



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

## MOST PŘES ŘEKU JEVIŠOVKU

BRIDGE OVER THE JEVIŠOVKA RIVER

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Luboš Čípek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

BRNO 2019





# 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

|                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| Student         | Bc. Luboš Čípek          |
| Název           | Most přes řeku Jevišovku |
| Vedoucí práce   | Ing. Josef Panáček       |
| Datum zadání    | 31. 3. 2018              |
| Datum odevzdání | 11. 1. 2019              |

V Brně dne 31. 3. 2018

---

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

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry.

Základní normy:

ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.

ČSN 73 6214 Navrhování betonových mostních konstrukcí.

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou.

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

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

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

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

Podrobný statický výpočet nosné konstrukce vybrané studie mostu provedte podle mezních stavů. Upřednostněte řešení bez postupné výstavby, tj. na pevné skruži.

Most můžete oproti podkladům prodloužit na úkor násypu. Směrové řešení a šikmost převáděné silnice zachovejte, její niveletu můžete upravit.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a studie 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 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).

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce je zaměřena na návrh a posouzení nosné konstrukce mostu přes řeku Jevišovku na silnici I/53 u Lechovic. Most byl řešen jako deskový s lichoběžníkovým průřezem. Řešení bylo vybráno ze tří variant navržených v rámci studie.

Součástí práce je technická zpráva mostu, postup výstavby a průvodní zpráva statickým výpočtem, přílohy tvoří studie, vizualizace, výkresová dokumentace, detaily, stavební postup a statický výpočet konstrukce.

Výpočet vnitřních sil v konstrukci byl proveden v programu Scia Engineer 17.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

deskový most, předpětí, lichoběžníková deska, deskový model, zatížení, dimenzování, protlačení, omezení napětí, mezní stav únosnosti, betonářská výztuž

## **ABSTRACT**

This thesis focuses on design and assessment of load-bearing construction of a bridge over Jevišovka river at road I/53 near Lechovice. The bridge was designed as a trapezoidal cross-section slab. This solution was chosen from three sketch eventualities.

The work includes an implementing engineering report, construction process report and report about static-analysis, the attachments include the sketch, vizualization, drawings, component drawing, construction process and the static-analysis of this structure.

Computing of internal forces was performed by computational software Scia Engineer 17.

## **KEYWORDS**

Slab-bridge, pre-tension, trapezoidal cross-section slab, slab computational model, design procedures, punching, ultimate and serviceability limit state, reinforcement

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Luboš Čípek *Most přes řeku Jevišovku*. Brno, 2019. 43 s., 190 s. příl. Diplomová práce.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí.

Vedoucí práce Ing. Josef Panáček

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Most přes řeku Jevišovku* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2019

---

Bc. Luboš Čípek  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Most přes řeku Jevišovku* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2019

---

Bc. Luboš Čípek  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji vedoucímu této diplomové práce, panu Ing. Josefu Panáčkovi za čas a snahu, které mi věnoval při konzultování práce, ochotně vše potřebné vysvětloval a udržoval správné směřování činností. Děkuji také své rodině a přátelům za veškerou podporu při studiu.

## Obsah

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 1. ÚVOD.....                                           | 10 |
| 2. TECHNICKÁ ZPRÁVA.....                               | 11 |
| 2.1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE.....                              | 11 |
| 2.1.1. Identifikační údaje mostu.....                  | 11 |
| 2.1.2. Základní údaje o mostě podle ČSN 736200.....    | 12 |
| 2.2. Most a jeho umístění.....                         | 13 |
| 2.2.1. Charakter překážky a převáděné komunikace.....  | 13 |
| 2.2.2. Územní podmínky.....                            | 13 |
| 2.2.3. Geologické podmínky.....                        | 13 |
| 2.2.4. Inženýrské sítě v obvodu staveniště.....        | 15 |
| 2.3. Technické řešení mostu a postup výstavby.....     | 15 |
| 2.3.1. Popis konstrukce mostu.....                     | 15 |
| 2.3.2. Založení mostu.....                             | 15 |
| 2.3.3. Spodní stavba.....                              | 15 |
| 2.3.4. Nosná konstrukce.....                           | 16 |
| 2.3.5. Nadvýšení NK.....                               | 17 |
| 2.3.6. Vybavení mostu.....                             | 17 |
| 2.4. Požadavky na materiály a činnosti při stavbě..... | 22 |
| 2.4.1. Betony.....                                     | 22 |
| 2.4.2. Betonářská výztuž.....                          | 22 |
| 2.4.3. Předpínací výztuž.....                          | 22 |
| 2.5. Zkoušky a sledování mostu.....                    | 22 |
| 2.5.1. Zatěžovací zkouška.....                         | 22 |
| 3. Výstavba mostu.....                                 | 23 |
| 3.1. STAVEBNÍ POSTUP.....                              | 23 |
| 3.2. ČASOVÝ HARMONOGRAM VÝSTAVBY.....                  | 24 |
| 4. PRŮVODNÍ ZPRÁVA STATICKÝM VÝPOČTEM.....             | 25 |
| 4.1. ÚVOD.....                                         | 25 |
| 4.2. materiálové charakteristiky.....                  | 25 |
| 4.2.1. Beton.....                                      | 25 |
| 4.2.2. Ocel.....                                       | 25 |
| 4.2.3. Předpínací výztuž.....                          | 25 |

|         |                                                 |    |
|---------|-------------------------------------------------|----|
| 4.3.    | ZATÍŽENÍ .....                                  | 25 |
| 4.3.1.  | STÁLÉ ZATÍŽENÍ .....                            | 25 |
| 4.3.2.  | PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ.....                          | 26 |
| 4.4.    | Statický model .....                            | 27 |
| 4.4.1.  | Prutový .....                                   | 27 |
| 4.4.2.  | Vnitřní síly – prutový model .....              | 27 |
| 4.5.    | předpětí.....                                   | 28 |
| 4.5.1.  | Charakteristiky předpínací výztuže .....        | 28 |
| 4.5.2.  | Návrh trasování kabelů.....                     | 28 |
| 4.5.3.  | Ztráty napětí v kabelech .....                  | 28 |
| 4.6.    | STATICKÝ MODEL – DESKOVÝ.....                   | 29 |
| 4.7.    | Vnitřní síly – deskový model .....              | 30 |
| 4.8.    | Kombinace zatížení.....                         | 30 |
| 4.9.    | Omezení napětí – mezní stav použitelnosti ..... | 31 |
| 4.10.   | mezní stav únosnosti.....                       | 32 |
| 4.10.1. | Podélný ohyb.....                               | 32 |
| 4.10.2. | Příčný ohyb .....                               | 32 |
| 4.10.3. | Protlačení v oblasti ložiska .....              | 33 |
| 4.11.   | soustředěné namáhání .....                      | 33 |
| 5.      | závěr .....                                     | 35 |
|         | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....                   | 36 |
|         | Seznam použitých norem:.....                    | 36 |
|         | Seznam ostatní literatury: .....                | 36 |
|         | Výkresové podklady: .....                       | 36 |
|         | Použitý software: .....                         | 36 |
|         | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ .....                  | 37 |
|         | SEZNAM PŘÍLOH .....                             | 41 |

# 1. ÚVOD

Cílem práce je návrh spojitého deskového mostu z předpjatého betonu, obsahující podrobný statický výpočet nosné konstrukce, přehledné a podrobné výkresy, stavební postup a vizualizaci. Jedná se o konstrukci mostu, která je součástí obchvatu Lechovic, na silnici I/53. Práce je zaměřena na návrh nosné konstrukce mostu, základovým poměrům a posuzování spodní stavby byla věnována pozornost pouze minimální. Posuzovaná varianta byla vybrána na základě vypracování tří studií možného řešení, kdy byl v rámci studie zjednodušeně, předběžně navržen deskový jednotrám, lichoběžníková deska a konstrukce z prefabrikátů. Vybrána byla varianta lichoběžníkové desky z důvodu její běžnosti v praxi. Byly uvažovány šířkové poměry na mostě, výškové poměry podélného řezu, geologické poměry, koncepce odvodnění, úprav pod mostem a mostu jako spojitě desky z předpjatého betonu, jak tomu bylo v podkladech pro řešení.

## 2. TECHNICKÁ ZPRÁVA

### 2.1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE

Technické údaje v technické zprávě týkající se základových poměrů, založení, spodní stavby a mostního příslušenství, tvořící podklady k vypracování, jsou z citovány z technické zprávy popisující most, použitý pro podklady k řešení [7].

