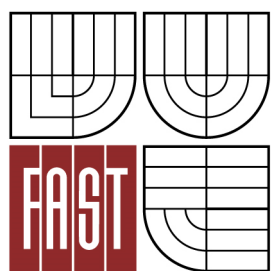




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

# NÁVRH, POSOUZENÍ A OPTIMALIZACE OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

DESIGN AND OPTIMIZATION OF THE ARCH STRUCTURE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

BC. MARTIN HERKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. RNDr. Ing. PETR ŠTĚPÁNEK, CSc.

BRNO 2014



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Martin Herka
<b>Název</b>	Návrh, posouzení a optimalizace obloukové konstrukce
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2013
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013

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

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

## **Podklady a literatura**

- vybrané podklady nosné obloukové konstrukce
- literatura dle pokynu vedoucího práce, např. ČSN 73 1201 (ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, ČSN EN 1992-1-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru)

## **Zásady pro vypracování**

Podle pokynů vedoucího práce zpracujte

- a) předběžný návrh obloukové konstrukce ve variantách: monolitická, montovaná
- b) v materiálových variantách železobeton, drátkobeton, lehký beton konstrukce ekoduktu
- c) Optimalizujte geometrii a uspořádání konstrukce vzhledem k zadaným geometrickým parametrům
- d) realizační projekt vedoucím práce vybrané varianty nosné konstrukce (statický výpočet, výkresovou dokumentaci a technickou zprávu)

## **Předepsané přílohy**

.....  
prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.  
Vedoucí diplomové práce

**Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá návrhem, posouzením a optimalizací obloukové konstrukce. Byl proveden předběžný návrh železobetonové obloukové konstrukce ekoduktu v několika variantách. Následně byla provedena optimalizace geometrie střednice obloukové konstrukce, tak aby vyhovovala požadavkům na následně řešenou reálnou přesypanou konstrukci ekoduktu. Byl proveden návrh a statický výpočet monolitické železobetonové konstrukce ekoduktu. Je zpracována podrobná a přehledná výkresová dokumentace dle rozsahu určeného vedoucím práce.

**Klíčová slova**

Ekodukt, přesypaný most, oblouková konstrukce, železobeton, optimalizace, statický výpočet, výkresová dokumentace

**Abstract**

Diploma thesis deals with a design of concrete arch structure. There was made a preliminary design of concrete structure of a buried arch bridge. Subsequently was the shape of arch structure optimized to oblige the requirements of real buried arch bridge structure. There is included static calculation of the ecoduct construction. It is developed detailed drawings.

**Keywords**

Ecoduct, buried arch bridge, arch structure, steel concrete, optimization, static calculation, drawings.

## **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Martin Herka *Návrh, posouzení a optimalizace obloukové konstrukce*. Brno, 2014. 21 s., 501 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc..

**Prohlášení:**

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

V Brně dne 17.1.2014

.....  
podpis autora

Bc. Martin Herka

**Poděkování:**

Na tomto místě bych rád poděkoval mému vedoucímu diplomové práce panu Prof. RNDr. Ing. Petru Štěpánkovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady, ideové směřování a připomínky v průběhu zpracování této práce.

Dále bych rád poděkoval přátelům a spolužákům za čas strávený v jejich společnosti nejen při studiu na Fakultě stavební. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za podporu v průběhu mého dosavadního studia.

## **OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE**

- A. Textová část
- B. Přílohy :
  - B.1 Předběžný návrh obloukové konstrukce
  - B.2 Optimalizace geometrie obloukové konstrukce
  - B.3 Statický výpočet konstrukce ekoduktu
  - B.4 Výkresová dokumentace

## 1. ÚVOD

Cílem diplomové práce „Návrh, posouzení a optimalizace obloukové konstrukce“ je komplexní návrh železobetonové obloukové konstrukce ekoduktu. Nejprve byl proveden předběžný návrh obloukové konstrukce, který obnášel studie konstrukčního řešení ekoduktu ve více variantách geometrie střednice a několik variant průřezů.

