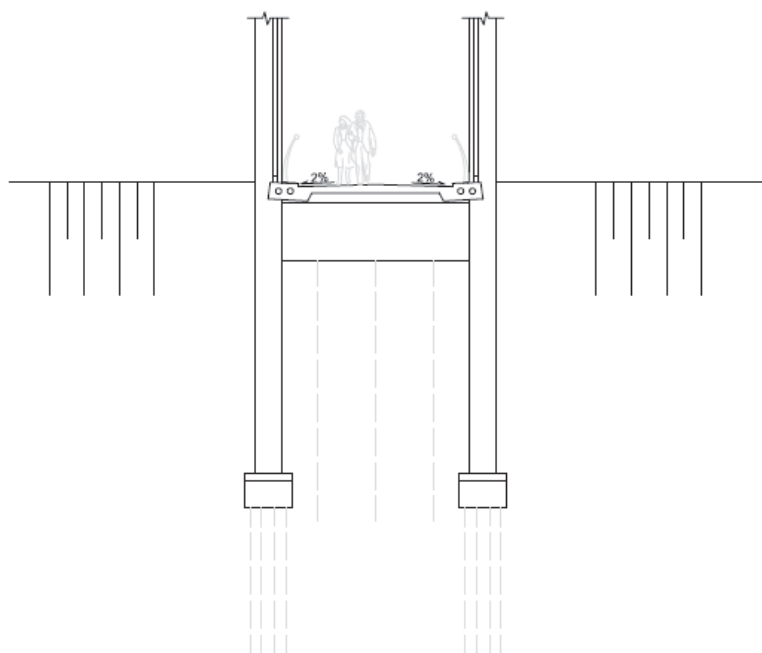
2.1 Varianta A

Studie Varianty A byla navržena jako zavěšená lávka s jedním šikmým pylonem na levé straně údolí. Mostovka je tvořena prefabrikovanými segmenty o šířce 4,90m, s volnou šířkou pro pohyb chodců 3,50m. Délka segmentu pak činí 3,00m. Mostovka je podporována závěsy, které vybíhají z šikmého betonového pylonu výšky 27,5m a jsou uspořádány semi – harfově. Na druhou stranu závěsy, které zajišťují ukotvení pylonu v základovém bloku, tvoří rovnoběžné uspořádání. Založení pylonu je provedeno betonovou patkou, která zprostředkovává přenos sil od zatížení pylonu přes piloty do únosné základové půdy.

Podélný řez Varianty A:



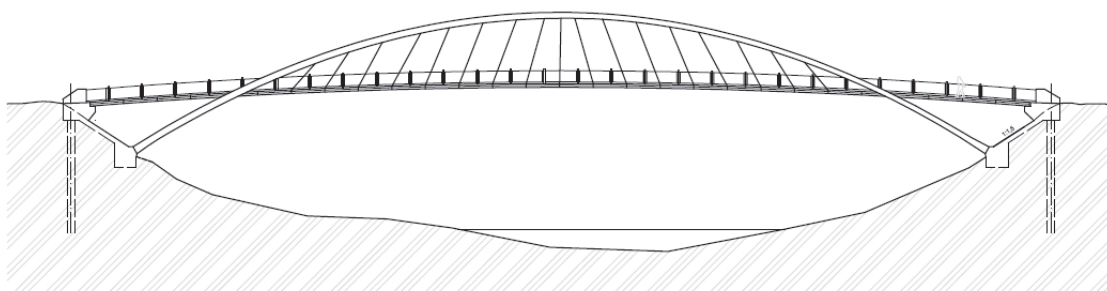
Příčný řez Varianty A:



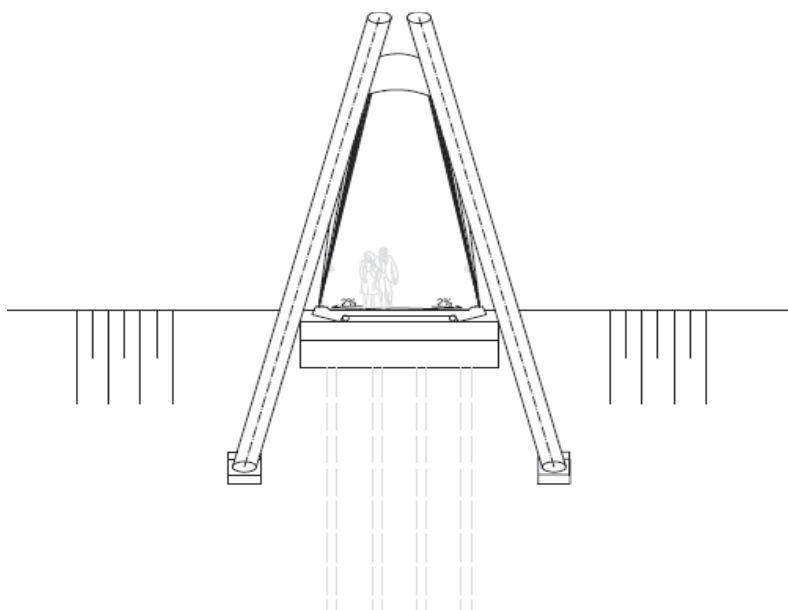
2.2 Varianta B

Jako Varianta B byla navržena lávka ve střední části podporovaná ocelovými oblouky. Mostovka je mezilehlá mezi dvěma oblouky a je tvořena prefabrikovanými segmenty délky 3,00m, které jsou závěsy připojeny k ocelovým obloukům o vzepětí $f = 12,62\text{m}$. Šířka segmentu je 4,40m s volnou šířkou pro pohyb chodců 3,50m. Jedná se o samokotvený systém, který zajišťuje pomocí tlačené vzpěry, spojující základovou patku oblouku se základovou patkou mostovky, přenos horizontální složky obloukové síly do mostovky. Svislá reakce je pak přenesena do základové půdy pomocí pilot.