#### 2.1.1. Identifikační údaje mostu

|                                           |                                                |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Stavba:                                   | I/53 Lechovice – obchvat                       |
| Název mostu:                              | Most na silnici I/53 v km 1,492 přes Jevišovku |
| Katastrální území:                        | Lechovice                                      |
| Kraj:                                     | Jihomoravský                                   |
| Pozemní komunikace:                       | silnice I/53, kategorie S11.5/80               |
| Bod křížení:                              | řeka Jevišovka                                 |
|                                           | $Y = 629\,803,807$                             |
|                                           | $X = 1\,193\,623,563$                          |
| Staničení sil. I/53 v ose koryta          | km 1.517 739                                   |
| Staničení koryta Jevišovky v ose sil I/53 | km 21.308                                      |
| Úhel křížení s I/53                       | $\alpha = 82.381^\circ$                        |
| Volná výška pod mostem                    | pole 1 - 4.2m                                  |
|                                           | pole 2 - 4.2m                                  |
|                                           | pole 3 - 2.8m                                  |
|                                           | pole 4 - 3.3m                                  |
|                                           | pole 5 - 5.2 m                                 |

### 2.1.2. Základní údaje o mostě podle ČSN 736200

|                               |                                          |
|-------------------------------|------------------------------------------|
| Délka přemostění:             | 103.370 m                                |
| Délka mostu:                  | 115.100 m                                |
| Délka nosné konstrukce:       | 107.450 m                                |
| Rozpětí polí:                 | 18.0 + 23.0 + 24.5 + 23.0 + 18.0 m       |
| Šikmost mostu:                | pravá                                    |
| Úhel šikmosti                 | 78.3 – 82.6 <sup>g</sup>                 |
| Volná šířka mostu:            | 11.50 m                                  |
| Šířka mezi zvýšenými obrubami | 11.50 m                                  |
| Šířka mostu:                  | 13.10 m                                  |
| Výška mostu:                  | 8.70 m (nad dnem koryta)                 |
| Stavební výška:               | 1.13 m                                   |
| Plocha mostu:                 | $107.45 \times 13.10 = 1408 \text{ m}^2$ |

*Poznámka: Plocha mostu je určena jako součin délky nosné konstrukce a šířky mostu.*

|                 |                                                     |
|-----------------|-----------------------------------------------------|
| Zatížení mostu: | návrhové zatížení dle ČSN EN 1991                   |
|                 | skupina pozemních komunikací 1 dle ČSN EN 1991-2/Z3 |
|                 | LM3 – 1800/200 – jediné vozidlo na mostě            |

## 2.2. MOST A JEHO UMÍSTĚNÍ

### 2.2.1. Charakter překážky a převáděné komunikace

Překračovanou překážkou je koryto řeky Jevišovky a polní cesta podél Jevišovky.

Převáděná sil I/53 kategorie S 11.5/80 je na mostě vedena ve směrovém levotočivém oblouku o poloměru  $r = 1\,500\text{ m}$  a na začátku údolnicového zakružovacího oblouku o poloměru  $68\,280.69\text{ m}$ . V příčném směru má vozovka jednostranný sklon 2.5 %.

Šířkové uspořádání vozovky na mostě:

|                          |            |          |
|--------------------------|------------|----------|
| jízdní pruhy             | 2 x 3.50 m | = 7.00 m |
| vodící proužky           | 2 x 0.25 m | = 0.50 m |
| zpevněná krajnice        | 2 x 1.50 m | = 3.00 m |
| odvodňovací proužky      | 2 x 0.50 m | = 1.00 m |
| římsy                    | 2 x 0.80 m | = 1.60 m |
| celková šířka konstrukce |            | 13.10 m  |

Veřejné chodníky není nutné na mostě zřizovat, protože se zde nepředpokládá běžný pohyb chodců, (dle čl. 6.2.4.1 ČSN 73 6201/2008). V podkladech bylo od vytvoření nouzových chodníků upuštěno na základě vyjádření investora, protože má komunikace oboustranné krajnice š. 1,50 m, (dle čl. 6.2.5.1 ČSN 73 6201) a pro nouzový pohyb osob lze využít tuto šířku komunikace.

### 2.2.2. Územní podmínky

Most se nachází v k. ú. Lechovice. Je situován v extravilánu, na obchvatu Lechovic, povrch terénu je rovinatý. Silnice I/53 je v oblasti vedena v násypu výšky cca 8.0 m. Řeka Jevišovka je v místě přemostění ohrazena ochrannými protipovodňovými hrázemi.

### 2.2.3. Geologické podmínky

Regionálně přísluší lokalita do geologického celku jihomoravské části karpatské předhlubně, vyplněné neogenními sedimenty helvetského stáří. Tyto neogenní sedimenty jsou překryty sedimenty kvartérního pokryvu.

Most je z hlediska geologických podmínek situován v Jevišovské nivě, která je tvořena rozsáhlou rovinou podél řeky Jevišovky. Podle typologického členění jde o rovinu akumulární povahy kvarterních struktur nižších fluvialních teras a údolních niv.

Předkvartérní podloží je budováno neogenními sedimenty oligohalinní až sladkovodní facie helvetu. V zájmovém území je tato série vyvinuta v rhezakiových vrstvách, překrývajících bazální jíly.

Rhezakiové vrstvy se vyvinuly bez přerušení sedimentace z podložních vrstev. Litologicky jde o žlutošedé, často nazelenalé, jemnozrnné, jemně slídnaté, někdy slabě jílovité, silně ulehle písky. Místy jsou diagonálně zvrstvené. Vyznačují se různými typy křížového šikmého a často gradačního zvrstvení. Zpevnělé plochy mají charakter tenkých lavic pískovců s vápnitým tmelem.

Jíly tvoří bázi rhezakiových vrstev. Jsou svrchu hnědošedé, šedé, rezivě smouhované či skvrnité. Směrem do hloubky přecházejí do monotónních odstínů šedé barvy. Jsou jemně slídnaté, proměnlivě prachovité, lupenitě rozpadavé.

Kvartérní pokryv je tvořen souvislou vrstvou sprašoidních sedimentů eolitického až eolitickodeluviálního původu. Ty jsou zastoupeny návějemi a závějemi často přetransportovaných sprašových hlín, méně spraší. V údolní nivě byly ověřeny sedimenty nejmladší říční terasy, prezentované náplavovými hlínami na bázi s obsahem štěrkové příměsi. Na bázi sprašoidních sedimentů je kvartérní pokryv tvořen relikty vyšší terasy – hlinitým pískem se slabou štěrkovou příměsí.

V prostoru budoucího mostního objektu byla v rámci doplňkového inženýrsko-geologického průzkumu provedena vrtaná sonda JV114.

Základové poměry jsou dle ČSN 731001 vzhledem k nepravidelné mocnosti jednotlivých vrstev a přítomnosti podzemní vody složité. Objekt je dle téže normy konstrukce náročná. Návrh založení bude proveden dle zásad 3. geotechnické kategorie. Vzhledem ke geologickým poměrům a hladině podzemní vody se doporučuje založení hlubinné na pilotách ukončených v terciérních písčitých jílech.

Svrchní souvrství údolní nivy řeky Jevišovky tvoří povodňové sedimenty slabě až nepatrně propustné. Při dostatečné mocnosti vytváří velmi účinnou krycí vrstvu (stropní izolátor), která zabraňuje pronikání znečištěné vody povrchové vody (srážkové) do zvodnělých sedimentů (štěrkopísků) hydrologického kolektoru. To odpovídá údajům doplňkového

IGP. který ukazuje na vysokou napjatost hladiny spodní vody, kdy rozdíl mezi naraženou a ustálenou hladinou spodní vody je až 3 m.

#### **2.2.4. Inženýrské sítě v obvodu staveniště**

Inženýrské sítě v prostoru mostu nebyly pro účely diplomové práce uvažovány. Jinak by bylo nutno jejich přítomnost řešit přeložkami.

### **2.3. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU A POSTUP VÝSTAVBY**

#### **2.3.1. Popis konstrukce mostu**

Objekt je navržen jako spojitá monolitická deska lichoběžníkového průřezu o pěti polích s rozpětím jednotlivých polí 18.0 + 23.0 + 24.5 + 23.0 + 18.0 m. Konstrukční výška nosné konstrukce je 1.0 m. Mezilehlé podpory jsou tvořeny dvojicí sloupů polygonálního průřezu na základových pasech nesených vrtanými pilotami.

#### **2.3.2. Založení mostu**

Z výsledků IG průzkumu vyplývá, že kvartérní pokryv mocnosti cca 7.5 m je tvořen sprašemi, jíly a jílovitými hlínami převážně tuhé konsistence a písčitým štěrkem. Na bázi neogénu se nachází zvodnělé písky a písčité štěrky proměnné mocnosti. Podloží budované neogenními jíly se nachází v hloubce cca 7.5 m.

Bezpečné založení vyžaduje z hlediska celkového sedání spodní stavby hlubinné zakládání. Předpokládá se založení na vrtaných velkopřůměrových pilotách  $\phi$  900 mm ukončených v neogénu. Pod každou opěrou 1 a 6 bude 7 ks vrtaných pilot dl. 15.0 m. Vnitřní pilíře č. 2, 3, 4 a 5 budou podporovány 10-ti kusy pilot délky 13.0 m.