Pro řešení reálné konstrukce ekoduktu byla zvolena varianta přecházející přes pozemní komunikaci kategorie D 33,5/120. Vzhledem k šířkovému uspořádání pozemní komunikace (dálnice) byla zvolena varianta konstrukce se dvěma klenbami vedle sebe. Geometrie střednice oblouků byla řešena ve více variantách vzepětí, pro optimalizaci byl použit skript v programu Matlab. V rámci řešení diplomové práce byly navrženy jednotlivé konstrukční prvky monolitické železobetonové konstrukce – klenba, boční a středová stěna, šikmé vzpěry a základové konstrukce. Stěny ekodukty byly po dohodě s vedoucím práce doplněny o šikmá křídla, nicméně tato již nejsou součástí uváděného řešení konstrukce. Při posudcích jednotlivých konstrukčních prvků byly uvažovány některé zjednodušující předpoklady, které jsou součástí popisu statického výpočtu.

Výsledná řešená konstrukce však není zasazena do konkrétní lokality a některé vstupní údaje (geologický profil, osazení do terénu aj.) tak mají teoretický charakter. Při návrhu konstrukce byly respektovány všechny platné technické normy.

## 2. SOUČÁSTI DIPLOMOVÉ PRÁCE

### 2.1 Předběžný návrh obloukové konstrukce

Předběžný návrh obloukové konstrukce byl proveden v několika geometrických i konstrukčních variantách. Při řešení byly uvažovány dva základní tvary geometrie střednice – kružnice a elipsa. Dále byly uvažovány několik variant průřezu – obdélníkový a T-průřez pro monolitickou variantu. Pro montovanou variantu byl zvolen nosník s obdélníkovým průřezem a obkladové panely. Pro posouzení byl uvažován 1bm' obloukové konstrukce. Nakonec bylo sestaveno vyhodnocení spotřeby stavebního materiálu, resp. nákladů na zhotovení konstrukce. Tato část je podrobněji popsána v příloze **B.1 Předběžný návrh obloukové konstrukce**.

### 2.2 Optimalizace geometrie obloukové konstrukce

Pro optimalizace geometrie střednice řešené konstrukce ekoduktu byl použit skript v programu MatLab. Geometrie střednice oblouků byla řešena ve více variantách vzepětí. Tato část je podrobněji popsána v příloze **B.2 Optimalizace geometrie obloukové konstrukce**.

### 2.3 Návrh a posouzení obloukové konstrukce ekoduktu

Pro řešení návrhu reálné konstrukce ekoduktu byla zvolena monolitická železobetonová varianta obloukové konstrukce. Další původně plánované materiálové varianty z drátkobetonu a lehkého betonu byly na základě statické analýzy a po dohodě s vedoucím práce zamítnuty z důvodu nadměrné spotřeby stavebních materiálů nutné k nadimenzování jednotlivých konstrukčních prvků ekoduktu.

Základní rozměry konstrukce vychází z předpokladu, že ekodukt přechází přes pozemní komunikaci (dálnici) kategorie D 33,5/120. Na základě šířkového uspořádání průjezdného profilu ekoduktu byla zvolena varianta dvou oblouků vedle sebe. Konstrukce ekoduktu je zasypána násypem zeminy v podélném sklonu 5,2%, resp. výška násypu nad vrcholem levé klenby je 3,0m a nad vrcholem pravé klenby pak 2,0m. Pro podrobnou analýzu chování konstrukce při budování bylo postupně uvažováno 26 jednotlivých zatěžovacích stavů při zasypávání konstrukce po vrstvách 0,5m zeminy a následně

zatěžovací stavy s hotovým násypem v čase po zbudování konstrukce (aktivní zemní tlak) a v čase životnosti konstrukce (zemní tlak v klidu). Dále byly uvažovány zatěžovací stavy pro neočekávané zemní práce a zatížení rovnoměrným užitným zatížením.

