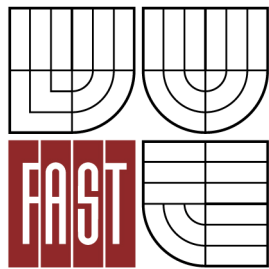


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

LÁVKA PRO PĚŠÍ PŘES RYCHLOSTNÍ KOMUNIKACI

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

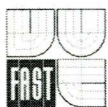
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PETR PÁLENÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM NEČAS, Ph.D.

BRNO 2013




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

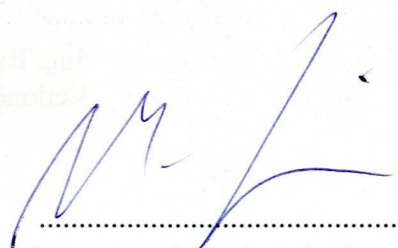
ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Petr Páleník
Název	Lávka pro pěší přes rychlostní komunikaci
Vedoucí diplomové práce	Ing. Radim Nečas, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	11. 1. 2013

V Brně dne 31. 3. 2012


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




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Podklady:

Situace, podélný řez překážkou, 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 zavěšenou na pylonu.

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)

Licenční smlouva poskytovaná k výkonu práva užití školní dílo (3x), Prohlášení o shodě

listinné a elektronické formy VŠKP (3x), Popisný soubor závěrečné práce

Diplomová práce bude odevzdána 1x v listinné podobě a 2x v elektronické podobě 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:

Cílem práce je návrh lávky pro pěší přes rychlostní komunikaci. Lávku tvoří zavěšená konstrukce o šesti polích s rozpětími 9 až 51 m. Hlavní pole jsou zavěšena na pylonu tvaru písmene V. Mostovka je v poli nad komunikací tvořena prefabrikovanými segmenty spřaženými s monolitickou deskou. V podélném směru je mostovka vedena v parabolickém oblouku. Model konstrukce je proveden v programu ANSYS, řešení bylo provedeno nelineárním výpočtem. Návrh a posouzení je provedeno dle evropských norem.

Abstract:

The aim of this master thesis is a design of the pedestrian bridge across the highway. The bridge is formed by a slab structure of 6 spans with lengths from 9 to 51 m. The main spans are suspended on a V shape pylon. The deck of the span across the highway is assembled of precast segments and composite deck slab. The deck is in the lengthways kept in the parabolic arch. The model of the construction is made in software ANSYS, the solution was done non-linear. The design and assessment are according to the european standard.

Klíčová slova:

Zavěšená lávka, pylon, závěsy, předpjatý beton, mostovka, výpočetní model, zatížení, postup výstavby, vlastní tvary a frekvence, harmonická analýza

Key words:

Cable-stayed pedestrian bridge, pylon, suspenders, pre-stressed concrete, deck, computational model, load, sequence of construction, natural modes and frequencies, harmonic analysis

Bibliografická citace VŠKP

PÁLENÍK, Petr. *Lávka pro pěší přes rychlostní komunikaci*. Brno, 2013. 32 s., 298 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 samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

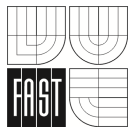
V Brně dne 11.1.2013



.....
Petr Páleník

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Radimu Nečasovi, Ph.D. za cenné rady a ochotu při konzultacích, pomoc a odborné vedení při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl také poděkovat mé rodině za jejich trpělivost a podporu při studiu.



PRŮVODNÍ A TECHNICKÁ ZPRÁVA



OBSAH:

1.	Úvod	11
2.	Přílohy práce	11
2.1	Použité podklady a varianty řešení	11
2.1.1	Použité podklady	11
2.1.2	Varianta I	11
2.1.3	Varianta II	12
2.1.4	Varianta III	12
2.1.5	Zhodnocení variant	12
2.2	Výkresy	12
2.3	Stavební postup a vizualizace	13
2.3.1	Stavební postup	13
2.3.2	Vizualizace	13
2.4	Statický výpočet	13
2.4.1	Statický výpočet	13
2.4.2	Popis výpočetního modelu konstrukce a výstupy z modelu	16
3.	Technická zpráva	17
3.1	Identifikační údaje	17
3.2	Základní údaje o lávce	17
3.3	Účel stavby	18
3.4	Prostor výstavby	18
3.4.1	Převáděná komunikace	18
3.4.2	Přemostovaná překážka	18
3.4.3	Geologické a hydrogeologické podmínky	18
3.4.4	Související objekty	19
3.5	Technické řešení lávky	19
3.5.1	Celková koncepce řešení	19
3.5.2	Založení	20
3.5.3	Spodní stavba	21
3.5.4	Vrchní stavba	22
3.6	Příslušenství lávky	23
3.6.1	Ložiska	23
3.6.2	Dilatační závěry	24
3.6.3	Izolace	24
3.6.4	Odvodnění	24
3.6.5	Zábradlí	24
3.6.6	Úpravy pod lávkou	25
3.6.7	Revizní přístupy	25
3.6.8	Tabulky s letopočtem	25
3.6.9	Geodetické značky	25
3.7	Požadavky na použité materiály a činnosti při stavbě	25
3.7.1	Beton	25



3.7.2	Betonářská výztuž	25
3.7.3	Předpínací výztuž	25
3.7.4	Závěsy	26
3.7.5	Konstrukční ocel	26
3.7.6	Protikoroziční úprava oceli	26
3.7.7	Povrchová úprava betonových částí	26
3.7.8	Přesnost vytyčení	26
3.7.9	Přesnost provádění	26
3.8	Výstavba lávky	27
3.8.1	Postup a technologie stavby lávky	27
3.8.2	Geodetické sledování	27
3.8.3	Prohlídky lávky	28
3.8.4	Údržba lávky	28
3.9	Zatěžovací zkouška	28
3.10	Omezení provozu	28
3.11.	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci	28
3.11.	Vliv stavby na životní prostředí	29
4.	Závěr	30
5.	Použité normy a literatura	31
6.	Seznam příloh	32

1. Úvod

Tématem diplomové práce je návrh lávky pro pěší přes rychlostní komunikaci. Byly vypracovány 3 studie variant nosné konstrukce přemostění viz příloha P1. – Použité podklady a varianty řešení. Dále byl pro podrobné zpracování zvolen návrh zavěšené konstrukce na pylonu viz příloha P4. – Statický výpočet. Všechny výpočty byly prováděny dle platných norem EN. Byly také vytvořeny přehledné a podrobné výkresy, stavební postup a vizualizace viz přílohy P2. – Výkresy a P3. – Stavební postup a vizualizace.

V rámci diplomové práce byly navrženy všechny základní části lávky. Byl proveden návrh a posouzení pylonu, mostovky a závěsů. V příčném směru byla mostovka posouzena v hlavním zavěšeném poli. Z důvodů omezeného rozsahu diplomové práce byly dále uvažovány také některé zjednodušující předpoklady, na které bude v dalších částech textu upozorněno.

2. Přílohy práce

2.1 Použité podklady a varianty řešení

Viz příloha P1. Použité podklady a varianty řešení.

2.1.1 Použité podklady

Diplomová práce byla vypracována na základě podkladů, kterými byl podélný řez překážkou a situace. Omezujícím faktorem byl průjezdní průřez rychlostní komunikace, který musel být v návrhu lávky respektován. Dalším podkladem byly geotechnické poměry reprezentované geotechnickými vrty.