Založení mostu nebylo v této práci řešeno.

#### **2.3.3. Spodní stavba**

Krajní opěry jsou navrženy jako masivní se zavěšenými rovnoběžnými křídly. Zavěšená rovnoběžná křídla mají lichoběžníkový tvar s ohledem na minimalizaci jejich objemu (spodní šikmý líc je cca 0.75 m pod povrchem svahových kuželů násypu. V přechodové oblasti za opěrami jsou přechodové desky délky 6.00 m tloušťky 0.30 m s podkladním přechodovým klínem z nesoudržného materiálu dle ČSN 73 6244. Na dřívku opěr jsou úložné prahy s horním povrchem v příčném sklonu dle spodního líce nosné konstrukce. Na úložných prazích budou nálitky pro uložení mostních ložisek z betonu C35/45–XF4.

Nálitky jsou natočeny ve směru dilatace mostu, tedy šikmo k líci opěry. Základy opěr jsou z betonu C25/30–XF1, ostatní části pak z betonu C30/37–XF4.

Střední pilíře jsou tvořeny dvěma sloupy polygonálního průřezu o rozměrech 1.20 x 2.10 m ze železobetonu C30/37–XF4, vetknutými do společného základového pásu z betonu C25/30–XF1. Sloupové stojky pilířů jsou vetknuty do základů. Všechny podpěry vynášejí nosnou konstrukci mostu prostřednictvím hrncových mostních ložisek, umožňujících dilataci. Pevná ložiska v podélném směru mostu jsou na podpěře 3, na obou koncích mostu jsou osazeny mostní závěry s příslušnou kapacitou.

Všechny povrchy betonu, které budou ve styku se zeminou, budou opatřeny nátěrovou izolací proti zemní vlhkosti 1 x Alp + 2 x Na a chráněny geotextilií.

#### **2.3.4. Nosná konstrukce**

Nosnou konstrukci tvoří spojitá monolitická, předpjatá deska lichoběžníkového průřezu o pěti polích, s rozpětím polí 18.00 + 23.00 + 24.50 + 23.00 + 18.00 m. Konstrukční výška nosné konstrukce je 1.00 m. Nosná konstrukce je při obou okrajích zkosena v šířce 3.5 m z výšky 1.0 m na výšku 300 mm na okrajích. Most je šikmý, deska bude betonována v jednostranném dostředném sklonu 2.5 %. Půdorysný tvar odpovídá poloměru levotočivého směrového oblouku v ose nivelety 1 500 m. Na levé straně bude zřízen protispád horního povrchu šířky 0.65 m. Pod následnou hydroizolací mostovky se nepředpokládá další spádová vrstva na povrchu nosné konstrukce a proto musí výsledný povrch nosné konstrukce splňovat požadavky pro položení hydroizolace s pečticí vrstvou bez jakýchkoliv dodatečných úprav.

Předpětí nosné konstrukce bude zajištěno 10 ks 15-lanových soudržných kabelů z předpínacích lan Y1860S7-15.7 dle prEN 10138. Kabely budou v příčném směru NK rozmístěny v osových vzdálenostech po cca 0.62 m. Pro vytvoření kabelových drah se předpokládá použití plastových trubek z vysokohodnotného polyethylenu. Dráhy budou pouze jednoho typu, průběžné, s ohledem na celkovou délku budou předpínány oboustranně.

Kotevní napětí  $\sigma = 1476$  MPa se před zakotvením podrží 5 minut. Předpínání je možné zahájit po dosažení pevnosti betonu nosné konstrukce 32 MPa, avšak nejdříve po 7-mi dnech od vybetonování. Ověření pevnosti betonu se provede na kostkách a také

nedestruktivní zkouškou na čele NK. Všechny kabely budou odvzdušněny v oblasti nejvyšších míst. Kabelové kanálky se zainjektují ihned, nejpozději do 14-ti dnů od předepnutí nosné konstrukce. Injektáž bude probíhat z nejnižších míst kabelů.

Beton nosné konstrukce je C30/37 – XF2. Všechny ostré hrany nosné konstrukce budou zkoseny vložením lišty 15/15 mm do bednění.

Pro zakotvení povrchových dilatačních závěrů budou na obou koncích nosné konstrukce vytvořeny kapsy s vyčnívající betonářskou výztuží.

Betonáž NK se předpokládá na pevné skruži v jednom zátahu.

### **2.3.5. Nadvýšení NK**

Konstrukci není nutno výrobně nadvýšit z hlediska dlouhodobých průhybů od stálého zatížení s předpětím.

### **2.3.6. Vybavení mostu**

#### **2.3.6.1. Ložiska**

Mostní konstrukce bude s ohledem na uspořádání spodní stavby a její uložení na pilířích pomocí ložisek dilatovat na obě strany mostu. Na obou opěrách a všech podpěrách vyjma podpěru 3 je nosná konstrukce osazena vždy na 1 ks hrncových všesměrných ložisek a 1 ks jednosměrně pohyblivých ložisek. Na podpěře 3 je navrženo pevné ložisko a ložisko pohyblivé kolmo na osu mostu.

Všechna ložiska jsou navržena na návrhové zatížení 8000 kN.

S ohledem na délku nosné konstrukce a na uspořádání spodní stavby musí ložiska umožnit výškovou rektifikaci. Provedení výškové rektifikace se předpokládá těsně před osazením dilatačních závěrů. O případné výškové rektifikaci se rozhodne na základě měření poklesů NK. Ložiska budou z výroby osazena ocelovou deskou tl. 20mm pro případné snížení nosné konstrukce nad opěrami pomocí odebrání desky.

Ložiska budou na podkladní bloky uloženy do vrstvy polymerního betonu tl. 20 mm. Všechna ložiska budou kotvená. Konstruktivní řešení ložisek musí zajistit jejich výměnu bez bourání nosné konstrukce a spodní stavby.

### **2.3.6.2. Mostní závěry**

Na obou opěrách budou instalovány povrchové mostní závěry s jednoduchým těsněním spáry druh 4 dle TP86, pro které je nutný výpočet osazovacích parametrů a kapacit závěrů, který není součástí řešení této práce.

Mostní závěry jsou půdorysně přímé a výškově lomené, takže svým tvarem sledují příčné sklony vozovky a říms. Na obou stranách mostu jsou protažené na celou výšku svislé plochy říms.

### **2.3.6.3. Odvodnění mostu**

Drenážní vrstvu na rubu opěr tvoří geotextílie 600 g/m<sup>2</sup>. Tato tvoří zároveň ochranu izolačního nátěru. Prostor za opěrami je odvodněn podélnou drenáží  $\phi$  160 mm. Drenáž je vyústěna před líc opěr. Podélný sklon drenáže 3 % je vytvořen podkladním blokem z betonu C8/10.

Izolační vrstvy mostovky jsou odvodněny drenážním plastbetonem uloženým u římsy vlevo i vpravo na vyšší straně dle požadavku VL4 406.12 10 02. Drenážní plastbeton je navržen i u mostního závěru na OP1. Voda z těchto prvků je odvedena pomocí odvodňovacích trubiček a odvodňovačů.

Odvodnění mostu bude realizováno odvodňovači 500x500 mm (5 ks) v osově vzdálenosti max. 23.5 m. Odvodňovače jsou vyústěny přímo do dopadišť pod mostem, kromě odvodňovače u pilíře 2, kde je voda svedena pomocí potrubí HD-PE DN200 k odvodňovači u opěry 1 a dále do dopadiště pod mostem u OP1. Voda z dopadišť je svedena buď přímo do koryta řeky Jevišovky, nebo pomocí žlabů do příkopu podél silnice, nebo rozlivných ploch v okolí mostu.

Voda před a za mostem je svedená pomocí skluzů do vývaříšť a dále pomocí žlabů do příkopu nebo pomocí rozlivné plochy do okolního terénu.

#### 2.3.6.4. Vozovka a izolace

Na mostě je navržena vozovka tloušťky 130 mm, včetně izolace, ve složení:

- Asfaltový koberec mastixový mod. SMA 11 S 40 mm ČSN EN 13108-5  
ČSN 73 6121
- Spoj. postřik kat.emulzí mod. PS-EP 0.35 kg/m<sup>2</sup> ČSN 73 6129
- Asfaltový beton hrubozrnný mod. ACL 16 S - 50 mm ČSN EN 13108-1
- Spoj. postřik kat.emulzí mod. PS-EP 0.35 kg/m<sup>2</sup> ČSN 73 6129
- ochrana izolace litý asfalt MA 11 IV 35 mm ČSN EN 13108-6  
s posypem předobalenou drtí 4/8 mm v množství 2-3 kg/m<sup>2</sup>
- izolace z asfaltových modifikovaných pásů v jedné vrstvě tloušťky 5 mm,
- pečetící vrstva na bázi epoxidové pryskyřice

Izolace je celoplošná s odvodněním pomocí protispádu (4.0 %) s úžlabím 0.65 m od levého okraje NK. Z úžlabí je izolace odvodněna pomocí nerezových trubiček DN50 osazených á cca 6 m do NK před betonáží. Mezi trubičkami je v úžlabí na šířku 0.20m na nižší straně a 0.15m na vyšší straně v tloušťce vrstvy LAS = 35 mm provedena drenážní vrstva z drenážního plastbetonu. Pod římsami bude provedena ochrana izolace izolačním pásem s hliníkovou fólií s přesahem 150 mm před obrubu římsy. Mezi vozovkou a podél mostních závěrů jsou asfaltové těsnící zálivky z modifikovaného asfaltu.