Modelování konstrukce bylo provedeno v programu SCIA Engineer 2013. Jednotlivé konstrukční prvky byly posouzeny na mezní stavy únosnosti a použitelnosti dle platných technických norem. Tato část je podrobně popsána v příloze **B.3 Statický výpočet konstrukce ekoduktu**.

## **2.4 Výkresová dokumentace**

Pro řešenou konstrukci ekoduktu byla zpracována přehledná výkresová dokumentace obsahující dispoziční výkresy, výkresy výztuží a jednotlivé detaily konstrukce. Rozsah výkresové dokumentace byl určen vedoucím diplomové práce. Výkresy jsou součástí přílohy **B.4 Výkresová dokumentace**.

## **2.5 Souhrnná technická zpráva**

Viz níže.

## SOUHRNNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA

### 3. VŠEOBECNÁ ČÁST

#### 3.1 Identifikační údaje

Akce: přemostění pozemní komunikace kategorie D 33,5/120  
Stavba: oblouková konstrukce – ekodukt  
Místo stavby: neurčeno

Zadavatel: Prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.  
Ústav betonových a zděných konstrukcí  
Fakulta stavební VUT v Brně

Projektant: Bc. Martin Herka  
Ostrovačická 35, 641 00 Brno – Žebětín

#### 3.2 Základní údaje o ekoduktu

Rozpětí klenby: 19,20 m  
Vzepětí klenby: 3,50 m  
Rozpětí obou kleneb: 38,40 m

Celková délka ekoduktu: 41,40 m  
Celková šířka ekoduktu: 48,60 m

Výška průjezdního profilu: min. 4,80 m + rezerva 0,15 m = 4,95 m

Zatížení ekoduktu: Zatížení konstrukce uvažována dle ČSN EN 1990 a 1991

#### 3.3 Zdůvodnění stavby

Vypracování projektu řešené konstrukce ekoduktu bylo stanoveno zadáním tématu diplomové práce. Navržená oblouková konstrukce – ekodukt řeší přemostění pozemní komunikace (dálnice) v místě vhodném pro jeho zbudování ekoduktu. Cílem je návrh mostní konstrukce, která nenásilně zapadá do okolní krajiny a zároveň tak umožňuje případný migrační pohyb divoké zvěře přes umělou liniovou překážku – pozemní komunikaci.

#### 3.4 Předpokládané termíny výstavby

Průběh stavebních prací bude úzce souviset s budováním pozemní komunikace z důvodu nutné návaznosti na zemní práce s ní spojené. Betonáž nosné konstrukce ekoduktu se předpokládá zhruba 2 měsíce od začátku zemních prací a zbudování základových konstrukcí. Dále je nutná technologická přestávka v délce 1 měsíce pro dostatečné vyzrání betonu a dokončení ostatních prací na betonové konstrukci. Pro postupný zásyp zeminou, hutnění a provedení okolních zemních prací včetně časové rezervy pro prostoje v průběhu stavebních prací se předpokládá časový úsek zhruba 5 měsíců. Konstrukce ekoduktu by tedy měla být uvedena do provozu po 8 měsících od začátku její výstavby.

### 3.5 Podklady, použitá literatura

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí

## 4. TECHNICKÁ ZPRÁVA

### 4.1 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ STAVBY

#### 4.1.1 Zhodnocení staveniště

Řešená konstrukce není zasazena do konkrétní lokality, předpokládá se však, že ekodukt bude přecházet přes pozemní komunikaci vedenou v zářezu z důvodu alespoň částečné redukce objemu nutných zemních prací pro jeho zbudování. Pro řešení základových konstrukcí byl zvolen vzorový geologický profil zobrazený v části

**B.3 Statický výpočet konstrukce ekoduktu.**

Skladba geologického profilu:	F1 – MG	hlína štěrkovitá
	S5 – SC	písek jílovitý
	S4 – SM	písek hlinitý
	G4 – GM	štěrk hlinitý
	G2 – GP	štěrk špatně zrněný

Základové poměry se tedy nejeví jako složité. Pro založení konstrukce byla původně uvažována možnost plošného založení, ale posléze po dohodě s vedoucím práce bylo zvoleno založení kombinací plošných (základové pasy) a hlubinných (vrtané piloty) základových konstrukcí.