Podélný řez Varianty B:



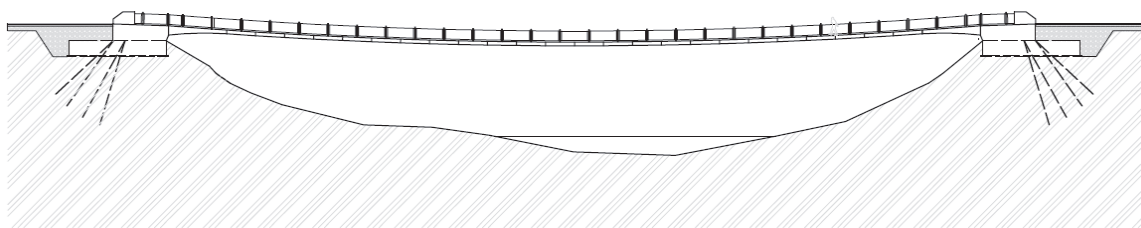
Příčný řez Varianty B:



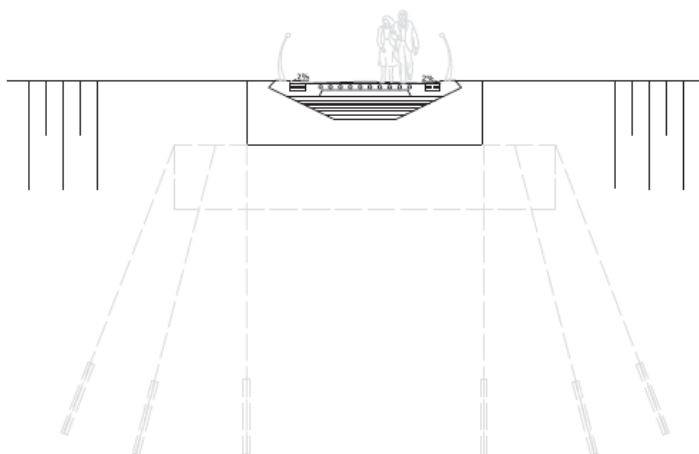
2.3 Varianta C

Variantu C tvoří konstrukce předpjatého betonového pásu. Mostovka je tvořena prefabrikovanými betonovými segmenty délky 3,00m a šířky 4,50m, které jsou podporovány kabely lan montážních a předpínacích. Geometrie mostovky má tvar paraboly 2°, s délkou přemostění $L = 84,00\text{m}$ a vzepětím $f = 1,68\text{m}$. Základy jsou tvořeny betonovými bloky s parabolickými monolitickými náběhy délky $L_n = 6,00\text{m}$ a maximální výškou u kraje opěry $h = 0,784\text{m}$. Základové bloky jsou pak ukotveny do únosné základové vrstvy pomocí mikropilot.

Podélný řez Varianty B:



Příčný řez Varianty B:



2.4 Výběr varianty

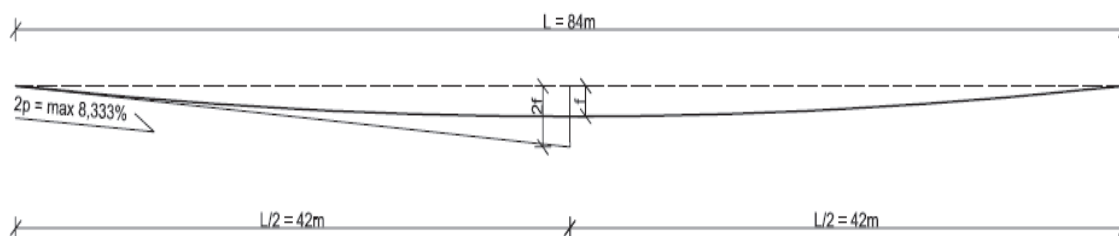
Pro podrobnější zpracování této diplomové práce byla vybrána Varianta C, tedy varianta konstrukce předpjatého pásu. Tato varianta byla vybrána v souladu se zadáním diplomové práce a z následujících dalších důvodů. Konstrukce předpjatého pásu působí velmi tence a lehce a nejméně bude narušovat původní ráz dané lokality. Navíc je vhodná pro přemostění hlubokého údolí s nepřístupným terénem vzhledem k postupu výstavby, který je zcela nezávislý na terénu pod danou lávkou. Tímto výběr varianty zohledňuje také ekonomické hledisko, protože se řešení obejde bez nákladných zemních úprav pro přístup pod konstrukci předpjatého pásu.

3. VYBRANÁ VARIANTA

Jak už bylo řečeno výše, pro podrobné zpracování byla vybrána Varianta C, tedy konstrukce předpjatého betonového pásu.

3.1 Geometrie

Předpjatý pás mostovky je tvořen parabolou 2°. Hlavním kritériem, při návrhu podélného směru výchozího, stavu konstrukce byl maximální možný sklon pro pohyb osob, s omezenou schopností pohybu. Norma udává maximální sklon pro bezbariérový přístup na šikmých pochozích plochách hodnotou 1:12 (8,333%).

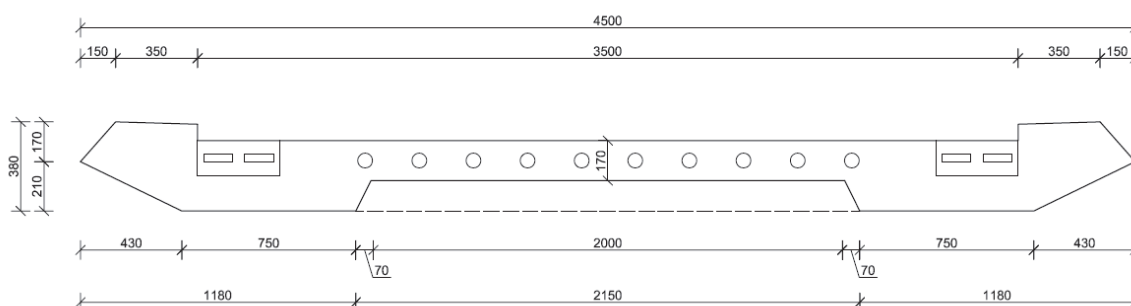


Při délce rozpětí paraboly $L = 84,00\text{m}$ bylo proto navrženo vzepětí konstrukce dle vztahu:

$$f = (L/2 \cdot 2p)/2$$

- na hodnotu $f = 1,68\text{m}$.

3.2 Konstrukční prvky varianty



Mostovka

Mostovka je tvořena prefabrikovanými betonovými segmenty délky 3,00m a šířky 4,50m s volnou šířkou pro pohyb chodců o hodnotě 3,50m. Geometrie segmentu má proměnný průřez s minimální tloušťkou v úrovni volné šířky převáděné komunikace o hodnotě 0,170m. Celý segment byl pak navržen jako kazetový, tedy s vylehčením ve střední části, a u okrajů, kde bude docházet ke zmonolitnění segmentů přechází průřez z vylehčeného do plného, aby bylo zajištěno pevnější spojení segmentů.

Pro mostovku byl navržen beton třídy C50/60.

Montážní lana:

Montážní lana jsou řešena jako soudržná, ve formě svazků, rozložená v mostovce symetricky na obou stranách okraje volné šířky převáděné komunikace. Jejich zainjektování bude řešeno dobetonávkou na stavbě zároveň se zmonolitněním segmentů. Na každé straně je umístěno 42ks lan ve 3 svazcích po 14-ti lanech.

Pro montážní lana byla navržena lana typu Y 1860 S7 - 15,2 – A o celkové ploše $A_p = 0,01176\text{m}^2$.