#### 2.3.6.5. Římsy

Římsy mostu jsou navrženy jako monolitické konstantní šířky 800 mm. Obruby mají výšku 180 mm a líčují se svodidly.

Horní povrch říms je vyspádován ve spádu 4% směrem k vozovce.

Římsy jsou navrženy z betonu C 30/37–XF4 a vyztuženy ocelí B550 B. Římsy jsou k nosné konstrukci připevněny pomocí chemických kotev  $\varnothing$  24 mm do vývrtu  $\varnothing$  28 mm ve vzdálenostech 1 m dle VL4 402.02. Přesné rozměry a typ kotev bude stanoven v RDS podle konkrétního výrobce.

Pracovní spáry a vyztuž říms nebyly v rozsahu této práce řešeny.

Vozovka je od římsy oddělena těsnicí zálivkou s předtěsněním šířky 15 mm. Do říms bude zakotveno zábradelní svodidlo dle podkladu dodavatele svodidla.

#### **2.3.6.6. Záchytné systémy a bezpečnostní zařízení**

Na mostě bude oboustranně osazeno ocelové zábradelní svodidlo se svislou výplní s požadovanou úrovní zadržení H2 dle TP114 min. výšky 1.1 m nad přilehlou vozovkou. Výška obrub římsy je 0.18 m. Konstrukce svodidla musí být certifikována.

Vzdálenost sloupků svodidla na mostě bude dle použitého typu svodidla.

Svodidla i zábradlí budou kotvena do říms typovým kotvením (chemické kotvy, rozpěrné kotvy, možno i kotevní přípravek). Patní deska sloupků svodidla se osazuje na vyrovnávací vrstvu z jemnozrnné správkové malty do prostředí XF4 pevnosti min. 50 MPa. Nad mostními závěry budou osazeny dilatační díly pásnice. Oválné otvory v patní desce kolem montážních otvorů musí být utěsněny proti vnikání vody.

#### **2.3.6.7. Přechodové oblasti**

Uspořádání přechodové oblasti za opěrami se řídí ustanoveními ČSN 73 6244. Níže popisovaná skladba přechodové oblasti platí mezi křídly. Přechodové oblasti nebyly v rozsahu této práce řešeny.

Za podkladním betonem pro drenáž na rubu opěry je proveden zásyp do úrovně 100 mm nad dno drenáže při rubu opěry a ve sklonu 5% směrem k této drenáži v podélném směru mostu. Na tento zásyp se do vzdálenosti cca 1 m za orub opěry uloží PEHD těsnicí vrstva s dvojitou ochrannou vrstvou z geotextílie.

Klín ochranného zásypu z nenamrzavé zeminy (štěrkodrtí frakce 0-32mm) za opěrou je navržen v minimální tloušťce 0.60 m za rubem. Pod přechodovou deskou přechází ochranný zásyp do podkladního přechodového klínu ve sklonu 3% (směrem k opěře) tak, aby minimální tloušťka klínu pod přechodovou deskou byla 150 mm.

Zásyp za opěrou bude proveden z materiálu s úhlem vnitřního tření  $\varphi_{\min}=38.5^\circ$  a objemovou hmotností max.  $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ .

Na opěry navazují přechodové desky délky 6.00 m. Přechodové desky budou z betonu C25/30–XF1, vyztuženy oceli B500 B. Budou celoplošně izolovány stejnou hydroizolací,

jako nosná konstrukce mostu bez pečetíci vrstvy. Přechodové desky budou betonovány na vrstvě podkladního betonu tl. 100 mm.

#### **2.3.6.8. Revizní přístupy**

U krajních opěr 1 a 6 budou zřízena revizní schodiště šířky 750 mm. Schodiště jsou umístěna před mostem vpravo ve směru jízdy a pod mostem pokračují až k patě odláždění svahu. Schodiště tvoří prefabrikované stupně z betonu C25/30–XF4 a oceli B500 B osazované do podkladního betonu C16/20–XF1. Jsou lemována betonovými obrubníky, prostor mezi schodišti a opěrami je vyplněn kamennou dlažbou do betonu. Pro schodišťové stupně je možno použít staveništních prefabrikátů.

Přístup k ložiskům na opěrách bude umožněn z lavic u líce opěr šířky 750 mm, ke kterým vede výše zmíněné revizní schodiště. Přístup do prostoru pod mostem bude umožněn schodišti z lavic k patám svahů.

Příjezd pod most je možný po zpevněné polní cestě podél Jevišovky a celkově v celé ploše přemostřovaného inundačního území, případně po ochranných hrázích podél koryta Jevišovky.

#### **2.3.6.9. Úprava pod mostem**

Povrch svahů zemního tělesa silnice I/53 pod mostem bude zpevněn dlažbou z lomového kamene min tl. 200mm do betonu C20/25–XF3 min. tl. 100 mm na ŠP podsyp tl. 100 mm. Zpevnění pod mostem přesahuje půdorysný vnější obrys mostu min. o 0.5 m.

Povrch koryta Jevišovky pod mostem a cca 5.0 m před a za mostem bude zpevněn dlažbou z lomového kamene min tl. 300 mm do betonu C20/25–XF3 min. tl. 100 mm na ŠP podsyp tl. 100 mm a spáry jsou vyplněny hmotou odolnosti XF4. Příčné prahy v korytě budou z betonu C25/30–XF3, 500 x 800 mm. V místech lomů v povrchu dlažby a také na začátku a konci zpevnění budou pak provedeny betonové prahy z betonu C20/25–XF3.

Žlaby a skluzy v oblasti mostu jsou navrženy z kaskádových žlabovek z betonu C30/37–XF4+XD3 do betonu C25/30–XF3 tl. 100 mm.

Dopadiště pod odvodňovači budou mít čokkovité dno a kolem dna budou osazeny zvýšené obruby. Dno dopadišť je vydlážděno lomovým kamenem tl. 200 mm do betonu

C20/25–XF3 tl. 100 mm na ŠP podsyp tl. 100mm a spáry jsou vyplněny hmotou odolnosti XF4. Dno je cca 50 mm nad dnem žlabovek odvádějících vodu.

Na skluzy za opěrami navazují vývařiště 1.6 x 2.3 m. Vývařiště jsou navržena z betonu C30/37–XF4, tl. stěn 200 mm. Dno tvoří kamenná dlažba tl. 200 mm do betonu C20/25–XF3 tl. 100 mm a spáry jsou vyplněny hmotou odolnosti XF4. Na vývařiště u opěry 1 navazuje žlab vedoucí podél paty násypu až k příkopu na pravé straně silnice. Skluz u opěry 6 je přes vývařiště zaústěn do dopadiště u pilíře 5, odkud voda odtéká žlabem na rozlivnou plochu z lomového kamene tl. 200 mm do betonu C20/25–XF3 tl. 100 mm a spáry jsou vyplněny hmotou odolnosti XF4. Rozlivná plocha je ohraničená obrubníkem.

Svahy okolo křídel budou ohumusovány a zatravněny.

Úpravy pod mostem nebyly součástí řešení.

#### **2.3.6.10. Závěsy pro chráničky převáděných sítí**

Na mostě nejsou osazeny žádné závěsy pro převedení sítí.

### **2.4. POŽADAVKY NA MATERIÁLY A ČINNOSTI PŘI STAVBĚ**

#### **2.4.1. Betony**

Pro jednotlivé konstrukční části mostů byly stanoveny dle požadavků zástupce investora třídy betonů a stupně vlivu prostředí dle TKP, ZTKP této stavby a ČSN EN 206-1 a jsou uvedeny na jednotlivých výkresech.

#### **2.4.2. Betonářská výztuž**

Pro stavbu bude použita betonářská výztuž B500B.

#### **2.4.3. Předpínací výztuž**

Bude použita předpínací výztuž Y1860-S7-15,7.

### **2.5. ZKOUŠKY A SLEDOVÁNÍ MOSTU**

#### **2.5.1. Zatěžovací zkouška**

Součástí realizace mostu je provedení zatěžovací zkoušky dle ČSN 73 6209.