#### 4.1.2 Provedené průzkumy

Protože se jedná o projekt diplomové práce a nebyla určena konkrétní lokalita pro budování konstrukce, lze usuzovat, že při návrhu reálné konstrukce by bylo nutné provést průzkum výskytu a vedení inženýrských sítí. Dále inženýrsko – geologický průzkum, který by spočíval v prohlídce zájmového území, odebrání, resp. provedení jádrových vývrtů a následném stanovení mocnosti jednotlivých vrstev geologického profilu. Neméně důležité by bylo i určení hladiny podzemní vody.

#### 4.1.3 Geodetické zaměření

Geodetickým zaměřením staveniště a konstrukce ekoduktu by byla pověřena odborná firma. Na staveništi by byl vytyčen a dočasně stabilizován dostatečný počet pevných bodů nutných k dalším geodetickým pracím.

### 4.2 ÚPRAVA STAVENIŠTĚ

#### 4.2.1 Inženýrské sítě

Předpokládá se, že výstavba ekoduktu si nevyžádá přeložku žádné z inženýrských sítí, neboť se jedná o budování nové pozemní komunikace v „širém“ poli.

#### 4.2.2 Dopravní opatření

Vzhledem k charakteru novostavby pozemní komunikace a přes ni přecházejícího ekoduktu se nepředpokládají žádná nutná zvláštní dopravní opatření.

### 4.3 STAVEBNĚ – TECHNICKÉ ŘEŠENÍ STAVBY

#### 4.3.1 POPIS KONSTRUKCE

Konstrukci ekoduktu tvoří dvě monolitické železobetonové klenby uložené na dvou bočních a jedné společné středové stěně. Boční stěny jsou v čele doplněny o šikmá křídla. Konstrukce ekoduktu je přesypána násypem zeminy v podélném sklonu 5,2%, resp. výška násypu nad vrcholem levé klenby je 3,0m a nad vrcholem pravé klenby pak 2,0m. Násyp a okolní terénní úpravy budou provedeny s přihlédnutím k okolnímu terénu a umožní tak vytvořit „téměř“ přírodní přechod přes umělou liniovou překážku.

#### 4.3.2 STATICKÉ ŘEŠENÍ

Jako výchozí statické schéma střednice konstrukce bylo zvoleno následující uspořádání. Obě klenby jsou uvažovány jako monoliticky rámově spojené s bočními a společnou středovou stěnou. Tyto stěny jsou uvažovány jako vetknuté do základové konstrukce. Pro přenos vodorovných reakcí od zatížení obloukové konstrukce jsou uvažovány šikmé vzpěry, které jsou pak kloubově připojeny jak ke klenbám, tak i k základové konstrukci. Střednicové schéma a statické řešení jsou uvedeny v části

**B.3 Statický výpočet konstrukce ekoduktu.**

#### 4.3.3 KONSTRUKČNÍ PRVKY EKODUKTU

Pro návrh a posouzení všech konstrukčních prvků ekoduktu byl uvažován beton třídy C 40/50 XC2, XD3, XF4, XA1. Tloušťka krytí betonářské výztuže byla dle příslušné normy stanovena hodnotou  $c_{min} = 40$  mm.