Předpínací lana

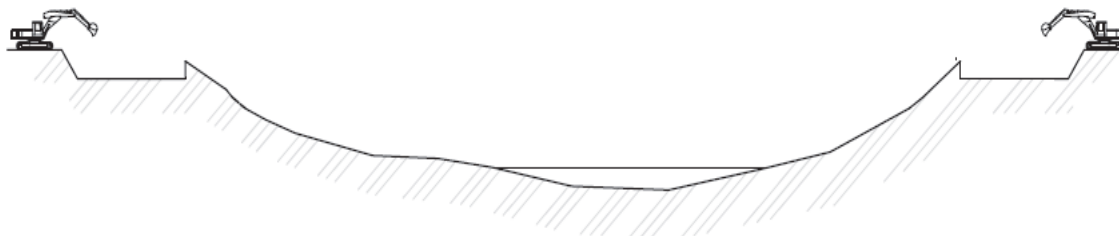
Předpínací lana jsou navržena jako soudržná, ve formě monostrandů v polyethylenových trubkách o průměru 63mm. V konstrukci bude umístěno 10 7-mi lanových kabelů, rozložených symetricky po volné šířce převáděné komunikace.

Pro předpínací lana byla navržena lana typu Y 1860 S7 - 15,2 – A o celkové ploše $A_p = 0,00980\text{m}^2$.

3.3 Fáze výstavby

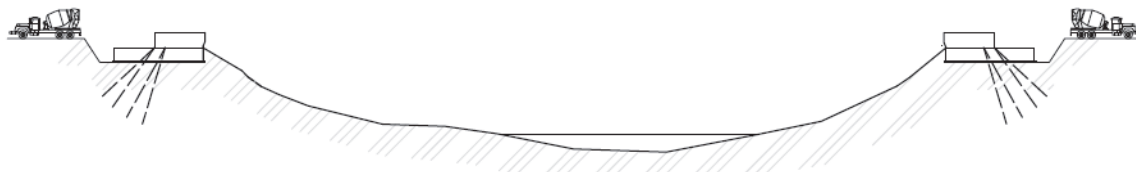
Fáze 1:

V první fázi dojde k přípravě staveniště a následně k výkopovým pracím pro vybudování základů a betonových opěr konstrukce.



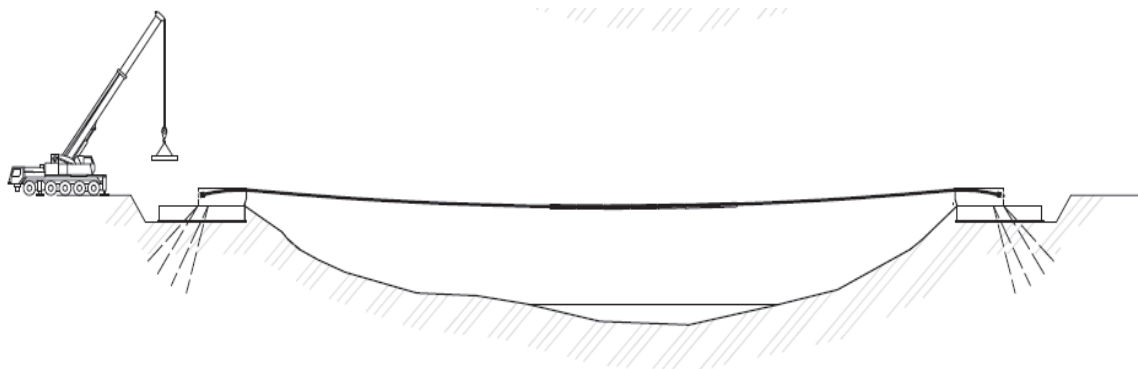
Fáze 2

Dále dojde k předvrtání a osazení mikropilot. Vybetonování základů a betonových opěr lávky. Následně se předepe část mikropilot.



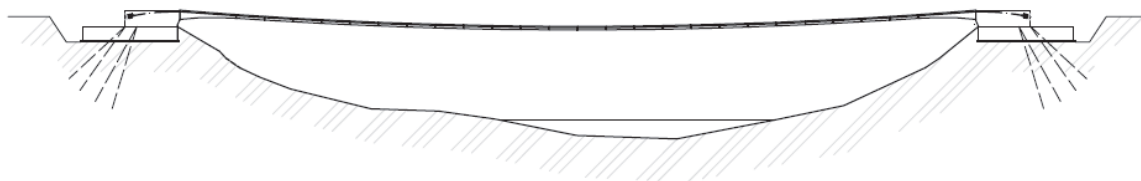
Fáze 3

Po dosažení dostatečné pevnosti betonu opěr dojde k natažení montážních lan a jejich následné předeptnutí silou, vyrovnávající vlastní tíhu segmentů mostovky. Zároveň dojde k předeptnutí zbylých mikropilot a začne vysouvání prefabrikovaných segmentů do požadované pozice. Segmenty se budou osazovat od středního segmentu směrem ke krajům symetricky z obou stran.



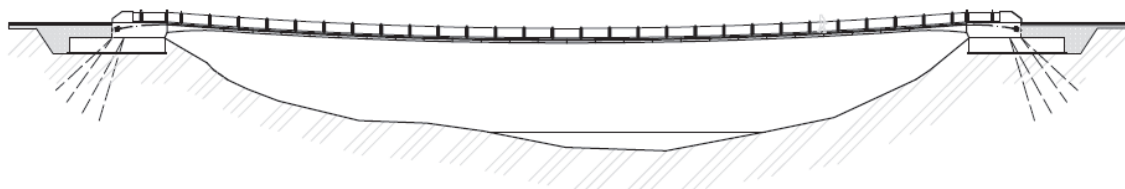
Fáze 4

Po osazení všech segmentů dojde k vybudování bednění pro monolitický náběh u obou krajních betonových opěr a k jejich následnému vybetonování.



Fáze 5

Po ztvrdnutí náběhů dojde k vybetonování spár mezi segmenty, čím dojde k jejich zmonolitnění, a dále bude aplikována betonová směs k zabetonování montážních lan. Týden po vybetonování dojde k dopnutí montážních lan a předeptnutí lan předpínacích. Následně se osadí zábradlí a zábradelní zídky a provedou se finální zemní úpravy v okolí lávky. Po všech finálních úpravách bude konstrukce uvedena do provozu.



4. Model konstrukce

4.1 Podélný směr

Model pro podélný směr konstrukce byl zhotoven v programu Ansys 12.1. Tento program byl zvolen hlavně z důvodu nutnosti zavedení časové analýzy do modelu, která

zohledňuje postup výstavby konstrukce. Dále pak bylo využito možnosti nelineárních výpočtů, kterou program Ansys také umožňuje.