## 3. VÝSTAVBA MOSTU

### 3.1. STAVEBNÍ POSTUP

Zakládání krajních opěr bude probíhat s hluchým vrtáním z úrovně plošin pro vrtání pilot získaných odtěžením části násypového tělesa v místě přechodových oblastí a to vždy v úrovni přítěžovacích lavic. Vrtání pilot vnitřních pilířů se předpokládá přibližně z úrovně terénu s hluchým vrtáním. Pro základy mezilehlých pilířů se následně provedou výkopy otevřených základových jam. U pilířů 3 a 4 bude výkop částečně pažen štětovnicovými stěnami, které budou zaraženy směrem do koryta a budou jednak tvořit ochranu proti 100-leté vodě a dále pak umožní vytvoření plošiny pro vrtání pilot vnitřních pilířů v místě hrázek. Po provedení založení budou štětovnice upáleny v úrovni terénu (jako dodatečná ochrana hrázek) a hrázky budou uvedeny do původního stavu.

Opěry budou vybetonovány postupně po jednotlivých částech, oddělených pracovními spárami. Nejdříve se vybetonuje základ, následně dřík s úložným prahem, křídly a podložiskovými nálitky.

Ve výkopových jamách se provedou základy vnitřních pilířů. Následně se vybetonují sloupové stojky pilířů do jejich uvažované výšky po dolní plochu ložisek. Bude proveden zásyp jam pro základy podpěr a zásyp za opěrami v přechodové oblasti do úrovně 0,5 m pod úložný práh. Následuje zimní technologická pauza.

Stavba pokračuje osazením ložisek, montáží pevné skruže a následnou betonáží nosné konstrukce, která bude provedena najednou. Nejdříve po 7-mi dnech od vybetonování bude konstrukce předeprnuta.

Po předeprnutí nosné konstrukce se dobetonují závěrné zídky, dokončí se zásyp za opěrami a vybetonují se přechodové desky.

Před osazením dilatačních závěrů a svodidel se provede případná výšková rektifikace ložisek. Předpokládané osazení závěru je čase 5 měsíců od betonáže NK.

Výstavba mostu bude dokončena příslušenstvím a terénními úpravami pod mostem.

### 3.2. ČASOVÝ HARMONOGRAM VÝSTAVBY

[illegible]

## **4. PRŮVODNÍ ZPRÁVA STATICKÝM VÝPOČTEM**

### **4.1. ÚVOD**

Konstrukce byla uvažována jako dodatečně předepjatá, spojitá, desková, s rozpětím polí  $18.00 + 23.00 + 24.50 + 23.00 + 18.00$  m. Průřez nosné konstrukce je tvořen lichoběžníkem o šířce 12.60 m, v konstrukční výšce 1.00 m a se zkosením z této výšky v centrální části na výšku 0.30 m na okrajích v šířce 3.50 m. Byly předběžně stanoveny průřezové charakteristiky deskové konstrukce.

### **4.2. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY**

#### **4.2.1. Beton**

Pro nosnou konstrukci byl použit beton C30/37–XF4 dle požadavků stanovených v podkladech k výpočtu. Návrhová pevnost této třídy betonu v tlaku je 18.00 MPa a modul pružnosti 34 GPa.

#### **4.2.2. Ocel**

Byla použita výztuž třídy B500 B s návrhovou pevností v tahu i tlaku 434.78 MPa.

#### **4.2.3. Předpínací výztuž**

Konstrukce je dodatečně předepnuta lany předpínací výztuže třídy Y 1860–S7–15.7 s jmenovitou plochou jednoho lana  $150 \text{ mm}^2$ , charakteristickou pevností 1860 MPa a modul pružnosti 195 GPa.

### **4.3. ZATÍŽENÍ**

#### **4.3.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ**

Bylo uvažováno stálé zatížení vlastní tíhou při měrné hmotnosti monolitického betonu  $25 \text{ kN/m}^3$ , ostatní stálé zatížení betonovými římsami, vozovkovým souvrstvím a mostním příslušenstvím v charakteristických hodnotách ve stavu suprenum 57.70 kN/m a ve stavu infinum 36.98 kN/m. Dále bylo uvažováno stálé zatížení nerovnoměrným sednutím podpor s uvažovaným poklesem 5 mm.

## 4.3.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

### 4.3.2.1. Svislé účinky dopravy

Proměnné zatížení dopravou bylo uvažováno při dvou „load modelech“ – LM1 a LM3 dle ČSN EN 1991-2.

V prvním normovém modelu zatížení jsou uvažovány tři tandem-systémy, v zatěžovacích pruzích širokých 3.00 m, vedle sebe v hodnotách 300, 200 a 100 kN na nápravu se současným rovnoměrným plošným zatížením UDL v hodnotách 9.00 kN/m<sup>2</sup> v prvním pruhu, 6.00 kN/m<sup>2</sup> v druhém a 3.00 kN/m<sup>2</sup> v pruhu třetím a na zbylé volné šířce mostu. Tyto hodnoty jsou již upraveny součiniteli zohledňujícími kategorii komunikace  $\alpha_Q$  v hodnotě 1.00 a  $\alpha_Q$  s hodnotami odvislými od zatěžovacího pruhu 1.00, 2.40 a 1.20. zatěžovací pruhy byly umístěny k pravé římse při pohledu po směru staničení, ale vzhledem k absenci chodníku by byl účinek při umístění k druhé římse stejný. Nápravy tandem-systémů jsou uvažovány s rozvorem 1.20 m a rozchodem kol 2.00 m. Zatížení od kontaktních ploch kol modelu bylo rozneseno na střednici desky bez uvažování deskového spolupůsobení pro účely zatížení modelu konstrukce ve výpočtovém softwaru, dostáváme tedy zatížení plošné, které bylo nadefinováno jako pohyblivé a byla provedena simulace pojezdu mostu modelovými vozidly posouváním sestavy nadefinovaného plošného zatížení po krocích 0.50 m po směru osy mostu. Plošné zatížení UDL, simulující stojící kolonu vozidel na mostě, bylo umístěno do nejúčinnějších poloh s nepřihlížením k odlehčujícím účinkům – do samostatného zatěžovacího stavu byly namodelovány tzv. šachy plošného zatížení vycházející z příčinkových čar na spojitém nosníku k vytvoření obálky největších účinků.

Druhý load-model LM3 simuluje pojezd jednoho nadměrného vozidla, v případě této kategorie komunikace vozidlo 1800/200, tedy 9 náprav se zatížením 200 kN na každou z nich. Rozvor mezi jednotlivými nápravami je 1.50 m a uvažuje se kontaktní plocha kol o šířce 1.20 m. Je uvažováno s dynamickým součinitelem v hodnotě 1.25. zatížení z modelu bylo opět rozneseno na střednici konstrukce a nadefinováno plošným pohyblivým zatížením, přičemž uvažovaný pohyb vozidla probíhá 0.50 m od osy mostu podélně po krocích 0.50 m.

#### **4.3.2.2. Ostatní proměnná zatížení**

Bylo uvažováno proměnné zatížení nerovnoměrným ohřátím nebo ochlazením konstrukce ve stavech „heat“ a „cool“, tedy ve stavech, kdy je horní povrch teplejší o 10 °C a kdy je spodní povrch teplejší o 5 °C. Toto zatížení je násobeno součiniteli odvislými od času, který uvažujeme pro výpočet, zde pro čas  $t_0$  a čas životnosti  $t_{\infty}$ , a od povahy účinků.

Poslední proměnné zatížení bylo uvažováno jako zatížení během provádění, modelováno jako plošné zatížení v hodnotě 1.00 kN/m<sup>2</sup> umístěné v nejúčinnějších polohách k získání obálky maximálních účinků.

### **4.4. STATICKÝ MODEL**

#### **4.4.1. Prutový**

Pro počáteční návrh konstrukce byl vytvořen prutový model, kdy došlo k napřímení střednice mostu, která je reálně v oblouku o velkém poloměru, podepřeným 12 podporami, simulujícími reálné uložení na ložiscích, která jsou od sebe půdorysně odsazena na podpěrách o 4.50 m a na opěrách o 7.00 m, spojenými s prutem, simulujícím deskovou nosnou konstrukci, tuhými rameny v zachování šikmosti podepření.

Rozhodující průřezy byly uvažovány v polovinách prvních tří polí pro sledování maximálního kladného momentu a nad druhou a třetí podporou ke sledování momentů záporných.

#### **4.4.2. Vnitřní síly – prutový model**

pro prutový model byly určeny pouze momentové účinky od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení v minimálním stavu pro předběžný návrh předpětí metodou vyrovnání účinků. Vlastní tíha vyvozovala ve středním poli moment v charakteristické hodnotě přes 6500 kNm a nad třetí podporou vznikl moment více než -12000 kNm. Od ostatního stálého zatížení to bylo necelých 1000 kNm a - 1800 kNm.