2.1.2 Varianta I

První varianta přemostění je tvořena zavěšenou konstrukcí s deskovou mostovkou o šesti polích $2 \cdot 9,00 + 15,00 + 36,00 + 51,00 + 9,00 = 129$ m. Mostovka je tvořena v poli číslo pět prefabrikovanými segmenty dvoutrámového průřezu délky 3,00 m a šířky 5,75 m, které jsou na koncích vyztuženy příčníky. Segmenty jsou po zavěšení spřaženy s monolitickou nadbetonovanou deskou. Ve zbylých polích je mostovka monolitická plného průřezu. Mostovka je v hlavních polích 3, 4 a 5 zavěšena na vnějších okrajích pomocí závěsů na pylonu. Závěsy jsou vedeny ve skloněných rovinách. Uspořádání závěsů je semiharfovité. Závěsy jsou kotveny v horní části železobetonových pylonů, k mostovce jsou připojeny kloubově prostřednictvím kotevních plechů zakotvených do mostovky. Dále je mostovka v ose podepřena čtyřmi mezilehlými pilíři a na koncích krajními opěrami, všechna tato podepření jsou v podélném směru posuvná. Pevné podepření mostovky v podélném směru je realizováno na příčníku mezi pylony. Mostovka je v podélném směru vedena v parabolické oblouku s maximálním podélným sklonem 7,60 % u Blatecké opěry.

Železobetonový pylon tvaru písmene V je tvořen dvojicí stojek vetknutých do základového bloku. Stojky jsou pod mostovkou spojeny železobetonovým předpjatým příčníkem. V horní části pylonu je zabetonován kotevní plech pro napojení závěsů. Stojky pylonu mají obdélníkový průřez v rozích zkosený, při vnějším lici s půlkruhovým vybráním. Mezilehlé pilíře jsou čtvercového průřezu se zkosenými rohy.

2.1.3 Varianta II

Druhá varianta je tvořena obloukovou konstrukcí se třemi visutými pásy o délce polí $24,70 + 80,70 + 23,50 = 129$ m. Mostovka je sestavena z prefabrikovaných segmentů dvoutrámového průřezu délky 3,00 m a šířky 5,75 m, které jsou na koncích vyztuženy příčnickými. Střední pole mostovky je na vnějších okrajích zavěšeno na oblouku prostřednictvím svislých závěsů a mostovka je zde vedena v konkávním parabolickém oblouku. Krajní pole jsou tvořena visutým pásem. Závěsy jsou kloubově připojeny ke kotevním plechům přivařeným k ocelové trubce oblouku a ke kotevním plechům zakotveným do mostovky.

Oblouky jsou tvořeny ocelovou trubkou a jsou vedeny ve dvou skloněných rovinách. Oblouky jsou vetknuty do základových patek a jsou v horní části vzájemně spojeny pomocí dvou diafragmat.

Celá konstrukce je navržena jako samokotvená. Základ oblouku je tedy spojen tlačnou vzpěrou se základem visutého pásu. Tím jsou vyrovnány horizontální složky reakcí a základová půda je namáhána pouze svislými reakcemi.

2.1.4 Varianta III

Třetí variantu tvoří visutá konstrukce o dvou polích délky $64,5 + 64,5 = 129,5$ m. Mostovka je sestavena z prefabrikovaných segmentů dvoutrámového průřezu délky 3,00 m a šířky 5,75 m, které jsou na koncích vyztuženy příčnickými. Mostovka je na vnějších okrajích zavěšena prostřednictvím svislých závěsů na dvou visutých kabelech vedených ve skloněných rovinách. Mostovka je v podélném směru vedena v parabolickém oblouku s maximálním podélným sklonem 7,60 % u Blatecké opěry. Visuté lana jsou kotvena v koncových kotevních stěnách, které jsou vetknuty do základů krajních opěr.

Železobetonový pylon tvaru písmene A je tvořen dvěma stojkami vetknutými do základových patek, ve vrcholu jsou stojky vzájemně spojeny ocelovým příčnickem. Stojky pylonu mají průřez písmene T s proměnou výškou stojiny. Základové patky pod stojkami jsou vzájemně spojeny táhlem.

2.1.5 Zhodnocení variant

U každé ze tří navržených variant lze spatřovat jisté výhody či nevýhody. Kritéria hodnocení pro výběr nejlepší varianty mohou být také definována různě. Může to být například hledisko ekonomické, architektonické, doba trvání výstavby atd.. Lávky pro pěší by zcela určitě měly mít lidský rozměr a měly by být vhodně začleněny do krajiny. U varianty III – visutá lávka, lze spatřovat hlavní nevýhodu v nutnosti kotvení horizontálních složek sil visutých kabelů do krajních opěr, což vyvolá značné náklady na zakládání. U varianty II – je díky návrhu samokotvené konstrukce základová půda příznivě namáhána pouze svislými reakcemi, ale určitou nevýhodou je nutnost náročné výroby a montáže oblouku velkého rozpětí. Varianta I – zavěšená lávka působí příznivě jak po stránce estetické, tak i po stránce konstrukční. V dalších částech diplomové práce bude tedy podrobně zpracována Varianta I – zavěšená lávka.

2.2 Výkresy

Obsahem výkresové dokumentace jsou přehledné výkresy, podrobné výkresy, detaily a výkresy vyztuže Viz příloha P2. Výkresy.

2.3 Stavební postup a vizualizace

Viz příloha P3. Stavební postup a vizualizace

2.3.1 Stavební postup

V příloze stavební postup jsou ve výkresové části znázorněny jednotlivé kroky výstavby lávky a dále v textové části kap. 3.8 Výstavba lávky jsou jednotlivé kroky výstavby lávky popsány.

2.3.2 Vizualizace

Obsahem části vizualizace je grafické vyobrazení jednotlivých perspektivních pohledů na prostorový model lávky.

2.4 Statický výpočet

Statický výpočet tvoří nejobsáhlejší část diplomové práce, a proto byl rozdělen do dvou částí: samotný statický výpočet – výpočtová část a část popisující výpočetní model konstrukce a výstupy z modelu.

2.4.1 Statický výpočet

Ve výpočtové části statického výpočtu je nejprve uvedena geometrie konstrukce, filosofie návrhu lávky a na ni navazující návrh závěsů a návrh předpětí mostovky. Dále je stanoveno zatížení, je provedena základní kontrola výpočetního modelu a kombinace vnitřních sil pro mezní stav použitelnosti a únosnosti. Následně je provedeno posouzení na mezní stav použitelnosti pro předpínací výztuž, závěsy a mostovku. Dále je provedeno posouzení na mezní stav únosnosti pro závěsy, mostovku, pylon a příčník. Posouzení bylo provedeno také pro příčný směr mostovky v hlavním zavěšeném poli. Na závěr je provedena modální analýza a posouzení harmonické odezvy konstrukce.

Návrh závěsů a předpínací výztuže

V této části statického výpočtu je uveden podrobný popis postupu při hledání výchozího stavu konstrukce. Byl iteračně zjištěn odklon pylonu od svislé roviny, počáteční poměrné přetvoření závěsů a byl proveden návrh předpínací výztuže mostovky.

Zatížení

Zatížení jsou rozdělena na stálá a proměnná. Stálá zatížení tvoří vlastní tíha konstrukce, ostatní stálé zatížení a předpětí mostovky. Jak již bylo výše řečeno, byly uvažovány určité zjednodušující předpoklady. Pro předpětí je při výpočtu uvažována pouze střední hodnota předpínací síly a nezohledňuje se její možný rozptyl (r_{inf} a r_{sup}). Krátkodobé i dlouhodobé ztráty předpětí jsou uvažovány procentuálně a to po 10%. Z proměnných zatížení byla uvažována zatížení chodci (ZS1-ZS5), rovnoměrnou změnou teploty (ZS6, ZS7) a větrem (ZS8). Hodnoty veškerých zatížení byla stanovena dle příslušných norem zatížení.

Kontrola výpočetního modelu

Základní kontrola výpočetního modelu je provedena pomocí celkové svislé reakce pro vlastní tíhu konstrukce.

Kombinace vnitřních sil

Pro mezní stav použitelnosti byla stanovena kvazi-stálá, častá a charakteristická kombinace. Pro mezní stav únosnosti byla zvolena kombinační rovnice 6.10. Kombinace byly sestaveny za použití kombinačních součinitelů ψ a součinitelů zatížení γ dle normového předpisu. Jelikož je výpočet konstrukce prováděn nelineárně a neplatí tedy lineární superpozice účinků zatížení, jsou jednotlivé zatěžovací stavy proměnných zatížení, která jsou zkombinována dle kombinačních pravidel, zadána do výpočtu včetně kombinačních součinitelů ψ a součinitelů zatížení γ v jednom časovém kroku. Tedy proměnná zatížení dané kombinace působí na konstrukci současně, v podstatě jako „jeden zatěžovací stav“.