4.1.1 Časová analýza modelu

Montážní stav – time 0

Montážní stav představuje čas výstavby mostu ve chvíli, kdy jsou předeprnuta pouze montážní lana a všechny segmenty mostovky jsou nainstalovány na požadovaná místa na konstrukci, ale ještě nedošlo k jejich zmonolitnění. To znamená, že se konstrukce chová jako dokonale ohebné vlákno. Předpínací síla v montážních lanech, která je nutná k zachycení vlastní tíhy od segmentů, byla stanovena iteračně na prostě podepřeném modelu tak, aby došlo k téměř nulové deformaci na konstrukci. Montážní stav byl vyhodnocen na prostě podepřeném modelu.

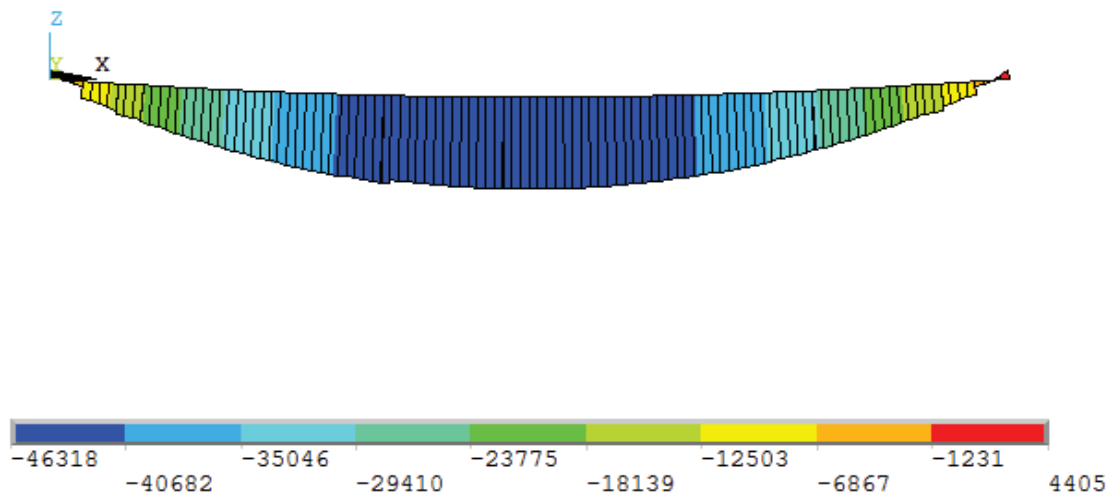
Deformace na modelu v montážním stavu:

1
DISPLACEMENT
STEP=1
SUB =1
TIME=1
DMX =.008009

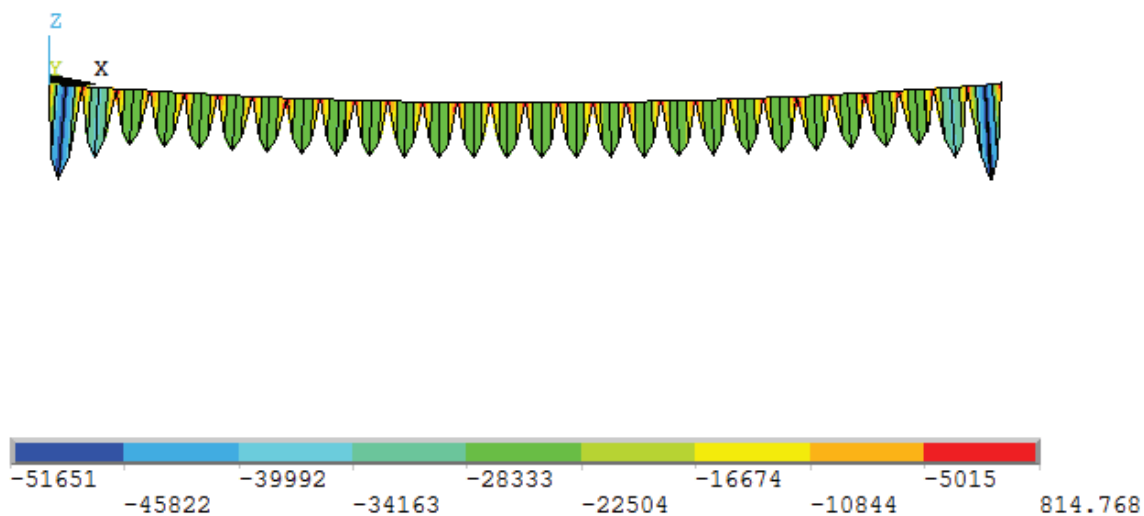
ANSYS
JAN 16 2015
18:54:29



Normálové síly v montážním stavu:



Ohybové momenty v montážním stavu:



Na vykreslení vnitřních sil v montážním stavu konstrukce můžeme vidět, že ještě nedošlo ke spojení segmentů s opěrami a ke spojení segmentů vzájemně mezi sebou. To znamená, že segmenty spolu nespolutpůsobí a normálové síly jsou minimální.

Výchozí stav – time 1

Ve výchozím stavu dojde k probetonování spár mezi segmenty a jejich vetknutí do základových bloků přes monolitické náběhy. Konstrukce se proto přestává chovat jako dokonale ohebné lano, ale stává se z ní předpjatý pás. Dále dojde k dopnutí montážních lan a vnesení finálního předpětí do konstrukce předpínacími lany. V tomto čase také dojde k zatížení konstrukce ostatním stálým zatížením, což v tomto případě zahrnuje zábradlí osazené na mostovce.

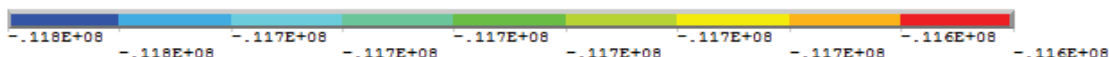
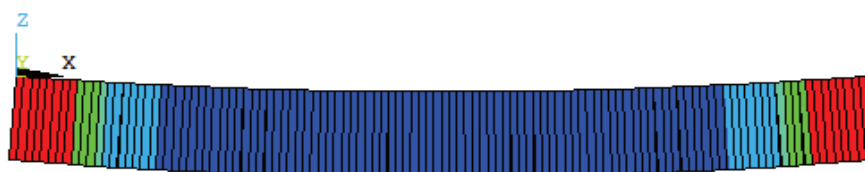
Deformace ve výchozím stavu modelu:

1
DISPLACEMENT
STEP=2
SUB =1
TIME=2
DMX =.092416

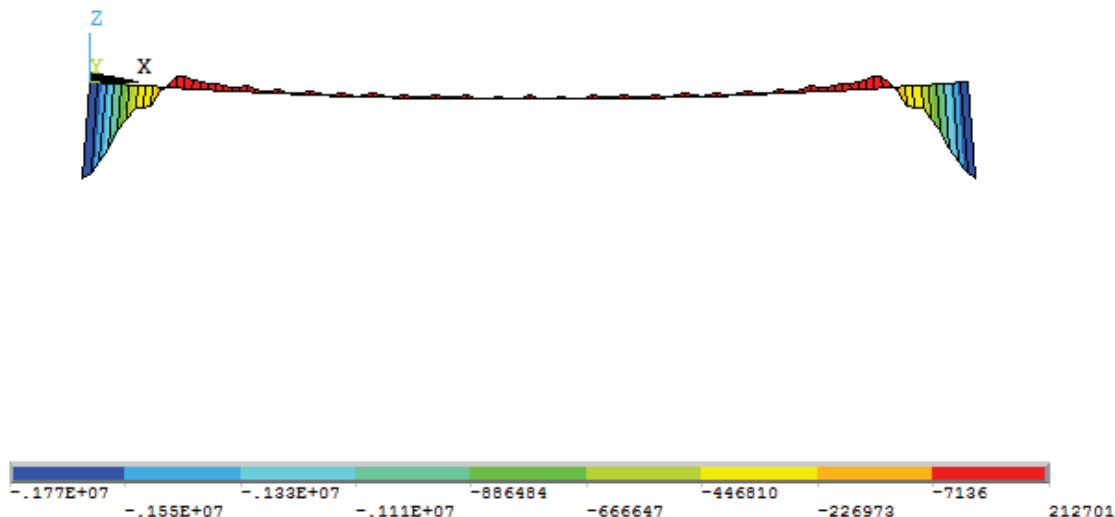
ANSYS
JAN 16 2015
18:18:10



Normálové síly ve výchozím stavu:



Ohybové momenty v montážním stavu:



Provozní stav – time 3

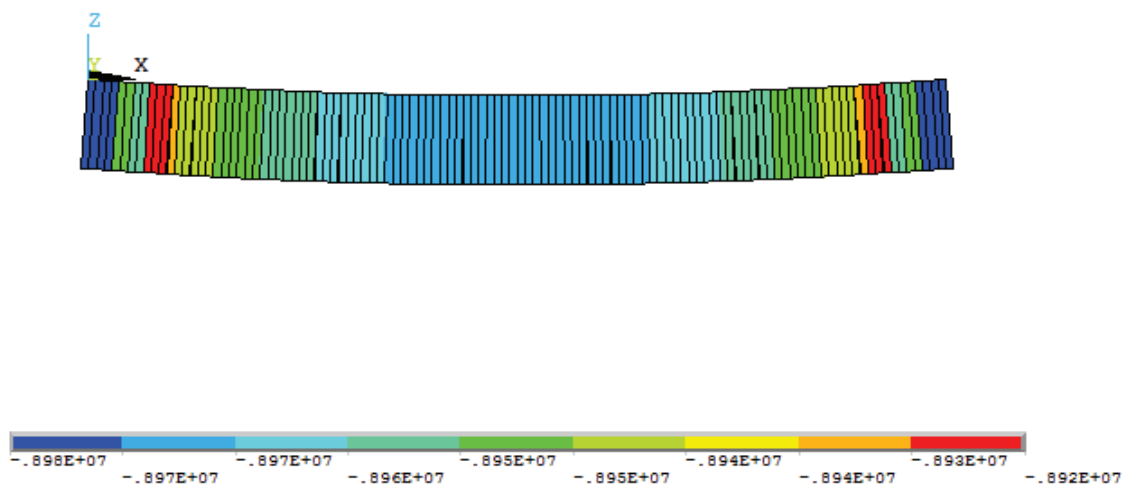
V tomto čase dochází k zahájení provozu konstrukce. V modelu dojde k aplikaci provozních zatížení na model a jejich kombinace. Vykreslení deformací a vnitřních sil kombinací zatížení je obsažen v příloze P4.1 Vykreslení vnitřních sil.

Konečný stav – time ∞

Jedná se o stav na konci životnosti konstrukce, která je navržena na hodnotu 100let. Na model jsou aplikovány všechny ztráty a změny způsobené dotvarováním a smršťováním betonu.

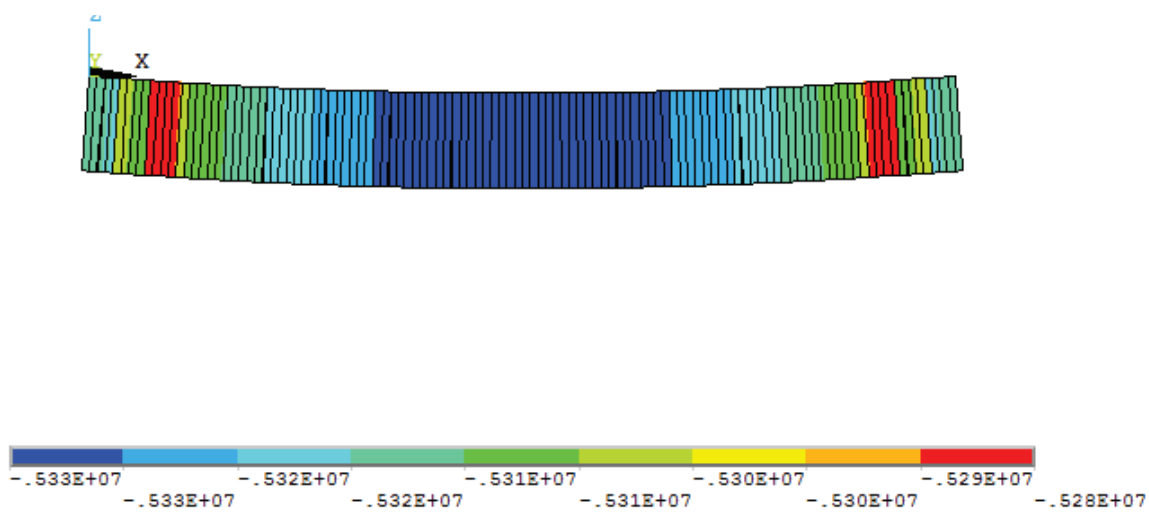
Ztráty na konstrukci se projeví poklesem normálové síly na konstrukci.

Normálové síly na začátku životnosti konstrukce:



Normálové síly na konci životnosti konstrukce:

- aplikace dlouhodobých ztrát, hodnot dotvarování a smršťování



4.1.2 Zatížení

Vlastní tíha

Vlastní tíha je generována přímo programem Ansys za pomoci objemových hmotností daných materiálů a tíhového zrychlení. Viz Statický výpočet kap. 3.1.1.