## 4.5. PŘEDPĚTÍ

### 4.5.1. Charakteristiky předpínací výztuže

Pro návrh je použito předpínací výztuž Y 1860 S7-15,7 s charakteristickou pevností 1860 MPa a smluvní desetinnou pevností 1640 MPa. Maximální napínací napětí bylo stanoveno na 1476 MPa, napínací síla jednoho kabelu o 15-ti lanech je tedy 3321 kN. Maximální napětí v čase vnesení do betonu, jímž je čas  $t_0$ , bylo stanoveno na 1394 MPa.

### 4.5.2. Návrh trasování kabelů

Následně bylo iterativně řešeno trasování předpínacího kabelů, jejich počet a umístění k dosažení optimálního využití nosné konstrukce. Nejdříve bylo uvažováno s 19-tilanovými kabely, byla vytvořena varianta s 10 kabely, která ale vykazovala nízké využití ve sledovaných průřezích. Následně byla testována varianta s 9 kabely, a v posledních iteracích na prutovém modelu byla optimalizována varianta 8 ks 19-tilanových kabelů, kdy byl průřez využit na hranicích kritérií omezení napětí. K výsledné variantě, uvedené ve statickém výpočtu, uvažující 15-tilanové kabely, bylo přistoupeno s přihlédnutím k možné vysoké koncentraci tlaků v kotevní oblasti a rozměrům kotev 19-tilanových kabelů, kdy by mohly zasahovat do oblasti mostního závěru. Aby bylo možné správně navrhnout geometrii vedení kabelů, je nutné znát účinky předpětí po dlouhodobých ztrátách, tedy v čase  $t_\infty$ . Toto bylo do výpočtu zavedeno přenásobením účinků předpětí v čase po krátkodobých ztrátách napětí zmenšujícím koeficientem, který je poměrem napětí v kabelech v čase  $t_\infty$  a  $t_0$ .

### 4.5.3. Ztráty napětí v kabelech

Krátkodobé ztráty napětí jsou určeny ztrátou v důsledku zakřivení kabelu v chráničce, kterou je kabel protažen. Dochází ke značnému tření, které je závislé na součiniteli tření mezi kabelem a chráničkou a na zakřivení kabelu, tedy geometrii jeho vedení. Dále vzniká okamžitá ztráta napětí v důsledku pokluzu při zakotvení lan. Tato ztráta po délce vymizí z obou napínaných konců kabelů. Obě tyto ztráty napětí byly stanoveny výpočtovým softwarem, kde byl předpínací kabel namodelován, tedy byla známa geometrie a zadaný pokluz v kotvách. Software ale bohužel nestanovuje ztrátu krátkodobou relaxací, která tedy musela být následně dopočítána ručně, a ztrátu postupným napínáním v kritických

řezech v polovině středního pole a k němu přilehlé podpoře, která byla stanovena rovněž ručně. Tím byly vyčísleny krátkodobé ztráty napětí na 1180.4 MPa v polovině středního pole a 1251.2 MPa v podpoře k němu přilehlé.

Dlouhodobé ztráty napětí v předpínacích kabelech byly stanoveny modulem časové analýzy na prutovém modelu ve výpočetním softwaru. Na začátku výpočtu odhadnuté dlouhodobé ztráty napětí na 12 % byly tedy v rozhodujících řezech zpřesněny tímto postupem na 91.0 % v polovině středního pole a 89.8 % v podpoře k němu přilehlé.

#### **4.6. STATICKÝ MODEL – DESKOVÝ**

Po předběžném návrhu předpětí na deskovém modelu byl vytvořen nový, zpřesňující model, deskový. Byl sestaven z 5 x 3 desek, zastupujících každé z pěti polí; střední deska konstantní tloušťky 1.00 m a dvou postranních konzolových desek, měnících lineárně svou tloušťku z 1.00 m ve střední části na 0.30 m na okrajích konstrukce. Pole desky jsou půdorysně šikmé z důvodu značné šikmosti mostu, která nemohla být zanedbána, ale podélně přímé. Do deskového modelu byly přidány předpínací kabely podélně totožné geometrie, avšak dle šikmosti odsazené dle šikmého čela desky. Návrh byl optimalizován na 10 ks 15-tilanových kabelů po 0.62 m v příčném, kolmém průmětu, bez kabelů s méně lany v konzolových částech desky, které by byly vhodné k rovnoměrnému roznesení tlaku od předpětí po celé šířce desky už od jejího čela. S nimi ale vycházelo využití průřezu značněji pod mezemi stanovenými omezením napětí, proto uvažovány nakonec nebyly.

Podepřena byla deska v místech ložisek na šikmých hranách desek, vždy dvojicí podpor na každé simulované podpěře v kolmé šířce 4.50 m od sebe, na opěrách pak v šířce 7.00 m. Podpory byly modelovány jako posuvné, všesměrně, jen na podpěře 3 je jedna pevná podpora a na krajích desky doplněna vždy vazba v jednom ze směrů, aby se konstrukce nestávala nestabilní.

Materiál desky je beton C30/37 s měrnou hmotností 25 kN/m<sup>3</sup>, což je určující pro automatizovaný výpočet vlastní tíhy v softwaru.

Předpínací kabely byly přetrasovány z původních náhradních kabelových parabolických drah na skutečný průběh provedení, tvořený přímými a oblouky, přičemž je geometrie navržena tak, aby nejnižší body vedení kabelů zajišťovaly krytí kanálků předpínací výztuže

v hodnotě 80 mm uprostřed polí a taktéž v protiobloucích nad podporami. V místě kotvení působí kabely na excentricitě 65 mm, která vyvoluje odlehčující záporný moment v krajních polích. Přesná geometrie kabelů a parametry jejich částí jsou zřejmé ze schématu ve výpočtu a ve výkresu předpínací výztuže.

#### **4.7. VNITŘNÍ SÍLY – DESKOVÝ MODEL**

Vzhledem k povaze rozdělení vnitřních sil po šířce desky, kdy dochází nad podporami k „natahování“ účinků k bodům podepření v příčném směru a v polích rozdělení účinků po šířce také není rovnoměrné z důvodu nesymetrického zatížení dopravou, má tedy své maximum u okraje střední desky, je nutné uvažovat nejvíce zatížení podélný výsek desky, tedy pás, na kterém integrujeme účinky – integrační pás, jak je veden v softwaru. Vychází ze zmíněného rozdělení účinků po šířce a je znázorněn ve statickém výpočtu. Pro řez nad podporou byla jeho šířka z průběhu účinků stanovena na 1.20 m a pro řez v poli na 2.50 m. Pro ověření nejvíce namáhaných částí konzolových desek, kde nejsou vedeny předpínací kabely, byla stanovena šířka integračního pásu na 1.50 m. Na těchto pásech pak tedy byly stanoveny momentové účinky a normálové síly pro jednotlivé zatěžovací stavy.

#### **4.8. KOMBINACE ZATÍŽENÍ**

Takto zjištěné hodnoty účinků od zatížení byly následně kombinovány dle rovnic pro mezní stavy použitelnosti a únosnosti dle ČSN EN 1990, s užitím příslušných součinitelů  $\gamma_q$ ,  $\psi_i$  a  $\xi$  pro rovnici 6.10b. pro mezní stav použitelnosti byly vytvořeny kombinace pro čas  $t_0$  a čas  $t_\infty$ , ve třech variantách – charakteristická, častá a kvazistálá kombinace, které se liší součiniteli  $\psi_i$  a vyjadřují možné stavy v průběhu životnosti konstrukce – maximální možný, obvyklý a minimální. V čase  $t_0$  vstupuje do kombinace vlastní tíha, zatížení nerovnoměrným sedáním podpor, zatížení změnou teploty a staveništní zatížení během provádění. V čase životnosti pak do kombinací vstupují stálá zatížení od vlastní tíhy, ostatního stálého zatížení ve stavu suprenum a sedání, z proměnných zatížení je to pak zatížení dopravou, a sice maximální účinek z možného zatížení od LM1 nebo LM3. V závěru kapitoly je ve výpočtu obsažena tabulka jako shrnutí kombinačních hodnot.

#### 4.9. OMEZENÍ NAPĚTÍ – MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Následuje ověření mezního stavu použitelnosti, zahrnujícího čtyři kritéria pro oba výpočtové časy. V čase  $t_0$  se uvažuje s částečnou pevností betonu v tlaku i tahu, kdy je uvažováno jen jeho 5-tidenní stáří, tedy není zcela vyvinuta jeho pevnost. V tlaku je tedy uvažováno s 19.0 MPa a v tahu 2.27 MPa. Moment od zatížení na integračním pásu je sečten s opačně působícím momentem od předpětí. Je vyčísleno napětí ve třech kombinacích pro mezní stav použitelnosti, do kterého vstupuje normálová síla určená účinkem předpětí v průřezu a průřezové charakteristiky integračních pásů desky. Charakteristická kombinace zatížení vstupuje do posouzení betonu v tlaku, tedy na ověření podélných trhlin v betonu. Napětí v řezech je porovnáváno s částečnou pevností betonu v tlaku, ještě sníženou o 40 %. Kvazistálá kombinace zatížení vstupuje do posouzení oprávněnosti uvažování lineárního dotvarování betonu v tlaku, kdy je napětí porovnáváno s 45 % pevnosti betonu v tlaku. Častá kombinace zatížení vstupuje do nejpodstatnějšího posudku pro omezení trhlin, případně ověření dekomprese. Napětí je porovnáváno s částečnou pevností betonu v tahu, tedy udává, jestli vznikají trhliny, nebo ne. Poslední ověření je, jestli napětí v předpínací výztuži nepřesahuje maximální dovolené napětí. Pro čas životnosti je pak napětí od příslušné kombinace zatížení porovnáváno s plnými hodnotami pevnosti betonu, sníženými příslušnými součiniteli.