##### 4.3.3.1 Klenba

Geometrie střednice klenby vychází z předchozí optimalizace tvaru konstrukce ekoduktu. Pro návrh a posouzení konstrukčního prvku byl uvažován obdélníkový průřez s proměnným průřezem výšky od 500mm v patě klenby až k 250mm ve vrcholu klenby. V čele je klenby je uvažována římsa konstantní výšky 400mm a tloušťky 300mm. Římsa klenby byla doplněna po dohodě s vedoucím práce a není tak součástí statického výpočtu klenby. Čelo klenby plynule přechází do šikmých křídel přiléhajících k bočním stěnám ekoduktu.

Klenba byla posouzena na mezní stav únosnosti (namáhání N+M, smyk) a mezní stav použitelnosti (omezení napětí, omezení vzniku a šířky trhlin, poměrné přetvoření). Klenba byla uvažována jako výřez konstrukce šířky 1bm'. Průřez je vyztužen při horním i dolním líci a v oblastech s velkým smykovým namáháním je podélná výztuž doplněna o smykové ohyby. V ostatních oblastech jsou použity smykové lišty.

#### 4.3.3.2 Středová stěna

Středová stěna vynáší obě klenby a je s nimi ve svém vrcholu monoliticky spojena. V patě je středová stěna uvažována jako vetknutá do základového pasu. Pro návrh a posouzení konstrukčního prvku byl uvažován obdélníkový průřez výšky, resp. tloušťky 500mm a délky 1bm'. Boční stěny byly posouzeny na mezní stav únosnosti (namáhání N+M, smyk) a mezní stav použitelnosti (omezení napětí, omezení vzniku a šířky trhlin). Průřez stěny je oboustranně silně vyztužen.

#### 4.3.3.3 Boční stěny

Boční stěny vynáší paty obou kleneb, s nimiž jsou ve svém vrcholu monoliticky spojeny. V patě jsou boční stěny uvažovány jako vetknuté do základových konstrukcí. Levá stěna je uložena na základovém pasu. Pravá stěna je uložena na pilotách. Pro návrh a posouzení konstrukčního prvku byl uvažován obdélníkový průřez výšky, resp. tloušťky 500mm a délky 1bm'. Boční stěny byly posouzeny na mezní stav únosnosti (namáhání N+M, smyk) a mezní stav použitelnosti (omezení napětí, omezení vzniku a šířky trhlin). Stěny jsou oboustranně silně vyztuženy.

#### 4.3.3.4 Šikmá křídla

Křídla přiléhající k bočním stěnám konstrukce ekoduktu nebyla původně součástí řešení projektu. Na základě zkušeností a konstrukčních zvyklostí u podobných konstrukcí ekoduktů byla však tato křídla po dohodě s vedoucím práce zahrnuta do výkresové dokumentace. Návrh a posouzení šikmých křídel nejsou součástí statického výpočtu. Jsou uvažovány stěny tloušťky 300mm, založené plošně na základových pasech a vyztužené dle příslušných konstrukčních zásad.

#### 4.3.3.5 Šikmé vzpěry

Šikmé vzpěry jsou uvažovány jako kloubově připojené prefabrikované prutové prvky, které přenáší vodorovné reakce z kleneb do základových konstrukcí. Šikmé vzpěry jsou připojeny po délce konstrukce vždy ve vzdálenosti 3,0m. Kloubové připojení je řešeno pomocí speciálních ložisek. Tento konstrukční detail se jeví jako slabé místo konstrukce a proto je třeba zajistit kvalitní provedení hydroizolace v podobě „návleků“ z vhodné zvolené PVC folie. Speciální válcová ložiska zajišťující kloubové připojení šikmých vzpěr do konstrukce jsou uvažována jako dvojdílná. Jedna strana ložiska je vždy uvažována jako součást armokoše prefabrikovaného dílce šikmé vzpěry a druhá strana ložiska bude přesně osazena do konstrukce až po jejím vybetonování na závitové tyče upevněné do vrtaných otvorů pomocí chemických kotev.