Předpětí

Předpětí bylo na konstrukci zavedeno pomocí poměrného přetvoření ε montážních a předpínacích lan dle vztahu:

$$\varepsilon = \frac{P/A}{E}$$

Postup a hodnoty poměrných přetvoření jsou uvedeny v příloze Statický výpočet kap.3.1.3.

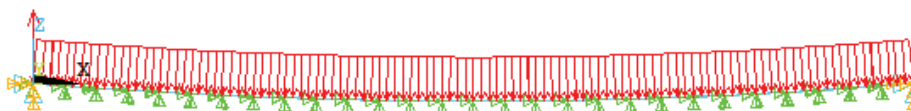
Ostatní stálé zatížení

Ostatní stálé zatížení zahrnuje zatížení konstrukce zábradlím umístěným na okraji průřezu. Jedná se o liniové zatížení velikosti $g = 1,00\text{kN/m}$.

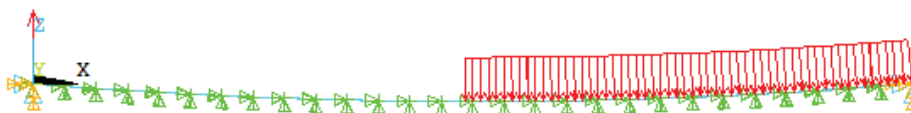
Zatížení chodci

Užitné zatížení davem chodců bylo aplikováno na konstrukci ve třech zatěžovacích stavech:

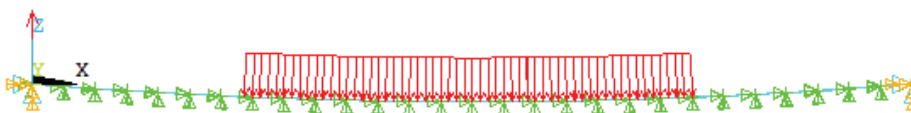
ZS1 – Zatížení na celé délce konstrukce



ZS2 – Zatížení na polovině konstrukce



ZS3 – Zatížení na středu konstrukce



Zatížení teplotou

Zatížení teplotou je stanoveno na konstrukci dle normy ČSN EN 1991 – 1 -4 viz Statický výpočet kap. 3.2.2.

4.1.3 Kombinace zatížení

Byly stanoveny kombinace pro mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Hodnoty zatížení byly regulovány dle odpovídajících součinitelů, viz Statický výpočet kap. 4.

4.1.4 Dotvarování a smršťování konstrukce

Dotvarování a smršťování konstrukce bylo vypočítáno dle normy ČSN EN 1992 – 1 -1 Příloha B. Změny od dotvarování a smršťování na konci životnosti konstrukce byly pak do modelu zadány změnou modulu pružnosti dle vztahu:

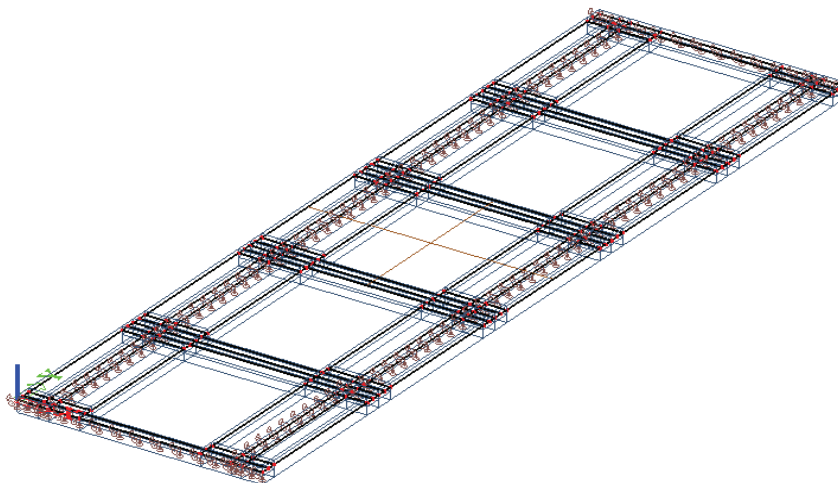
$$E_{\text{eff}} = \frac{E}{1 + \varphi_{(t, t_0)}}$$

4.2 Příčný směr

4.2.1 Výpočetní model

Výpočet pro příčný směr byl vytvořen v programu Scia Engineer 2012. Model příčného směru byl řešen jako spojitý nosník tvořený 5-ti segmenty. Tento model vyjadřuje stav po zmonolitnění mostovky. Vzhledem k tomu, že segment obsahuje vylehčení, byl tedy modelován, jako deska s proměnnou tloušťkou a žebry, které představují plný průřez na spojích mezi segmenty. Podepření bylo navrženo liniové, na stranu bezpečnou pouze v místech působení montážních lan.

Model pro výpočet příčného směru:



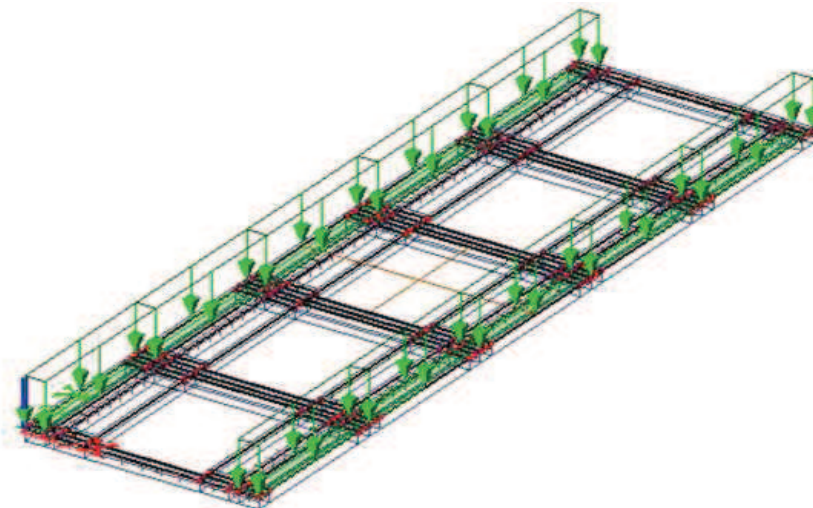
4.2.2 Zatížení

Vlastní tíha:

Vlastní tíha konstrukce je generována přímo programem Scia Engineer.