Mezní stav použitelnosti

Předpínací výztuž

Bylo provedeno posouzení na omezení napětí v předpínací výztuži v časech t_0 a t_∞ . Posouzení vyhovělo.

Závěsy

Napětí v závěsech by se mělo pro stálé zatížení pohybovat v rozmezí $(0,10 - 0,45)f_{yk}$. Dolní mez napětí zaručuje lineární chování závěsu a pokud napětí nepřekročí horní mez nedochází k „dotavrování“ oceli. Bylo provedeno posouzení pro nejvíce a nejméně namáhaný závěs v čase t_0 pro charakteristickou kombinaci a v čase t_∞ pro kvazi-stálou kombinaci. Posouzení vyhovělo.

Mostovka

Na mostovce bylo provedeno posouzení na omezení napětí v betonu v jednotlivých řezech s extrémními ohybovými momenty (celkem 12 posuzovaných řezů) v čase t_0 pro charakteristickou kombinaci a v čase t_∞ pro kvazi-stálou, častou a charakteristickou kombinaci. Vzhledem k řádově menší tuhosti mostovky ve svislém směru oproti vodorovnému směru, byly tyto řezy stanoveny s ohledem na ohybové momenty ve svislém směru tedy M_y . Předpětí mostovky je navrženo jako omezené, tedy v mostovce vznikají tahová napětí, ale nepřekračují pevnost betonu v tahu. Posudek vyhověl, největšího tahového napětí 3,00 MPa je dosaženo pro charakteristickou kombinaci v čase t_∞ v řezu nad pilířem 5. V poli 5 (sestaveno z prefabrikovaných segmentů) je pro všechny kombinace pouze tlakové napětí.

Mezní stav únosnosti

Závěsy

Byla zjištěna maximální působící síla a posouzena s mezní únosností závěsu. Posouzení vyhovělo.

Mostovka

Na mostovce byly vybrány 3 řezy s extrémními ohybovými momenty (nad pilířem 5 a v poli 5 na min. a max. ohybový moment), kde bylo provedeno posouzení na ohybovou únosnost. Dále bylo provedeno posouzení na maximální posouvající sílu v řezu nad pilířem 5 a posouzení smykové únosnosti v poli 5. Posouzení vyhovělo.

Pylon

Byly vybrány 3 řezy s extrémními vnitřními silami, ve kterých bylo provedeno posouzení. (pata pylonu, v místě příčnicku a v místě závěsů). Posudek byl pro jeden řez a jednu kombinaci proveden „ručně“ jako pro obecný průřez namáhaný normálovou silou a dvouosým ohybem. Další řezy a kombinace byly posouzeny pomocí softwaru IDEA Beton. Bylo také provedeno posouzení na posouvající sílu. Všechna posouzení vyhověla.

Příčník

Pro příčník byl proveden návrh předpínacích tyčí, tak aby pro častou kombinaci zatížení nevznikal v příčnicku tah, dále byl příčník posouzen na ohyb a smyk.

Příčný směr mostovky

V této části statického výpočtu je nejdříve popsán výpočetní model konstrukce pro příčný směr v hlavním, který byl vytvořen v programu Scia Engineer 2008. Dále bylo provedeno posouzení segmentu na maximální ohybový moment a posouvající sílu. Posouzení bylo provedeno pro montážní stav a pro provozní stav, kdy je nadbetonována nad segmenty spřažená deska a segmenty mezi sebou spolupůsobí. V provozním stavu bylo pro zatížení segmentu uvažováno také obslužné vozidlo, jelikož způsobí zvýšené lokální namáhání pod dosedacími plochami kol. Je nutno podotknout, že podepření mostovky v místech závěsů bylo modelováno tuhými bodovými podporami a nebyl tedy zkoumán vliv poddajnosti závěsů na podepření mostovky.

Modální analýza

Byly zjišťovány vlastní tvary a frekvence konstrukce. Na rozdíl od klasického výpočtu, který byl pro konstrukci prováděn nelineárně (zohlednění vlivu velkých deformací) byl pro modální analýzu výpočet proveden lineárně tzn. byly vypnuty velké deformace. Jelikož při modální analýze nesmí být na konstrukci zatížení, bylo stálé zatížení po přepočtu nahrazeno zvýšením objemové hmotnosti mostovky.

Bylo zjištěno prvních 20 vlastních tvarů a frekvencí. První dvě vlastní podélné ohybové frekvence jsou 1,441 a 1,760 Hz.

Harmonická odezva

Mostovka byla dle britského standardu buzena pulsující silou o velikosti 180 N. Rovnice pulsující síly je následující:

$$F = 180 \cdot \sin(\omega t)$$

Frekvenční rozsah buzení byl zvolen 1,2 – 2,8 Hz s krokem po 0,001 Hz. Útlum konstrukce byl zvolen 0,008

Pulsující síla byla umístěna do uzlů mostovky, které měly z modální analýzy zjištěnou největší výchylku pro první dva vlastní podélné ohybové tvary.

Výpočet probíhal tak, že se síla umístila do jednotlivých uzlů a hledala se maximální výchylka v daném uzlu a současně i v ostatních uzlech. Posouzení se provedlo srovnáním dosaženého zrychlení konstrukce s limitní hodnotou zrychlení. Ve všech posuzovaných uzlech vyhověla konstrukce s dostatečnou rezervou.

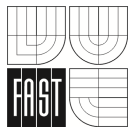
2.4.2 Popis výpočetního modelu konstrukce a výstupy z modelu

V této části statického výpočtu je popsán výpočetní model konstrukce v podélném směru, který byl vytvořen v programu ANSYS verze 13.0.

Je tu uveden podrobný popis všech kroků při tvorbě modelu, včetně rozdílů v modelu během jednotlivých fází výstavby (montážní stav, výchozí stav). Dále je uveden popis geometrie výpočetního modelu, použité prvky (element type), materiálové charakteristiky a reálné charakteristiky. Součástí popisu výpočetního modelu je také přehled zatížení. Jsou tu popsány jednotlivé zatěžovací stavy působící na konstrukci a je zde uvedeno také jejich zobrazení na výpočetním modelu.

V části výstupy z modelu jsou nejprve zobrazeny deformace a průběhy vnitřních sil na konstrukci pro montážní stav, výchozí stav a dále pro výchozí stav včetně jednotlivých zatěžovacích stavů. Kombinace vnitřních sil pro mezní stav použitelnosti již nejsou vyobrazeny, protože jejich podrobné zpracování do grafů MS Excel je provedeno ve výpočtové části statického výpočtu. Následně jsou pro mezní stav únosnosti zobrazeny průběhy vnitřních sil pro jednotlivé kombinace v pylonu.

Na závěr jsou zobrazeny vlastní tvary a frekvence konstrukce z modální analýzy.