Pro návrh a posouzení konstrukčního prvku byl uvažován čtvercový průřez o straně 500mm. Šikmé vzpěry byly posouzeny na mezní stav únosnosti (namáhání N+M, smyk) a mezní stav použitelnosti (omezení napětí, omezení vzniku a šířky trhlin). Šikmé vzpěry jsou vyztuženy dle příslušných konstrukčních zásad.

#### 4.3.4 ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

Pro návrh a posouzení všech konstrukčních prvků ekoduktu byl uvažován beton třídy C 30/37 XC2, XD2, XA1. Tloušťka krytí betonářské výztuže byla dle příslušné normy stanovena hodnotou  $c_{min} = 50$  mm.

Konstrukce ekoduktu je dle zadaného geologického profilu založena na vrstvě špatně zrněného štěrku (G2 – GP). Původní varianta řešení založení konstrukce ekoduktu uvažovala s plošným založením na základovém roštu. Ten měl být v příčném směru tvořen systémem táhel z předpjatého betonu, která díky vnesenému předpětí měla vyrovnávat vodorovné reakce od zatížení obloukové konstrukce ekoduktu. V podélném směru byly uvažovány masivní základové pasy pod průběžnými bočními a středovou stěnou. Tato varianta řešení se na straně jedné vyznačovala dodržením typického statického schématu oblouku s dolním táhlem, na straně druhé byla tato varianta založení velice masivní a uvažovaná spotřeba betonu byla příliš veliká a bylo tedy přistoupeno k návrhu dalších variant založení konstrukce ekoduktu.

Jako konečná varianta založení konstrukce ekoduktu byla zvolena kombinace plošných a hlubinných základových konstrukcí – základových pasů a pilotových základů. Cílem bylo navrhnout komplexní založení konstrukce ekoduktu, které spolehlivě vyhoví na mezní stavy únosnosti. Při posouzení na mezní stavy použitelnosti, resp. sedání byl kladen důraz na přibližně podobné hodnoty svislého sedání základových konstrukcí a tím i celého ekoduktu.

Základové konstrukce byly posouzeny v příslušných modulech geotechnického software GEO5.

##### 4.3.4.1 Základový pas pod levou boční stěnou

Levá boční stěna je založena na průběžném základovém pasu o šířce 2,60m a výšce 1,0m. Pro návrh a posouzení na mezní stavy únosnosti a sedání byl uvažován výřez 1bm' základového pasu a tak je základový pas v příčném směru nadimenzován podle konstrukčních zvyklostí pro základové patky. Maximální sednutí základového pasu pod levou boční stěnou je uvažováno hodnotou  $s_{max} = 0,8$ mm.

##### 4.3.4.2 Základový pas pod středovou stěnou

Středová stěna je založena na průběžném základovém pasu o šířce 3,50m a výšce 1,0m. Pro návrh a posouzení na mezní stavy únosnosti a sedání byl uvažován výřez 1bm' základového pasu a tak je základový pas v příčném směru nadimenzován podle konstrukčních zvyklostí pro základové patky. Z důvodů velkého smykového namáhání je příčná výztuž základového pasu doplněna o smykové ohyby. Maximální sednutí základového pasu pod středovou stěnou je uvažováno hodnotou  $s_{max} = 5,9$ mm.

##### 4.3.4.3 Základ na pilotách pod pravou boční stěnou

Z důvodu relativně malého svislého zatížení a naopak významného vodorovného zatížení základu pravé boční stěny se jevil návrh průběžného základového pasu jako nevhodný a proto byla zvolena varianta založení stěny na řadě vrтанých železobetonových pilot. Byly navrženy piloty průměru  $d=0,90$ m a délky 5,0m. Piloty jsou navrženy v podélné osové vzdálenosti 3,0m. Hlavy pilot jsou spojeny železobetonovou

převázkou o šířce 1,40m a výšce 1,0m. Maximální sednutí základu na pilotách pod pravou boční stěnou je uvažováno hodnotou  $s_{max} = 1,8mm$ .