Z tabulkového souhrnu napětí poté vyplývá, že maximální namáhání nastává v průřezu uprostřed středního pole a k němu přilehlé podpoře, kdy je v poli v charakteristické kombinaci zatížení dosaženo napětí 10.2 MPa v tlaku a 4.6 MPa v tahu, průřez by se tedy porušil trhlinami, v časté pak je něpatí -8.1 a 2.3 MPa. V průřezu nad podporou je to pak napětí -7.3 a 1.3 MPa v charakteristické a -8.1 a 2.6 MPa v časté kombinaci zatížení. V obou kombinacích jsou sledovaná kritéria splněna.

Byl také posouzen průhyb konstrukce od časté kombinace LM1, který byl stanoven na 12 mm, přičemž mezní průhyb,  $1/600$  rozpětí nejdelšího pole byl vyčíslen na 41 mm, i toto kritérium tedy vyhovuje.

## 4.10. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

### 4.10.1. Podélný ohyb

Hodnoty účinků od zatížení byly kombinovány na integračních pásech šířky 1.2 m nad podporou a 2.5 m v poli dle popisu výše v čase  $t_{\infty}$ . Maximální namáhání nastává ve stejných kritických řezech jako v předešlých posouzeních. Kladná hodnota návrhového ohybového momentu v řezu uprostřed středního pole činí 4013.1 kNm a tlaková normálová síla 7190.4 kN, v řezu nad podporou je to pak -1971.9 kNm a 3308.2 kN.

Bylo stanoveno počáteční napětí s přihlédnutím ke ztrátám předpětí, přetvoření předpínací výztuže v jednotlivých řezech a parametry návrhového diagramu. Grafickou metodou pak byly stanoveny únosnosti konstrukce v kritických řezech za předpokladu rovnováhy vnitřních sil, tedy rovnosti normálové síly vnější (od předpětí) a normálové únosnosti. V obou řezech únosnost průřezu výrazně převyšovala zatížení, proto konstrukce vyhověla.

Při ověření únosnosti integračního pásu konzol bez předpínací výztuže bylo navrženo a posouzeno principem železobetonu vyztužení z profilů  $\Phi 20$  po 200 mm v horní i spodní vrstvě. Ve stavu rovnosti vnější a vnitřní normálové síly byla stanovena únosnost a při porovnání s návrhovými účinky zatížení na integračním páse šířky 1.5 m vyhověla. Byly ověřeny konstrukční zásady vyztužení.

### 4.10.2. Příčný ohyb

Pro mezní stav únosnosti v příčném směru byly posuzovány průřezy nad druhou podporou a v polovině středního pole, přičemž v obou těchto řezech byly sledovány hodnoty účinků zatížení a únosnosti v úrovni linie ložisek a v ose mostu, tedy kladný moment a záporný moment. Model byl zatížen pro obě tyto skupiny zvlášť několika stavy proměnného zatížení, které mohlo měnit svoji polohu k dosažení maximálních účinků. Nejúčinnější tandem-systémy byly tedy umístěny v příčném směru mezi ložiska k získání kladného momentu v ose mostu, poté mezi ložiska a k jednomu kraji nebo pouze na konzolovou část desky k dosažení záporného momentu v linii nad ložisky. zatížení UDL bylo rovněž umísťováno k dosažení maximálních účinků. Byly taktéž vytvořeny kombinace při uvažování zatížení od LM3 a z účinků dopravy pak vybráno maximum. Hodnoty od

dopravy byly následně skombinovány s účinky od ostatních zatížení a s předpětím na šířce 1 bm v příčném, kolmém směru. Následné dimenzování prokázalo vyztužení profily  $\Phi 20$  po vzdálenosti 200 mm jako horní i dolní příčnou výztuž pro řez v polovině středního pole mostu a  $\Phi 20$  po 200 mm jako dolní výztuž a  $\Phi 25$  po 200 mm jako horní výztuž v příčném řezu nad podporou.

#### **4.10.3. Protlačení v oblasti ložiska**

Na protlačení byl posuzován průřez nad jedním ložiskem druhé podpěry mostu. Pohyblivé zatížení bylo umísťováno na hranice kritických obvodů okolo hrany ložiska v podélném i příčném směru tak, aby vznikalo maximální smykové namáhání. Účinky byly uvažovány opět na určitých integračních šířkách, jejichž stanovení je znázorněno ve statickém výpočtu, a jejichž šířka byla stanovena shodně na 1.0 m u obou obvodů v obou směrech. Účinky byly skombinovány dle stejných pravidel jako u ostatních mezních stavů únosnosti, přičemž bylo nutné vždy sečíst hodnotu druhé mocniny posouvající síly ve směru  $x$  i  $y$  a následně odmocnit. Na obvodu na lici desky ložiska byla integrační šířka stanovena pouze na 0.54 m. Dimenzování probíhalo na základě stanovení smykového napětí na vymezených úsecích průběhu vnitřních sil, do kterého vstupuje účinná výška průřezu, posouvající síla stanovená z kombinací a dimenzační délka řezu. Na obvodu  $u_0$  byla ověřena únosnost tlačené diagonály náhradní příhradové analogie, jejíž hodnota je odvislá od pevnosti betonu. Na následujícím kritickém obvodu únosnost ve smyku bez smykové výztuže nedostačuje, proto je průřez vyztužen šachovnicově rozmístěnými jednotřmínky profilu  $\Phi 12$ , a na druhém kritickém obvodu je také ještě nutná smyková výztuž, i když v menší hustotě. Rozmístění smykové výztuže je znázorněno na schématu ve statickém výpočtu.

#### **4.11. SOUSTŘEDĚNÉ NAMÁHÁNÍ**

Na závěr statického výpočtu byl posouzen lokální tlak nad ložiskem a za kotvou předpínacího kabelu. Při působení takového soustředěného tlaku vznikají za roznášecí deskou, tedy nad deskou ložiska, potažmo kotevní deskou kotvy, soustředěné vysoké tlaky, ale také následují značné tahové síly, které označujeme jako síly štěpné. Proto je nutné takovéto oblasti řádně vyztužit na několik typů namáhání, kterým jsou tyto oblasti

vystaveny. Řešení spočívá ve stanovení náhradního tělesa, ve kterém napětí od těchto namáhání probíhají a ve využití jeho rozměrů v následujícím posudku. Je nadimenzována výztuž u povrchu empiricky danou podmínkou, do které vstupuje návrhová tlaková síla soustředěného namáhání a snížená hodnota pevnosti výztuže. Následuje nadimenzování výztuže na štěpné síly, které vznikají dle popisu výše. Návrhová síla vychází z geometrie náhradní příhradové analogie systému a na ni je nadimenzována tahová výztuž. V případě ložiska je to 10 ks profilů  $\Phi 25$  a za kotvou předpínacích kabelů je to 12 ks profilů  $\Phi 16$ , které jsou realizovány jako dvojstřížné třmínky hustě za sebou v oblasti za kotvou.

## 5. ZÁVĚR

Nosná konstrukce byla navržena dle platných norem na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Součástí příloh je vizualizace navrhované konstrukce a její výkresová dokumentace a její statický výpočet.

V Brně dne 9.1.2019

Bc. Luboš Čípek  
autor práce

# SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

## SEZNAM POUŽITÝCH NOREM:

- [1] ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.
- [2] ČSN 73 6214 Navrhování betonových mostních konstrukcí.
- [3] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Praha: ČNI, 2004.
- [4] ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou.
- [5] ČSN EN 1992-1-1. Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1992-2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady.