3. Technická zpráva

3.1 Identifikační údaje

Stavba:	Stavba stezky pro pěší a cyklisty
Objekt:	SO 201
Název objektu:	Lávka pro pěší přes rychlostní komunikaci
Kraj:	Olomoucký
Okres:	Prostějov
Obec:	Olšany
Katastrální území:	Olšany
Investor:	Olomoucký kraj Jeremenkova 40a 779 11 Olomouc
Uvažovaný správce objektu:	Olomoucký kraj Jeremenkova 40a 779 11 Olomouc
Přemostřovaná překážka:	Rychlostní komunikace Olomouc - Prostějov
Bod křížení:	- s rychlostní komunikací - km 15,128 000
Úhel křížení:	- s rychlostní komunikací- $\alpha = 86,0000^g$

3.2 Základní údaje o lávce

Délka přemostění:	128,200 m
Délka mostu:	134,000 m
Délka nosné konstrukce:	129,600 m
Rozpětí jednotlivých polí:	2*9,000+15,000+36,000+51,000+9,000 m
Šikmost:	kolmá, $\alpha = 100,0000^g$
Volná šířka lávky:	4,200 m
Šířka nosné konstrukce:	5,750 m
Volná výška pod lávkou:	min. 5,918 m
Stavební výška:	0,500 m
Plocha mostu:	$134,000 * 5,750 = 770,5 \text{ m}^2$
Zatížení mostu:	Zatížení chodníků, cyklostezek a lávek pro chodce dle ČSN EN 1991 – 2

3.3 Účel stavby

Stavba objektu lávky je součástí stavby stezky pro pěší a cyklisty. Hlavním účelem je tedy převedení pěší a cyklistické dopravy přes rychlostní komunikaci Olomouc - Prostějov. Navrhovaná lávka potažmo stezka spojí obec Olšany a obec Blatec.

3.4 Prostor výstavby

3.4.1 Převáděná komunikace

Převáděnou komunikací je stezka pro pěší a cyklisty mezi obcemi Olšany a Blatec. Osa komunikace je na lávce půdorysně v přímé, výškově je niveleta lávky vedena v parabolickém oblouku druhého stupně. Podélný sklon nivelety je proměnný, maximálního sklonu 7,60 % je dosaženo u Blatecké opěry u Olšanské opěry je sklon nivelety 5,43 %. Příčný sklon komunikace je střešovité 2,00 %. Na Olšanské opěře je niveleta na kótě 324,200 m n. m. na Blatecké opěře je niveleta na kótě 322,800 m n. m. Komunikace je v místě přemostění vedena v úrovni přiléhajícího terénu a kříží přemostřovanou rychlostní komunikaci pod úhlem $\alpha = 100,0000^\circ$. Šířka průchozího prostoru převáděné stezky je 4,200. Tato šířka je zachována jako volná šířka lávky.

3.4.2 Přemostřovaná překážka

Přemostřovanou překážkou je rychlostní komunikace Olomouc - Prostějov. Osa komunikace je pod lávku půdorysně v přímé, výškově niveleta stoupá 1 % ve směru Olomouc - Prostějov. V bodě křížení je niveleta na kótě 318,390 m n. m. Výška průjezdního prostoru je 4,800 m. Výška mezi NK a horní hranou průjezdního prostoru je min. 1,118 m. Dále pod polem č. 4 se nachází vodoteč Šumice.

Navržená lávka žádným způsobem nezasahuje kteroukoli částí do přemostřovaných překážek.

3.4.3 Geologické a hydrogeologické podmínky

Pro objekt lávky byl zpracován předběžný geotechnický průzkum. Při průzkumu byly provedeny jádrové vrty V1 (u olšanské opěry) a V2 (v místě pylonu).

Dle průzkumného vrtu je v oblasti mostu následující geologická skladba:

Vrt V1

- | | |
|---|---------------|
| • Ornice | mocnost 0,3 m |
| • Hlína písčítá, tuhá (F3 – MS) | mocnost 1,7 m |
| • Štěrk hlinitý, středně ulehlý (G4 – GM) | mocnost 2,1 m |
| • Hlína písčítá, tvrdá (F3 – MS) | mocnost 4,8 m |

Hladina podzemní vody nebyla vrtem zastižena.

Vrt V2

- Ornice mocnost 0,4 m
- Hlína písčítá, tuhá (F3 – MS) mocnost 1,1 m
- Štěrk hlinitý, středně ulehlý (G4 – GM) mocnost 1,5 m
- Hlína štěrkovitá, tuhá (F1 – MG) mocnost 7,4 m

Hladina podzemní vody nebyla vrtem zastižena.

Na základě vyhodnocení informací z provedených jádrových vrtů bylo založení navrženo jako hlubinné na vrtných pilotách.

3.4.4 Související objekty

SO 101 – Stezka pro pěší a cyklisty.

3.5 Technické řešení lávky

3.5.1 Celková koncepce řešení

Lávka je tvořena zavěšenou konstrukcí s deskovou mostovkou o šesti polích $2 \cdot 9,00 + 15,00 + 36,00 + 51,00 + 9,00 = 129$ m. Mostovka je v hlavních polích 3, 4 a 5 zavěšena na vnějších okrajích pomocí závěsů, které jsou kotveny do železobetonového pylonu. Závěsy jsou vedeny ve skloněných rovinách. Uspořádání závěsů je semiharfovité. Dále je mostovka v ose podepřena čtyřmi mezilehlými pilíři a na koncích krajními opěrami, všechna tato podepření jsou v podélném směru posuvná. Pevné podepření mostovky v podélném směru je realizováno na příčniku mezi pylony. Mostovka je v podélném směru vedena v parabolickém oblouku s maximálním podélným sklonem 7,60 % u Blatecké opěry.

Mostovka je tvořena v poli číslo pět prefabrikovanými segmenty dvoutrámového průřezu délky 3,00 m a šířky 5,75 m, které jsou na koncích vyztuženy příčnický. Ve zbylých polích je mostovka monolitická plného průřezu. Po vybetonování monolitické mostovky na pevné skruži v polích 1, 2, 3 a 4 budou postupně zavěšovány segmenty v poli 5. Závěsy budou napínány symetricky z obou stran pylonu. Dále bude na pevné skruži dobetonováno pole 6 a nad segmenty v poli 5 bude vybetonována monolitická spřažená deska. Následně se mostovka předepne. Předpínací kabely budou tvořeny vyztuží bez soudržnosti v plochých čtyřlanných kabelových kanálcích.

Jak již bylo řečeno výše, přenos horizontálních účinků zatížení je zajištěn na pylonu. Horizontální síly jsou přenášeny do příčnicku, který pod dolní hranou mostovky spojuje stojky pylonu. Tento přenos sil je zajištěn dvojicí pevných elastomerových ložisek mezi mostovkou a příčnickem.

Železobetonový pylon tvaru písmene V je tvořen dvojicí stojek vetknutých do základového bloku. Stojky jsou pod mostovkou spojeny železobetonovým předpjatým příčnickem. V horní části pylonu je zabetonován kotevní plech pro napojení závěsů. Stojky pylonu mají obdélníkový průřez v rozích zkosený, při vnějším líci s půlkruhovým vybráním. Založení základového bloku pro pylon je navrženo hlubinné na 6 vrtných pilotách $\varnothing 900$ mm.

Mezilehlé pilíře jsou čtvercového průřezu se zkosenými rohy. Pilíře jsou vetknuty do základových bloků, které jsou založeny na 2 vrtných pilotách $\varnothing 900$ mm.

Krajní opěry jsou navrženy jako monolitické železobetonové se zavěšenými rovnoběžnými křídly. Dřík opěr tvoří vzhledem k jejich malé výšce jeden celek s úložným prahem. Krajní opěry budou rovněž založeny hlubinně na 2 vrtaných pilotách Ø900 mm.

3.5.2 Založení

Na základě výsledků předběžného geotechnického průzkumu je založení všech podpěr navrženo jako hlubinně na vrtaných pilotách.

Krajní opěry O1 a O2

Opěry budou založeny na dvojici vrtaných velkopřůměrových pilot Ø900 mm. Délka pilot je předběžně navržena 8,00 m. V dalším stupni PD je nutné na základě podrobného geotechnického průzkumu provést detailní návrh pilot. Na piloty bude přímo navazovat dřík opěry tloušťky 1275 mm. Piloty budou v podélném směru umístěny v ose dříku opěry, v příčném směru budou osy pilot vzdáleny 1330 mm od osy lávky. Piloty budou před samotnou betonáží vyarmovány a dno vrtu bude řádně vyčištěno. Pod opěrami bude proveden podkladní beton tl. 100 mm, který bude půdorysné rozměry opěry přesahovat min. o 100 mm ve všech směrech.