#### 4.3.4.4 Základy na skupině pilot pro uložení šikmých vzpěr

Pro založení šikmých vzpěr, resp. přenesení vodorovných reakcí z obloukové konstrukce byla zvolena varianta základové desky na skupině pilot. Jsou navrženy vrtané železobetonové piloty průměru  $d=0,60m$  a délky 10,0m. Piloty jsou navrženy v příčné i podélné ose vzdálenosti 1,50m – tedy 4 piloty na jednu šikmou vzpěru. Převázkou skupiny pilot tvoří základová deska o šířce 3,0m a výšce 0,80m. Maximální sednutí základu na skupině pilot je uvažováno hodnotou  $s_{max} = 7,1mm$ .

### 4.3.5 POUŽITÉ MATERIÁLY

#### 4.3.5.1 Beton

Pro jednotlivé konstrukční prvky ekodukty byly zvoleny pevnostní třídy betonu a stupně vlivu prostředí dle ČSN EN 206-1.

konstrukce ekoduktu:	beton C 40/50 XC2, XD3, XF4, XA1
základové konstrukce:	beton C 30/37 XC2, XD3, XF4, XA1
betonářská výztuž:	B 500 B (10 505 R)

#### 4.3.5.1.1 Požadavky na povrchovou úpravu betonu

<u>Konstrukční prvek</u>	<u>Kategorie povrchové úpravy</u>
- Klenba	Ca
- Středová stěna	Ca
- Boční stěny	Ca
- Šikmá křídla	Ca
- Šikmé vzpěry	Cd
- Základové konstrukce	Ad

A – nehoblovaná prkna na sraz	a - povrchové drobné vady – po odbednění odstranit
B – hoblovaná prkna	drobné odštěpky, upravit hladítkem
C – překližka nebo ocelové bednění	d – povrch nevyžaduje další úpravu

#### 4.3.5.1.2 Přesnost provádění

Celá konstrukce ekoduktu bude provedena dle platných norem a doporučení ČSN.

#### 4.3.5.2 Betonářská výztuž

Ve všech konstrukčních prvcích ekoduktu je uvažována výztuž B 500 B (10 505 R). Krycí vrstva betonu musí odpovídat hodnotě krytí dle příslušného stupně vlivu prostředí.

#### **4.3.6 POVRCHOVÉ ÚPRAVY - HYDROIZOLACE**

Z důvodu ochrany betonové konstrukce proti nežádoucímu vlivu vlhkosti bude vnější povrch konstrukce ekoduktu opatřen nástřikovou membránovou hydroizolací. V případě klenby bude tato hydroizolace navíc doplněna o vrstvou geotextilie, z důvodu ochrany povrchu. Svislé povrchy bočních stěn budou rovněž opatřeny izolačním nátěrem.

#### **4.3.7 POSTUP VÝSTAVBY**

##### **4.3.7.1 Technologie výstavby**

Ekodukt je navržen jako monolitická, postupně budovaná železobetonová konstrukce. Rychlost postupu výstavby proto bude záviset na průběhu bednicích prací a za předpokladu dodržení nutných technologických přestávek pro tuhnutí a tvrdnutí betonu.

##### **4.3.7.2 Postup výstavby**

###### **4.3.7.2.1 Základové konstrukce**

Budování základových konstrukcí bude úzce souviset s průběhem zemním prací spojených s výstavbou pozemní komunikace v zářezu.