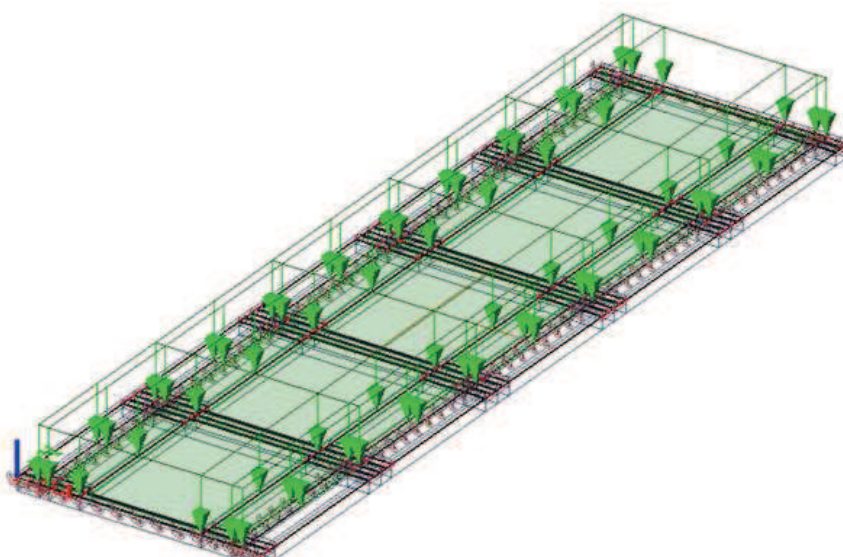
Ostatní stálé:

Vzhledem ke zjednodušení modelu pro výpočet, byl vytvořen tento zatěžovací stav, který obsahuje zbylé části vlastní tíhy konstrukce, které nejsou zahrnuty v zatěžovacím stavu vlastní tíhy.



Zatížení chodci:

Užitné zatížení chodci působí po celé délce modelu v rámci volné šířky segmentu a jeho hodnota činí 5kN/m.



5. Posouzení konstrukce

5.1 Mezní stav použitelnosti

5.1.1 Metoda omezení napětí

Mezní stav použitelnosti byl kontrolován jak pro segmenty v poli, tak i pro náběhy. Posuzovalo se omezení napětí hodnotou $\sigma_c \geq 0,6 \cdot f_{ck}$ pro charakteristickou kombinaci, kritérium pro lineární dotvarování hodnotou $\sigma_c \geq 0,45 \cdot f_{ck}$ pro kvazistálou kombinaci a kritérium pro vznik trhlin hodnotou $\sigma_c \leq 0,00 \text{ MPa}$ pro častou kombinaci.

Segmenty v poli vesměs bez problémů vyhoví, ale u náběhů se vyskytují nedovolené hodnoty napětí dolních vláken v charakteristické, kvazistálé i časté kombinaci. Zásadní nedovolené hodnoty tahových napětí u spodních vláken vznikaly od kombinace zatížení obsahující přírůstek záporné teploty T_- . Bylo tedy nutné zkontrolovat, zda nedojde k drcení betonu v tlačných vláknech betonu. Pro stav dekomprese bylo nutné posoudit, zda se nachází předpínací výztuž v tlačné oblasti alespoň 0,100m.

5.1.2 Posouzení napětí v betonářské výztuži

Bylo prokázáno, že napětí v betonářské výztuži nepřekročí podmínku $\sigma_s \leq 0,8 f_{ck}$.

5.1.3 Posouzení napětí v předpínací výztuži

Napětí v předpínací výztuži nepřekročí podmínku $\sigma_s \leq 0,75 f_{pk}$.

5.1.4 Omezení přetvoření

Bylo posouzeno, zda nedojde k překročení doporučené hodnoty průhybu $u_{lim} = L/250$. Konstrukce na omezení přetvoření vyhoví.

5.2 Mezní stav únosnosti

5.2.1 Podélný směr konstrukce

V mezním stavu únosnosti byly posouzeny segmenty a monolitický náběh konstrukce, který byl posouzen ve třech místech (v blízkosti místa spojení s opěrou, ve středu náběhu a na konci náběhu, v místě spojení náběhu s prefabrikovanými segmenty). Posouzení bylo provedeno vždy pro maximální a minimální ohybový moment a také na smyk. Maximálních hodnot ohybového momentu bylo dosaženo v kombinaci zatížení ULSb11, která obsahuje zatížení minimální teplotou. Naopak minimálních hodnot bylo dosaženo při kombinaci zatížení ULSb2, tedy zatížením chodci na polovině lávky a maximální teplotou.

Náběhy i segmenty na mezní stav únosnosti vyhověly.