## SEZNAM OSTATNÍ LITERATURY:

- [7] Most na sil. I/53 v km 1,517 přes Jevišovku – technická zpráva. 2015

## VÝKRESOVÉ PODKLADY:

- [8] *Půdorys*
- [9] *Podélný řez*
- [10] *Příčný řez*

## POUŽITÝ SOFTWARE:

- [11] *Scia Engineer17*, SCIA.cz s.r.o. Brno
- [12] *Microsoft Word, Microsoft Excel*, Microsoft Corporation
- [13] *Autodesk AutoCAD 2017*, Autodesk, Inc.
- [14] *Rhinoceros*, DIMENSIO s.r.o.
- [15] *Lumion, trial version*, Lumiartsoft s.r.o.
- [16] *Mathcad Prime 4.0*, PTC.com

# SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

## Velká písmena latinské abecedy

|              |                                                         |
|--------------|---------------------------------------------------------|
| $A_c$        | plocha betonového průřezu                               |
| $A_{st}$     | průřezová plocha betonářské výztuže                     |
| $A_{sw}$     | průřezová plocha smykové výztuže                        |
| $A_{s,min}$  | minimální průřezová plocha betonářské výztuže           |
| $A_{s,max}$  | maximální průřezová plocha betonářské výztuže           |
| $E_{cm}$     | sečnový modul pružnosti betonu                          |
| $E_{c,eff}$  | dlouhodobá hodnota modulu pružnosti betonu              |
| $E_s$        | návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli      |
| $F$          | zatížení                                                |
| $F_d$        | návrhová hodnota zatížení                               |
| $F_k$        | charakteristická hodnota zatížení                       |
| $G_k$        | charakteristická hodnota stálého zatížení               |
| $I$          | moment setrvačnosti průřezu                             |
| $L$          | délka                                                   |
| $M$          | ohybový moment                                          |
| $M_{Ed}$     | návrhová hodnota působícího vnitřního ohybového momentu |
| $M_{Rd}$     | návrhová hodnota momentu únosnosti průřezu              |
| $Q_k$        | charakteristická hodnota proměnného zatížení            |
| $Q_d$        | návrhová hodnota proměnného zatížení                    |
| $R$          | hodnota reakce                                          |
| $V$          | posouvající síla                                        |
| $V_{Ed}$     | návrhová hodnota působící vnitřní posouvající síly      |
| $V_{Rd,c}$   | únosnost smykově nevyztuženého průřezu                  |
| $V_{Rd,max}$ | únosnost tlačené diagonály                              |
| $V_{Rd,s}$   | únosnost smykově vyztuženého průřezu                    |
| $W_{y,pl}$   | plastický průřezový modul                               |

## Malá písmena latinské abecedy

|                      |                                                                                 |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| b                    | zatěžovací šířka průřezu                                                        |
| b <sub>eff</sub>     | efektivní šířka průřezu                                                         |
| c <sub>nom</sub>     | hodnota krycí vrstvy betonu                                                     |
| c <sub>min</sub>     | minimální hodnota krycí vrstvy betonu                                           |
| c <sub>min,b</sub>   | minimální hodnota krycí vrstvy betonu s přihlédnutím k požadavkům na soudržnost |
| c <sub>min,dur</sub> | minimální hodnota krycí vrstvy s přihlédnutím k požadavkům na prostředí         |
| Δ <sub>cmin,y</sub>  | přídavná hodnota z hlediska spolehlivosti                                       |
| c <sub>Rd,c</sub>    | součinitel pevnosti tlakové diagonály                                           |
| d                    | účinná výška průřezu                                                            |
| d <sub>1</sub>       | rozdíl výšky prvku a účinné výšky                                               |
| d <sub>x</sub>       | účinná výška průřezu ve směru osy x                                             |
| d <sub>y</sub>       | účinná výška průřezu ve směru osy y                                             |
| f <sub>cd</sub>      | návrhová pevnost betonu v tlaku                                                 |
| f <sub>ck</sub>      | charakteristická pevnost betonu                                                 |
| f <sub>ctk</sub>     | charakteristická pevnost betonu v tahu                                          |
| f <sub>ctm</sub>     | průměrná pevnost betonu v tahu                                                  |
| f <sub>d</sub>       | návrhová hodnota zatížení                                                       |
| f <sub>k</sub>       | charakteristická hodnota zatížení                                               |
| f <sub>yd</sub>      | návrhová mez kluzu betonářské oceli                                             |
| f <sub>yk</sub>      | charakteristická mez kluzu betonářské oceli                                     |
| f <sub>ywd</sub>     | návrhová pevnost smykové výztuže                                                |
| f <sub>ywd,eff</sub> | návrhová pevnost výztuže namáhané na střih                                      |
| g <sub>k</sub>       | charakteristická hodnota stálého zatížení                                       |
| g <sub>d</sub>       | návrhová hodnota stálého zatížení                                               |
| h                    | výška průřezu                                                                   |
| k                    | součinitel                                                                      |
| l <sub>x</sub>       | rozpětí prvku v ose x                                                           |
| l <sub>y</sub>       | rozpětí prvku v ose y                                                           |

|             |                                                                   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|
| $mxD+$      | návrhový měrný ohybový moment ve směru osy x při horních vláknech |
| $mxD-$      | návrhový měrný ohybový moment ve směru osy x při dolních vláknech |
| $myD+$      | návrhový měrný ohybový moment ve směru osy y při horních vláknech |
| $myD-$      | návrhový měrný ohybový moment ve směru osy y při dolních vláknech |
| $s$         | podélná vzdálenost třmínků                                        |
| $s_{max}$   | maximální podélná vzdálenost prutů výztuže                        |
| $s_{min}$   | minimální světlá vzdálenost prutů výztuže                         |
| $s_{t,max}$ | maximální příčná vzdálenost větví třmínku                         |
| $u_i$       | kritický obvod řezu k protlačení                                  |
| $u_{out}$   | obvod, kde již není smykové vyztužení třeba                       |
| $v_{Ed}$    | návrhové smykové napětí na řezu                                   |
| $v_k$       | charakteristické zatížení větrem                                  |
| $v_{Rd,c}$  | únosnost na řezu bez smykového vyztužení                          |
| $v_{Rd,cs}$ | únosnost na řezu smykově vyztuženého průřezu                      |
| $v_x$       | měrná posouvající síla ve směru osy x                             |
| $v_y$       | měrná posouvající síla ve směru osy y                             |
| $w$         | průhyb                                                            |
| $w_{lim}$   | limitní průhyb                                                    |
| $x$         | poloha neutrálné osy                                              |
| $z_c$       | rameno vnitřních sil                                              |

### **Písmena řecké abecedy**

|                |                                                 |
|----------------|-------------------------------------------------|
| $\beta$        | součinitel vlivu ohybového momentu k protlačení |
| $\gamma$       | objemová hmotnost                               |
| $\gamma_{bet}$ | objemová hmotnost betonu                        |
| $\gamma_c$     | součinitel spolehlivosti betonu                 |
| $\gamma_s$     | součinitel spolehlivosti oceli                  |
| $\lambda$      | součinitel idealizace napětí v tlačeném betonu  |
| $\mu$          | součinitel tření                                |

|                     |                                                                              |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| $\varepsilon_{cu3}$ | poměrné přetvoření betonu při napětí rovném návrhové pevnosti                |
| $\varepsilon_{cs}$  | poměrné přetvoření od smršťování                                             |
| $\varepsilon_{st}$  | poměrné přetvoření oceli                                                     |
| $\varepsilon_{yd}$  | poměrné přetvoření oceli na mezi kluzu                                       |
| $\nu_1$             | maximální návrhová smyková únosnost                                          |
| $\nu$               | Poissonův součinitel                                                         |
| $\xi$               | součinitel zatížení pro 6.10b                                                |
| $\rho_1$            | průměrné vyztužení                                                           |
| $\rho_x$            | míra vyztužení ve směru osy x                                                |
| $\rho_y$            | míra vyztužení ve směru osy y                                                |
| $\sigma_c$          | tlakové napětí v betonu                                                      |
| $\tau$              | smykové napětí na ploše                                                      |
| $\rho_{min}$        | minimální míra vyztužení                                                     |
| $\rho_w$            | míra smykového vyztužení                                                     |
| $\emptyset$         | průměr prutu betonářské výztuže                                              |
| $\psi$              | součinitele, kterými se definují reprezentativní hodnoty proměnného zatížení |
| $\psi_0$            | pro kombinační hodnoty                                                       |
| $\psi_1$            | pro časté hodnoty                                                            |
| $\psi_2$            | pro kvazistálé hodnoty                                                       |

#### **Použité zkratky**

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| MSÚ | mezní stav únosnosti     |
| MSP | mezní stav použitelnosti |
| ŽB  | železobeton              |
| EC  | Eurokód                  |

# SEZNAM PŘÍLOH

## P1. Použité podklady a studie řešení

P1-01 Situace

P1-02 Podélný řez

P1-03 Vzorový příčný řez

P1-04 Studie návrhu mostu

## P2. Výkresy – přehledné, podrobné a detaily

P2-01 Situace

P2-02 Podélný řez

P2-03 Příčné řezy

P2-04 Výkres betonářské výztuže

P2-05 Výkres předpínací výztuže

P2-06 Detaily

## P3. Stavební postup a vizualizace

P3-01 Schéma postupu výstavby

P3-02 Vizualizace

## P4. Statický výpočet