Beton pro piloty: C25/30, XC2, XA1

Beton pro podkladní beton: C8/10

Mezilehlé pilíře P1, P2, P3 a P5

Mezilehlé pilíře budou založeny na dvojici vrtaných velkopřůměrových pilot Ø900 mm. Délka pilot je předběžně navržena 8,00 m. V dalším stupni PD je nutné na základě podrobného geotechnického průzkumu provést detailní návrh pilot. Na pilotách bude provedena železobetonová základová patka. Piloty budou v podélném směru umístěny v ose pilířů, v příčném směru budou osy pilot vzdáleny 680 mm od osy lávky. Piloty budou před samotnou betonáží vyarmovány a dno vrtu bude řádně vyčištěno. Železobetonové patky jsou široké 1350 mm, dlouhé 2700 mm a vysoké 1000 mm. Patky budou po vyarmování betonovány do bednění. Pod základovými patkami bude proveden podkladní beton tl. 100 mm, který bude půdorysné rozměry patky přesahovat min. o 100 mm ve všech směrech.

Beton pro piloty: C25/30, XC2, XA1

Beton pro podkladní beton: C8/10

Beton pro základové patky: C25/30, XC2, XA1

Pylon P4

Pylon bude založen na 6 vrtaných velkopřůměrových pilotách Ø900 mm. Délka pilot je předběžně navržena 12,00 m. V dalším stupni PD je nutné na základě podrobného geotechnického průzkumu provést detailní návrh pilot. Na pilotách bude proveden železobetonový základový blok, do kterého budou vetknuty stojky pylonu. Piloty budou v podélném směru umístěny 800 mm od osy pylonu, v příčném směru bude jedna dvojice pilot v ose lávky a dvě dvojice po 1800 mm od osy lávky. Piloty budou před samotnou betonáží vyarmovány a dno vrtu bude řádně vyčištěno. Železobetonový blok je široký 3250 mm, dlouhý 5700 mm a vysoký 2500 mm. V bloku budou vytvořeny dva „kalichy“ do kterých budou vsazeny stojky pylonu. Kalichy budou hluboké 1645 mm,

průřez kalichů bude obdélníkový 1650*1185 mm tj. kalich bude o 200 mm větší na každé straně oproti stojce pylonu. Na dně kalichů bude ocelová patka, do které stojky pylonu dosednou. Vetknutí stojek pylonu bude dále zajištěno po jejich vložení do kalichů provařením výztuže stojek pylonu a základového bloku a následným zmonolitněním. Pod základovým blokem bude proveden podkladní beton tl. 100 mm, který bude půdorysné rozměry bloku přesahovat min. o 100 mm ve všech směrech.

Beton pro piloty: C25/30, XC2, XA1

Beton pro podkladní beton: C8/10

Beton pro základový blok: C25/30, XC2, XA1

3.5.3 Spodní stavba

Krajní opěry O1 a O2

Krajní opěry jsou monolitické železobetonové se zavěšenými rovnoběžnými křídly. Opěry jsou navrženy tloušťky 1275 mm a výšky 1360 mm a šířka opěr je 5550 mm. Vyložení křídel je 1625 mm. Tloušťka křídel je navržena 500 mm. Opěry tvoří vzhledem k malé výšce jeden celek s úložným prahem. Horní povrch úložných prahů je spádován 4 % směrem vně opěr. Na úložných prazích budou provedeny podložiskové bloky rozměrů 450*550 mm (menší rozměr je ve směru podélné osy mostu). Výška podložiskových bloků je 66 - 83 mm. Do podložiskových bloků bude pomocí kotevnic trnů připojena kotevní deska elastomerových ložisek. Zemní těleso za opěrou uzavírá závěrná zeď tl. 500 mm. V horní části závěrné zdi je vytvořena kapsa šířky 140 mm a výšky 70 mm, ve které bude kotven dilatační závěr.

Beton pro opěry: C35/45, XC4, XF3, XD2

Mezilehlé pilíře P1, P2, P3 a P5

Mezilehlé pilíře jsou monolitické železobetonové vetknuté do základových patek. Pilíře mají čtvercový průřez 800*800 mm se zkosenými rohy 200/200. Výšky pilířů jsou následující: P1 = 5,000 m, P2 = 8,000 m, P3 = 9,000 m a P5 = 3,000 m. Tato výška je uvedena od horního povrchu základové patky po dolní hranu mostovky v ose pilíře. Skutečná výška pilířů je nižší o výšku ložisek a podložiskových bloků tj. o 160 mm. V horní části pilířů je proveden podložiskový blok rozměrů 450*550 mm (menší rozměr je ve směru podélné osy mostu). Výška podložiskových bloků na pilířích je 75 mm.

Beton pro pilíře: C35/45, XC4, XF3, XD2

Pylon P4

Železobetonový pylon tvaru písmene V je tvořen dvojicí stojek vetknutých do základového bloku. Odklon stojek od svislé roviny byl hledán tak, aby pro výchozí stav silové působení závěsů a vlastní tíhy stojek v nich nevytvářelo ohybové namáhání a stojky byly namáhány především tlakem. Odklon stojek od svislé roviny činí 7,536°.

Celková výška pylonu je 26,300 m, vrchol pylonu je 18,780 m nad mostovkou. Stojky pylonu jsou pod mostovkou spojeny železobetonovým předpjatým příčnickem. V horní části pylonu je zabetonován kotevní plech pro napojení závěsů. Stojky mají obdélníkový průřez 1250*785 v rozích zkosený 100/100 a 235/490, při vnějším líci stojek pylonu je půlkruhové vybrání o poloměru 150 mm. V horní části pylonu, kde je

kotevní plech závěsů, je na každé straně stojky vybrání 300*400 mm. Vybrání začíná 1930 mm od vrcholu pylonu a je dlouhé 5560 mm (měřeno v rovině stojek).

Stojky pylonu budou vyrobeny jako prefabrikáty mimo staveniště. Po jejich osazení za pomoci mobilního jeřábu do kalichů vytvořených v základovém bloku, bude stabilita stojek zajištěna dočasnou podpěrnou konstrukcí. Následně bude provedeno zmonolitnění mezi stojkami pylonu a základovým blokem. Dále bude mezi stojkami pod dolní hranou mostovky vybetonován příčník výšky 750 mm a šířky 1050 mm. Příčník bude následně předepnut čtveřicí předpínacích tyčí Ø32 mm. Na příčníku budou provedeny dva podložiskové bloky rozměrů 450*550 mm (menší rozměr je ve směru podélné osy mostu). Výška podložiskových bloků je 75 mm. Do podložiskových bloků bude pomocí kotevních trnů připojena kotevní deska pevných elastomerových ložisek.

V horní části stojek pylonu, kde je provedeno vybrání 300*400 jsou zabetonovány kotevní plechy pro napojení závěsů. Plech je z oceli S355, tl. 30 mm, výška plechu je 95 mm. Tyto plechy jsou od sebe osově ve svislém směru po 300 mm (v rovině stojky po 302,6 mm). Plechy procházejí skrze stojku, na okrajích vybrání ve stojce je na kotevní plechy kolmo přivařen plech tl. 15 mm, šířky 400 mm a délky na celé vybrání, tedy 5560 mm. K tomuto plechu jsou pro lepší spojení s pylonem přivařeny spřahovací trny. Na závěr po montáži všech závěsů bude vybrání ve stojkách překryto nerezovým plechem tl. 2 mm.

Beton pro pylon: C35/45, XC4, XF3, XD2

3.5.4 Vrchní stavba

Mostovka

Mostovka je tvořena v poli číslo 5 prefabrikovanými segmenty dvoutrámového průřezu délky 3,00 m a šířky 5,75 m, které jsou na koncích vyztuženy příčníky. Ve zbylých polích je mostovka monolitická plného průřezu. Po vybetonování monolitické mostovky na pevné skruži v polích 1, 2, 3 a 4 budou postupně zavěšovány segmenty v poli 5. Závěsy budou napínány symetricky z obou stran pylonu. Dále bude na pevné skruži dobetonováno pole 6 a nad segmenty bude vybetonována monolitická spřažená deska. Následně bude mostovka předepnuta 16 čtyřlannými plochými kabely, které budou tvořeny předpínací výtzuží bez soudržnosti. Celkem bude tedy použito $16 \cdot 4 = 64$ lan.