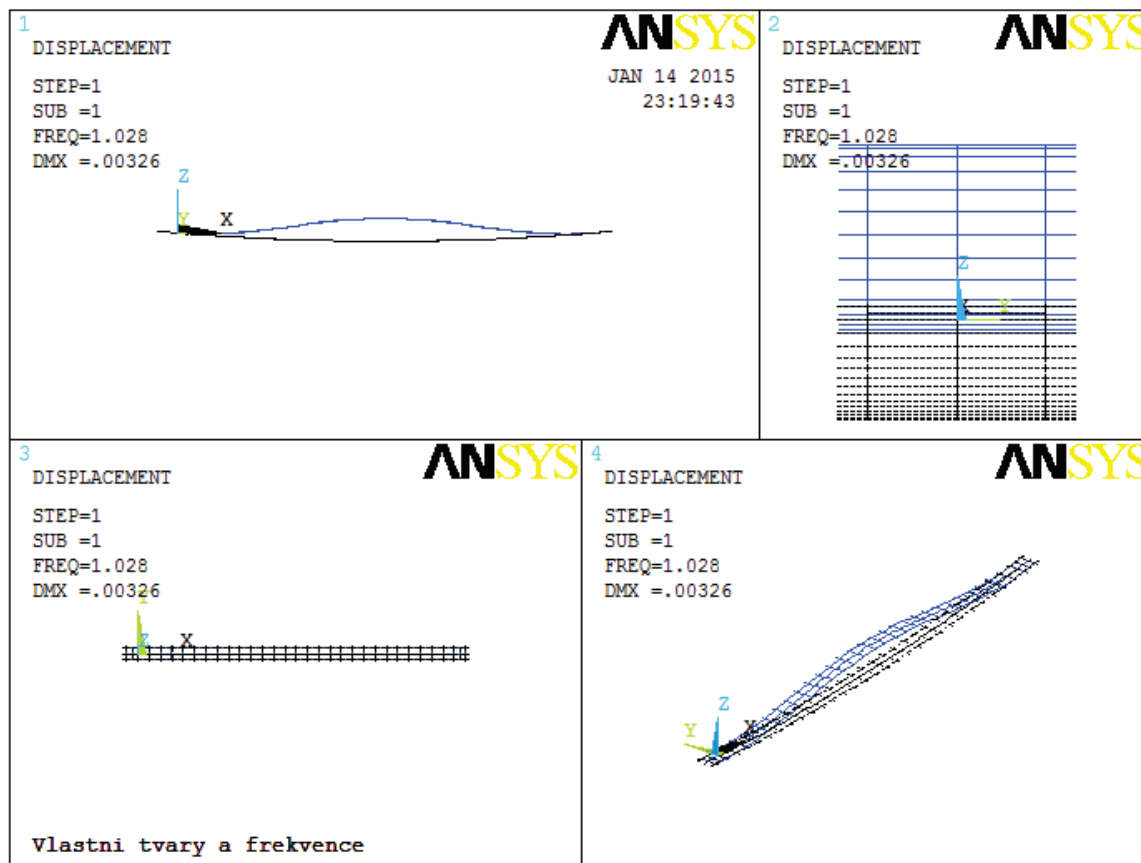
5.2.2 Příčný směr konstrukce

V příčném směru byla nadimenzována konstrukce na ohybovou výztuž a následně posouzena na maximální ohybový moment v příčném směru a na smyk. Příčná výztuž byla stanovena na hodnotu $A_{st} = 524 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$, což zajišťuje výztuž o průměru 10mm po 150mm. Na smyk segment v příčném směru vyhoví bez nutnosti dalšího vyztužení na smyk.

6. Dynamická analýza konstrukce

V rámci výpočetního modelu byla v programu Ansys 12.1 provedena také dynamická analýza dané lávky. Modální analýzou je vyhodnoceno prvních 20 vlastních tvarů konstrukce (jejich vykreslení je součástí přílohy P4.1 Vlastní tvary konstrukce).

První vlastní tvar konstrukce:



První vlastní frekvence dané lávky dosahují hodnot 1,028Hz – 1,878Hz, což jsou blízké hodnoty průměrné frekvence pohybu chodců $f = 2\text{Hz}$. Bylo proto nutné určit rychlost pohybu – $v_{\max}$ a zrychlení konstrukce – $a_{\max}$ a následně je posoudit s limitní hodnotou zrychlení – $a_{\lim}$. Byla tedy provedena harmonická analýza konstrukce na budící sílu:

$$F = 180 \cdot \sin(2\pi f \cdot t) \text{ [N]}$$

Harmonická analýza:

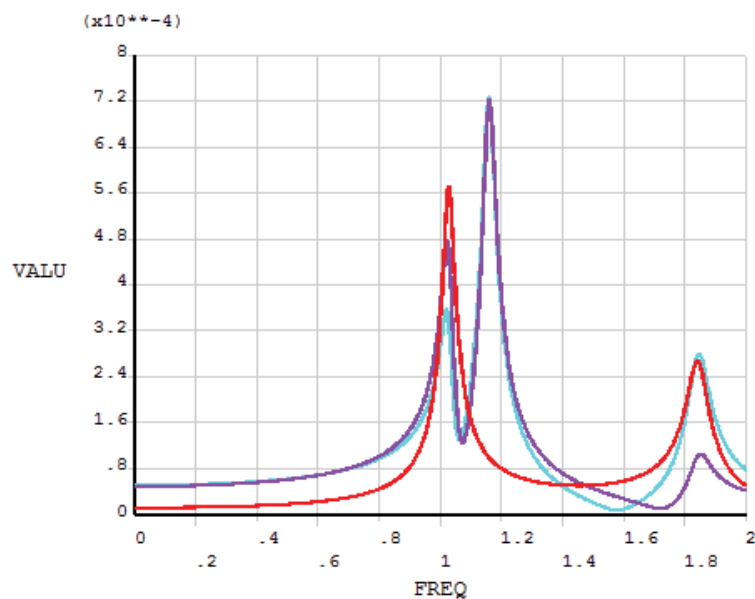
- analýza v uzlu 36

AMPLITUDE

uz36

uz48

uz71



Maximální zrychlení na modelu - $a_{\max}$ se ani nepřibližuje limitní hodnotě zrychlení - $a_{\lim}$. Chodci by tedy neměli při pohybu na lávce pociťovat žádné nepříjemné chvěvy na konstrukci.

7. Závěr

Práce obsahuje postup návrhu konstrukce pro přemostění údolí s vodním tokem od počátku, kdy byly navrženy tři varianty konstrukcí a následně vybrána varianta předpjatého pásu. Pro vybranou variantu byl vytvořen výpočtový model zahrnující i časovou analýzu konstrukce v programu Ansys 12.1. Po nalezení výchozí geometrie a vytvoření modelu byla konstrukce posouzena dle platných norem na mezní stavy únosnosti a použitelnosti v nejkritičtějších průřezech pro kombinace zatížení obsahující nejnejpříznivější hodnoty vnitřních sil. Zásadní hodnoty vykazovaly zatížení od záporné i kladné teploty a zatížení chodce na části konstrukce. Posouzení konstrukce bylo provedeno i v příčném směru na modelu zpracovaném programem Scia Engineer. Závěrem byla provedena ještě dynamická analýza konstrukce pro posouzení vlivu chování lávky a její působení na chodce.

8. Použitá literatura a software

Normy:

ČSN EN 1992 – 1 – 1 – Navrhování betonových konstrukcí

ČSN EN 1991 – 2 – Zatížení mostů dopravou

ČSN EN 1992 – 2 – Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady

ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí

Použitá literatura:

Navrátil J., *Předpjaté betonové konstrukce*, 2008

Prof. Ing. Stráský J.CSc.,P.E., *Betonové mosty*, 2001

Ing. Panáček J., *Prvky betonových konstrukcí*,

Ing. Zich M., Ph. D. a kolekti, *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódu*

Prof. Ing. Stráský J.CSc.,P.E., *Stress gibbon and cable – supported pedestrian bridges*,2005

KLUSÁČEK, Ladislav. *Betonové mosty I: Nosné konstrukce mostů*. Brno, 2006

Ing. Zich M.,Ph.D., *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódu*, 2010

Internetové odkazy:

www.vsl.cz

www.shp.eu



Použitý software:

Ansys 12.1

Scia Engineer 2012

Microsoft Word 2007

Microsoft Excel 2007

Rhinoceros 5.0

AutoCAD 2012

9. Seznam příloh

P.1 Použité podklady a varianty řešení

P1.1 Varianta A

P1.2 Varianta B

P1.3 Varianta C

P.2 Výkresy

P2.1 Podélný řez vybrané varianty

P2.2 Půdorys vybrané varianty

P2.3 Příčný řez vybrané varianty

P2.4 Tvar segmentu

P2.5 Vyztužení segmentu

P2.6 Tvar náběhu

P2.7 Vyztužení náběhu

P.3 Stavební postup a vizualizace

P3.1 Vizualizace

P3.2 Postup výstavby

P.4 Statický výpočet

P4.1 Vykreslení vnitřních sil

P4.2 Vlastní tvary konstrukce