- rozšíření zemních prací na zářezu pozemní komunikace – příprava základové spáry pro základové konstrukce ekoduktu
- provedení pilot pilot pro pravou boční stěnu a obou skupin pilot pod základy pro uložení šikmých vzpěr
- výkopové práce pro základové pasy pod levou boční a středovou stěnou
- zhotovení bednění, vyztužení a betonáž obou základů na skupině pilot a pod pravou boční stěnou
- zhotovení bednění, vyztužení a betonáž základových pasů pod levou boční a středovou stěnou

###### **4.3.7.2.2 Nosná konstrukce ekoduktu**

Předpokládá se postupné budování betonové konstrukce v návaznosti na rychlost bednicích prací a za předpokladu dodržení nutných technologických přestávek pro tuhnutí a tvrdnutí betonu.

- příprava bednění, vyztužení a betonáž obou bočních a středové stěny
- zhotovení konstrukce bednění pro obě klenby ekoduktu
- vyztužení a betonáž obou kleneb včetně jejich čela
- příprava bednění, vyztužení a betonáž šikmých křídel přilehlých k bočním stěnám
- zaměření a montáž ložisek na konstrukci ekoduktu a osazení šikmých prefabrikovaných vzpěr
- zhotovení nástřikové hydroizolace kleneb a izolace ložisek šikmých vzpěr
- odbednění konstrukce

#### 4.3.7.2.3 Zасыпání konstrukce ekoduktu a ostatní zemní práce

Při zasypávání konstrukce ekoduktu bude nutné dodržet předpoklad ukládání a hutnění vrstev zeminy po 0,5m, který je uvažován ve statickém výpočtu. S postupem prací bude postupně proveden i drenážní zásyp základů na skupinách pilot v oblasti uložení šikmých vzpěr. Zároveň budou prováděna drenážní žebra podél boční stěn. Po dokončení zásypu bočních stěn bude zhotoven drenážní zásyp kleneb.

Zásyp konstrukce bude prováděn pomocí vhodné stavební techniky ze stran konstrukce, nikoliv však pomocí těžkých buldozerů, které by v případě horních vrstev zásypu najížděly na klenby ekoduktu – toto zatížení nebylo ve statickém výpočtu uvažováno!

#### 4.3.7.2.4 Požadavky na přesnost

Přípustné tolerance provedení tvaru konstrukce ekoduktu:

- směrové: 10mm
- výškové: 5mm

Přípustné tolerance umístění ložisek šikmých vzpěr:

- směrové: 5mm
- výškové: výšková rektifikace při osazení šikmých vzpěr do konstrukce

#### 4.3.7.2.5 Závazné podmínky

Veškeré práce a stavební činnosti budou provedeny v souladu s projektovou dokumentací, statickým výpočtem a s obecně platnými a závaznými předpisy a technickými normami. Zhotovitel bude povinen dodržet technické a kvalitativní podmínky pro provedení konstrukce ekoduktu.

### 4.4 Bezpečnosti práce

Pro zajištění bezpečnosti práce je nutno v plném rozsahu respektovat následující předpisy:

- vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích č.324/1990 Sb.
- ustanovení bezpečnosti práce ze zákoníku práce
- vyhlášku ČÚBP č.42/82

Zhotovitel rozpracuje uvedené předpisy vzhledem pro podmínky daného mostního objektu se zvláštním přihlédnutím k:

- práci ve výškách
- manipulaci s břemeny

Všichni pracovníci zhotovitele budou s předpisy prokazatelně seznámeni.

## **5. ZÁVĚR**

V rámci řešení diplomové práce byla navržena želobetonová konstrukce ekoduktu přecházejícího přes pozemní komunikaci. Byl proveden podrobný statický výpočet všech konstrukčních prvků. Dále byla zpracována podrobná výkresová dokumentace v rozsahu určeném vedoucím práce.

**V Brně dne 17.1.2014**

**Bc. Martin Herka**

## 6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### Seznam použitých norem:

ČSN 736201 Projektování mostních objektů.

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí.

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.

**Seznam příloh:**

B.1 Předběžný návrh obloukové konstrukce

B.2 Optimalizace geometrie obloukové konstrukce

B.3 Statický výpočet konstrukce ekoduktu

B.4 Výkresová dokumentace