Monolitická část mostovky v polích 1, 2, 3, 4 a 6 je tvořena deskou, v příčném směru se střežovitým sklonem 2 %. Výška desky je při okrajích 315 mm a 360 mm v ose lávky. Na okrajích desky jsou trámy šířky 775 mm, které vytvářejí „římsu“ převyšující desku mostovky o 185 mm. Průchozí šířka mostovkové desky je 4200 mm, celková šířka je pak 5750 mm. Na koncích mostovky u opěr O1 a O2 bude v desce vytvořena kapsa šířky 140 mm a výšky 70 mm, ve které bude kotven dilatační závěr.

Jak bylo řečeno výše, segmenty v poli 5 mají dvoutrámový průřez. Krajiní trámy jsou vysoké 500 mm, šířka trámů je při horním povrchu 775 mm, při dolním 820 mm. Deska mezi trámy má tl. 80 mm. Na tuto desku bude po zavěšení segmentů nadbetonována spřažená monolitická deska se střežovitým sklonem 2 %. Tloušťka nadbetonované desky je při okrajích 85 mm a 130 mm v ose lávky. Na koncích segmentu bude v krajních trámech zabetonován ocelový prvek čtvercového průřezu 120*120 mm pro vzájemné dosednutí segmentů. Na tento ocelový prvek budou přivařeny čtyři šrouby vyčnívající nad horní povrch krajních trámů, pomocí kterých budou přišroubovány kotevní plechy závěsů k segmentům.

Beton pro mostovku a segmenty: C40/50, XC4, XF3

Závěsy

Závěsy jsou tvořeny tyčovými táhly systému MACALLOY S460. Na každou stranu pylonu je použito 16 závěsů. Celkem je tedy na zavěšení použito $2 \cdot 2 \cdot 16 = 64$ závěsů. Průměr závěsů je $\varnothing 34$ mm, po délce mostovky jsou závěsy kotveny po 3000 mm, ve stojkách pylonu ve svislém směru po 300 mm (v rovině stojky po 302,6 mm). K mostovce jsou závěsy kotveny přes styčnickové plechy do kotevních plechů, které jsou přišroubovány ke krajním trámům mostovky. V pylonu jsou závěsy kotveny do kotevních plechů tl. 30 mm, které jsou v pylonu zabetonovány. Připojení závěsů ke kotevním a styčnickovým plechům bude provedeno pomocí typizovaných koncovek systému MACALLOY. Závěsy budou napínány na požadované napětí pomocí napínáků, které budou součástí závěsů.

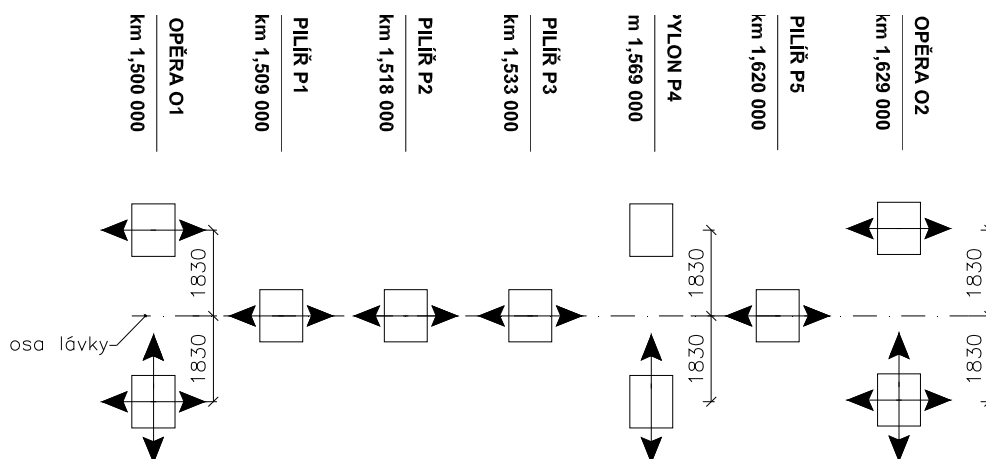
3.6 Příslušenství lávky

3.6.1 Ložiska

Celkově je na nosné konstrukci navrženo 8 elastomerových ložisek. Na krajních opěrách (O1 a O2) a na pylonu (P4) jsou vždy dvě ložiska. Na mezilehlých pilířích, které mostovku podepírají v její ose, je navrženo vždy jedno ložisko.

V podélném směru jsou pevná ložiska umístěna na pylonu. Tato ložiska na pylonu jsou nesena prostřednictvím příčnicku, který spojuje stojky pylonu. Ostatní ložiska jsou v podélném směru pohyblivá. Konstrukce tedy dilataje od pylonu směrem ke krajním opěrám.

V příčném směru jsou všechna ložiska na pilířích P1, P2, P3 a P5 pevná. Na krajních opěrách (O1 a O2) a na pylonu (P4), kde jsou umístěny dvě ložiska, je vždy levé ložisko po směru staničení v příčném směru pevné, pravé ložisko je vždy pohyblivé. Rozmístění ložisek je patrné z obr. 3.1



Obr. 3.1 – Rozmístění ložisek

Ložiska jsou umístěna na podložiskových blocích, tak aby byl zajištěn dostatečný prostor mezi N.K. a spodní stavbou pro kontrolu ložisek. Ložiska jsou do podložiskových bloků kotvena pomocí kotevní ocelové desky s kotevními trny.

S nosnou konstrukcí budou ložiska spojena také pomocí kotevní ocelové desky s kotevními trny.

Ložiska budou elastomerová (konkrétní typ dle výrobce). Elastomerová ložiska se skládají ze dvou částí – vyztužené elastomerové ložisko a systém plechů z ušlechtilé oceli / silikonové mazivo / PTFE folie. Dilatační posuny nosné konstrukce na krajních opěrách jsou uvažovány 70 mm.

3.6.2 Dilatační závěry

Na koncích mostovky jsou navrženy povrchové dilatační závěry BRTIFLEX BEJ 8. Tento typ dilatačního závěru umožňuje horizontální dilataci 80 mm a vertikální ± 15 mm. Dilatační závěry budou osazeny do kapes v nosné konstrukci (respektive v závěrné zdi). Šířka kapes je 140 mm, výška 70 mm. Po provázání kotev závěru s výztuží přečnávající z nosné konstrukce (respektive ze závěrné zdi) budou kapsy zality BRITIFLEX - polymerbetonem.

3.6.3 Izolace

Na horním pochozím povrchu mostovky bude provedena hydroizolační stěrka tl. 5 mm se zdrsňeným povrchem. Náležitou pozornost je zapotřebí věnovat důkladnému provedení hydroizolace v místě dilatačních závěrů a napojení na odvodňovače a odvodňovací trubičky.

Části spodní stavby, které jsou ve styku se zeminou, budou opatřeny hydroizolací proti zemní vlhkosti. Izolace bude tvořena 1*penetračním nátěrem a 2*asfaltovým nátěrem.

3.6.4 Odvodnění

Odvodnění je zajištěno podélným sklonem lávky a příčným střechovitým sklonem mostovky 2 % ke krajním „trámům“, odtud je odvodnění provedeno pomocí povrchových odvodňovačů, které jsou napojeny na PVC trubičky \varnothing 50 mm. Trubičky procházejí mostovkou a vyústíjí 100 mm pod její dolní povrch. Vzdálenost odvodňovačů je 9 m. Odvedení povrchové vody před a za dilatačními závěry je součástí řešení stezky pro pěší.

Odvodnění úložných prahů krajních opěr je provedeno spádováním horního povrchu úložného prahu 4 % směrem vně opěr.

Odvodnění přechodové oblasti za rubem opěr zajišťuje drenáž DN 150 položená na spádový podkladní beton pod drenážním žebrem. Drenáž je vyvedena přes křídla a vyústíje na svah.

3.6.5 Zábradlí

Na lávce je navrženo ocelové trubkové zábradlí výšky 1100 mm nad horní povrch krajních „trámů“. Pod horním trubkovým madlem je navržena výplň z tahokovu. Sloupky zábradlí, které jsou tvořeny z pásové oceli, budou přišroubované přes ocelový patní plech lepenými kotvami do krajních „trámů“ mostovky. Sloupky budou umístěny po vzdálenosti 1500 mm.

3.6.6 Úpravy pod lávkou

Pod vyústěním rubové drenáže opěr bude provedeno zpevnění lomovým kamenem do betonu C12/15 celkové tl. 300 mm

Všechna místa, která budou během výstavby lávky narušena, budou po dokončení prací na stavbě ohumusovány v tl. 150 mm a osety travním semenem.

3.6.7 Revizní přístupy

Zvláštní revizní přístupy nejsou navrženy. Ložiska krajních opěr jsou volně přístupná z přilehlého terénu kolem opěr. K ložiskům na pilířích a pylonu je možný přístup ze spodní strany pomocí žebříku.

3.6.8 Tabulky s letopočtem

Označení letopočtu výstavby bude provedeno na boku krajních opěr. Letopočet bude proveden otiskem do betonu, výška písma 150 mm.

3.6.9 Geodetické značky

Geodetické značky budou tvořeny ocelovými trny profilu 20 mm s půlkulatou hlavou. Značky budou umístěny na spodní i vrchní stavbu, rozmístění geodetických značek bude podrobněji specifikováno v dalším stupni projektové dokumentace.

3.7 Požadavky na použité materiály a činnosti při stavbě.

3.7.1 Beton

Pro jednotlivé konstrukční části lávky byly stanoveny třídy betonů a stupně vlivu prostředí dle ČSN EN 206 -1.

- | | |
|---|------------------------------|
| • nosná konstrukce (mostovka), segmenty | C40/50, XC4, XF3 |
| • opěry, křídla | C35/45, XC4, XF3, XD2 |
| • pylon, pilíře | C35/45, XC4, XF3, XD2 |
| • základy | C25/30, XC2, XA1 |
| • piloty | C25/30, XC2, XA1 |
| • podkladní beton | C8/10 |

3.7.2 Betonářská výztuž

Pro všechny konstrukční části mostu je navržena betonářská výztuž **B500B**.

Krycí vrstva betonu musí odpovídat danému stupni vlivu prostředí a je vždy uvedena na příslušném výkresu výztuže.

3.7.3 Předpínací výztuž

Jako předpínací výztuž mostovky jsou navržena předpínací lana **Y 1860 S7 - 16,0 – A**. Budou použity „monostrandy“ (tzn. předpínací výztuž bez soudržnosti) v plochých kabelových kanálcích z vysokohustotního polyetyleny (HDPE) PE 80 pro 4 lana. Rozměr kanálku je 80/20 mm.

Pro předepnutí příčníku budou použity předpínací závitové tyče **WR Ø32 mm**.

Při předpínání musí být dodržen přesný technologický postup dle technického předpisu konkrétního výrobce předpínací výztuže.

3.7.4 Závěsy

Jsou navrženy tyčové závěsy systému **MACALLOY S460**. Příslušné koncovky závěsů, napínáky a styčnickové plechy jsou rovněž typizované systému MACALLOY.

3.7.5 Konstrukční ocel

Pro kotevní plech závěsů v pylonu a pro plech pro napojení styčnickových plechů závěsů k mostovce je použita ocel **S 355**.

Na zábradlí bude použita ocel **S 235**.

3.7.6 Protikorozní úprava oceli

Všechny ocelové součásti mostu budou opatřeny protikorozní ochranou. Ocelové prvky budou metalizovány Zn+Al a dále opatřeny základním a vrchním syntetickým nátěrem.

S ohledem na možnost poškození metalizace nesmí být takto upravené ocelové součásti na stavbě dodatečně upravovány řezáním plamenem či dodatečným svařováním. Povrchová úprava ocelových součástí lávky musí odpovídat schváleným TKP.

Ocelové části, které nemohou být předem opatřeny ochranným protikorozním systémem (jedná se především o části, které budou upravovány na stavbě např. řezáním nebo svařováním) budou upraveny na stavbě dodatečným nátěrem.

3.7.7 Povrchová úprava betonových částí

Všechny pohledové betonové plochy musí být provedeny v pohledové kvalitě tak, aby nevyžadovaly uplatnění jakýchkoli ochranných uzavíracích nátěrů.

Zasypané části betonových konstrukcí ve styku se zemí budou opatřeny izolačním nátěrem:

- 1*Penetrační nátěr
- 2*Asfaltový nátěr

3.7.8 Přesnost vytyčení

Vytyčení lávky bude provedeno podrobnými body v souřadnicovém systému S-JTSK. Pro vytyčení bude použita platná a ověřená vytyčovací síť stavby. Mezní odchylky vytyčení musí odpovídat platným normám (ČSN 730420-1 a ČSN 730420-2).

Nadmožské výšky jsou uvedeny ve výškovém systému Balt po vyrovnání (Bpv.).

3.7.9 Přesnost provádění

Technologie provádění nevyžaduje žádné netradiční postupy ani speciální mechanizaci. Celá konstrukce bude provedena dle platných nebo doporučených technických norem a předpisů. Podrobnější detaily provádění budou specifikovány v dalším stupni projektové dokumentace.

3.8 Výstavba lávky

3.8.1 Postup a technologie stavby lávky

Navržený postup a technologie stavby lávky jsou běžně používány pro obdobné konstrukce. Vzhledem k relativní technické a technologické nenáročnosti betonáže na pevné skruži, byl tento postup výstavby uplatněn při stavbě lávky v co nejvyšší míře. Avšak v poli 5, kde je pod lávkou rychlostní komunikace, bylo hlavní snahou minimalizovat omezení provozu na této komunikaci, a proto byla zvolena technologie sestavení pole č. 5 z prefabrikovaných segmentů.

Stavební postup:

- vykácení stromů, popř. keřů, které jsou v kolizi se stavbou lávky
- zbudování přístupových ploch ke staveništi a zařízení staveniště
- provedení výkopových prací a zřízení pilotážích plošin
- vyvrtání a betonáž pilot
- zřízení podkladního betonu pod základy
- vybetonování základů, a betonáž krajních opěr a mezilehlých pilířů
- osazení pylonu do projektované polohy pomocí mobilního jeřábu a zajištění jeho stability pomocí dočasné podpěrné konstrukce a následné zmonolitnění se základovým blokem
- vybetonování příčnicku mezi pylony
- montáž pevné skruže mostovky v polích 1, 2, 3 a 4
- předepnutí příčnicku předpínacími tyčemi
- vyvázání betonářské výztuže, osazení kabelových kanálků a betonáž mostovky na pevné skruži v polích 1, 2, 3 a 4
- postupné zavěšování prefabrikovaných segmentů v poli 5 na závěsy za pomoci mobilního jeřábu, závěsy budou napínány symetricky z obou stran pylonu
- montáž pevné skruže mostovky v poli 6, vyvázání betonářské výztuže, osazení kabelových kanálků a betonáž pole 6
- betonáž spřažené desky nad prefabrikovanými segmenty v poli 5
- následně bude mostovka předepnuta na požadované napětí, předepnutí bude provedeno z obou stran lávky
- provede se rektifikace a dopnutí závěsů
- po předepnutí mostovky a dopnutí závěsů dojde k odskružení mostovky
- dále bude provedena demontáž dočasné podpěrné konstrukce pylonu
- osazení zábradlí, provedení hydroizolace mostovky
- ostatní dokončovací práce (nátěry ...), terénní úpravy
- uvedení lávky do provozu

3.8.2 Geodetické sledování

Budou sledovány vertikální a horizontální posuny konstrukce na nivelačních značkách, které budou osazeny do spodní i vrchní stavby. Podrobnější specifikace geodetického sledování bude upřesněna v dalším stupni projektové dokumentace.

3.8.3 Prohlídky lávky

Prohlídky lávky je zapotřebí provádět v souladu s platnými technickými normami a předpisy. Prohlídky lávky je povinen zabezpečit správce lávky minimálně jedenkrát ročně. První hlavní prohlídku nové lávky je povinen zabezpečit investor, tato prohlídka je nutnou podmínkou pro uvedení lávky do provozu.

Prohlídka zahrnuje zejména sledování spodní a vrchní stavby (sedání, dodržení krycích vrstev, trhliny atd.), závěsů a povrchu lávky.

3.8.4 Údržba lávky

Údržbu a opravy lávky je povinen zabezpečit správce lávky. Údržba se musí provádět v pravidelných intervalech, tak aby nedocházelo k nadměrnému opotřebení a zhoršování stavu lávky. Účelem údržby je zachovávat lávku v řádném technickém stavu za všech běžných povětrnostních a dopravních podmínek. Při údržbě je důležité zejména čištění povrchu konstrukce od hrubých nečistot a uchycené vegetace. Provozovatel je také povinen zajistit dozor a popřípadě provést opatření, která chrání lávku před poškozením. Pokud dojde k poškození nebo opotřebení některých částí konstrukce, je provozovatel povinen učinit nutné úpravy vedoucí k odstranění tohoto poškození nebo opotřebení a tím k uvedení lávky do řádného technického stavu.

Při údržbě a případné opravě konstrukce nesmí bez vědomí projektanta dojít ke zvyšování hmotnosti konstrukce a k umístění jakýchkoliv zařízení na konstrukci, která by zvyšovala její zatížení.

Při údržbě lávky je také nutné sledovat stav závěsů a případně provádět jejich rektifikaci (dopnutí), tak aby nedocházelo k nadměrným průhybům mostovky.

3.9 Zatěžovací zkouška

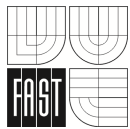
Po dokončení stavby lávky a po provedení hlavní prohlídky bude provedena statická a dynamická zatěžovací zkouška. Průběh zkoušky bude upřesněn v rámci dalšího stupně projektové dokumentace.

3.10 Omezení provozu

Návrh technologie a stavebního postupu byl volen s ohledem na minimalizaci omezení provozu na rychlostní komunikaci pod lávkou v průběhu její výstavby. K omezení provozu dojde především při montáži pylonu a při montáži prefabrikovaných segmentů v poli 5. Jinak by během výstavby lávky nemělo docházet k významnějšímu omezení provozu.

3.11 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

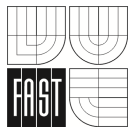
Při stavbě je nutné pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci, požární ochranu a hygienu práce průběžně dodržovat všechna příslušná zákonná ustanovení, předpisy, závazné normy a předepsané pracovní postupy.



3.12 Vliv stavby na životní prostředí

Během stavebních prací spojených s výstavbou lávky musí být použita mechanizace v takovém stavu, aby bylo zabráněno úniku pohonných hmot, hydraulických olejů a dalších náplní použitých mechanizačních prostředků. V případě úniku ropných látek musí být ihned přerušena stavební činnost na staveništi mostu a zahájeny práce spojené s jejich bezpečnou likvidací.

Samotná stavba lávky a použité materiály nijak negativně neovlivní životní prostředí v okolí lávky.



4. Závěr

Dle zadaných podkladů byly navrženy tři varianty řešení přemostění. Pro další podrobné zpracování byla vybrána varianta zavěšené konstrukce na pylonu.

Konstrukce lávky byla řešena jako prostorová prutová konstrukce v programu ANSYS. Řešení bylo provedeno nelineárně (respektování geometrické nelinearity). Byl proveden návrh a posouzení pylonu, mostovky a závěsů. Předpětí mostovky je navrženo jako omezené, tedy v mostovce vznikají tahová napětí, ale nepřekračují pevnost betonu v tahu.

V příčném směru byla provedena analýza segmentu mostovky v hlavním zavěšeném poli pomocí programu Scia Engineer jako obecné deskostěnové konstrukce.

Posouzení konstrukce bylo provedeno dle teorie mezních stavů v souladu s ČSN 1992 - 1 - 1 a ČSN 1992 - 2 (podrobněji viz kapitola 2.4).

Dále bylo také řešeno dynamické namáhání konstrukce. Byla provedena modální analýza, kde byly v programu ANSYS vypočteny vlastní tvary a frekvence. Následně byla posouzena harmonická odezva konstrukce pomocí srovnání dosažených zrychlení konstrukce s limitní hodnotou.

Statický výpočet byl pro účely diplomové práce zjednodušen. Ostatní vedlejší zatížení (rozjezdové a brzděné síly, nerovnoměrná změna teploty, ...) byly zanedbány. Spodní stavba (opěry, pilíře, založení) byla v daném rozsahu diplomové práce řešena dle konstrukčních zásad.

V Brně dne 11.1.2013

.....
Petr Páleník

5. Použité normy a literatura

1. ČSN EN 1990 *Zásady navrhování konstrukcí*
2. ČSN EN 1990/A1 *Zásady navrhování - A2 Příloha pro mosty*
3. ČSN EN 1991 - 1 - 4 *Zatížení konstrukcí - Zatížení větrem*
4. ČSN EN 1991 - 1 - 5 *Zatížení konstrukcí - Zatížení teplotou*
5. ČSN EN 1991 - 2 *Zatížení mostů dopravou*
6. ČSN EN 1992 - 1 - 1 *Navrhování betonových konstrukcí - Obecná pravidla pro pozemní stavby*
7. ČSN EN 1992 - 2 *Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady*
8. ČSN 73 6201 *Projektování a prostorové uspořádání mostních objektů*
9. Navrátil, J.: *Předpjaté betonové konstrukce*. CERM, s.r.o. Brno, 2008.
10. Stráský, J.: *Stress ribbon and cable-supported pedestrian bridges*. Thomas Telford Publishing, London, 2005.
11. Stráský, J., Nečas, R., Klusáček, L., Panáček, J.: *Betonové mosty I*. VUT, Brno, 2006.
12. Panáček, J.: *Prvky betonových konstrukcí – Modul CM2*, CERM, s.r.o. Brno, 2005.
13. Procházka, J. a kol.: *Navrhování betonových konstrukcí I*. ČSB Servis, s.r.o., Praha 2007.

Další použité zdroje:

internetové stránky firmy VSL < <http://www.vsl.cz> >

internetové stránky firmy FREYSSINET CS < <http://www.freyssinet.cz> >

internetové stránky firmy MACALLOY < www.tension.cz >

internetové stránky firmy SHP < www.shp.eu >

Použitý software:

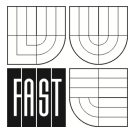
ANSYS, verze 13.0

Scia Engineer, verze 2008

IDEA Beton, verze 3.1.12

AutoCAD 2009

MS Office 2007



6. Seznam příloh:

P1. Použité podklady a varianty řešení

P1.01 Podklady – podélný řez, situace

P1.02 Studie lávky – Varianta I

P1.03 Studie lávky – Varianta II

P1.02 Studie lávky – Varianta III

P2. Výkresy

P2.01 Půdorys lávky

P2.02 Podélný řez lávkou

P2.03 Příčné řezy

P2.04 Výkres tvaru segmentu

P2.05 Výkres výztuže segmentu

P2.06 Schéma výztuže spřažené desky

P2.07 Výkres předpínací výztuže

P2.08 Výkres výztuže pylonu

P2.09 Výkres kotevního plechu závěsů

P3. Stavební postup a vizualizace

P3.01 Stavební postup

P3.02 Vizualizace

P4. Statický výpočet

P4.01 Statický výpočet

P4.02 Popis výpočetního modelu konstrukce a výstupy z modelu