

PHD WORKSHOP 2020 - MOST Z UHPFRC – PALÁC NAD ŘEKOU

Miklas Petr, *

Katedra betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební,
České vysoké učení technické v Praze, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6, Česká republika.
petr.miklas@fsv.cvut.cz

ABSTRAKT

Úkolem bylo návržení obytné mostní konstrukce přes Vltavu v Praze mezi Karlínem a Holešovicemi. Jedná se o dva mosty vedle sebe, které jsou spojeny pomocí dvou lávek.

Průjezdny prostor je pouze v jednom z mostů. Oba mosty mají čtyři podlaží a pochůznou střechu. V obou mostech se dále nacházejí garáže, obchody, které jsou přístupné z vnějších chodníků. Ve vyšších patrech jsou pak ve středních částech mostů galerie a v krajních částech kanceláře. V posledním podlaží jsou byty.

Po zvážení možnosti předpětí byla zvolena varianta z UHPFRC betonu. Jedná se o prefabrikovanou konstrukci. Pro výpočet byl použit výpočetní program SCIA Engineer 19.1. Konstrukce byla ověřena jak v jednotlivých fázích výstavby, tak po dokončení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Palác nad řekou • Most • UHPFRC • Předpjatý beton • Předpínání

ABSTRACT

The task was to design a residential bridge structure over Vltava River in Prague between Karlín and Holešovice. These are two bridges side by side, which are connected by two footbridges.

The carriageway is only in one of the bridges. Both bridges have four floors and a walkable roof. In both bridges there are also garages, shops, which are accessible from external sidewalks. On the upper floors there are galleries in the middle parts of the bridges and offices in the outer parts. On the last floor there are apartments.

After considering the possibility of prestressing, the UHPFRC concrete variant was chosen. It is a precast structure. The calculation software SCIA Engineer 19.1 was used for the calculations. The construction was verified both in the individual stages of construction and after completion.

KEYWORDS

Palace above a river • Bridge • UHPFRC • Prestressed concrete • Prestressing

1. ÚVOD

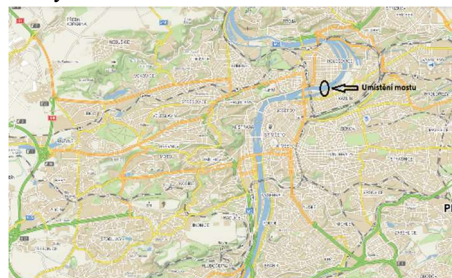
Předmětem diplomové práce bylo navrhnout přemostění Vltavy v Praze mezi Karlínem a Holešovicemi. Požadavkem bylo navrhnout dvě mostní konstrukce vedle sebe, které budou využívány i pro administrativní činnost či bydlení.

Byly tedy navrženy dva mosty vedle sebe, které jsou propojeny dvěma lávkami. Mosty jsou řešeny jako prostě uložené na obou březích Vltavy na ložiskách. V jednom z mostů je průjezdny prostor v 1. NP a v druhém jsou pouze garáže. Po stranách v 1.NP budou obchody, které budou přístupné z vnějších konzol mostů (chodníků). Další patra obou mostů jsou pak stejná. V mostu se nacházejí dále dvě patra s galerií a kanceláři a v posledním patře budou byty. Střecha obou mostů bude pokryta vegetačním substrátem.

V první části diplomové práce se nachází technická zpráva s popisem mostní konstrukce včetně jednotlivých částí výstavby.

Nejrozsáhlejší částí práce je v další části statický výpočet. V úvodu statického výpočtu je stanovení zatížení mostu. Další částí jsou vstupní údaje do výpočetního programu SCIA. Poté se ve výpočtu nachází ukázka jednotlivých uvažovaných fází výstavby mostu ve výpočetním programu. Následuje návrh předpětí obou mostů a ukázka napětí v jednotlivých fázích výstavby a po dokončení. Tento posudek napětí je proveden pro oba mosty jak v podélném, tak v příčném směru. Tato posouzení jsou provedena nejprve během výstavby a poté po dokončení mostu.

Poslední částí diplomové práce je výkresová dokumentace. Tato dokumentace obsahuje podélný řez mostem, příčný řez uprostřed mostů a příčný řez u opěry. Dále pak půdorysy jednotlivých pater a podélné řezy v jednotlivých fázích výstavby.



Obrázek 1: Umístění mostů

* Školitel: doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.

2. REŠERŠE

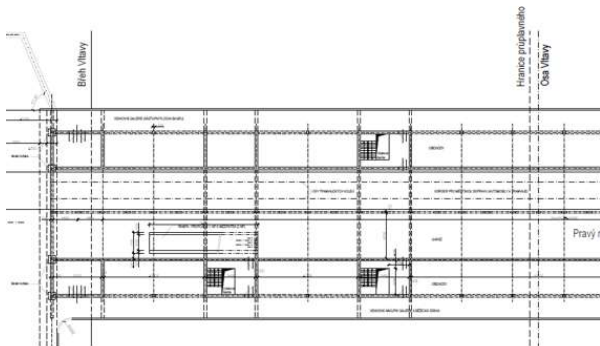
2.1. Popis UHPFRC

Zkratka UHPFRC znamená v překladu ultravysokohodnotný vláknobeton. Pevnosti tohoto betonu jsou až přes 150 MPa v tlaku a zhruba 7-8 MPa v tahu, což umožňuje dělat konstrukce subtilnější. Dosáhnout této pevnosti při monolitické výstavbě je velice obtížné, a proto se drtivá většina těchto konstrukcí vyrábí prefabrikovaně. Vodní součinitel tohoto typu betonu je menší než 0,25 (typicky mezi 0,16 až 0,2). Vzhledem k vysokému obsahu pojiva nemá tento beton kapilární pórovitost. Díky obsahu vláken je tento materiál duktilní, což se s výhodou může použít v seizmicky aktivních oblastech.

3. POPIS MOSTNÍ KONSTRUKCE

3.1. Popis mostní konstrukce

Předmětem tohoto projektu je návrh dvou mostních konstrukcí spojených lávkami pro přemostění Vltavy těsně za ostrovem Štvanice mezi Karlínem a Holešovicemi. Konkrétně mezi ulicemi Thámova a Komunardů. Tato mostní konstrukce by měla být zcela speciální svým uspořádáním, protože se jedná o most, který je několikapatrový. V 1. patře jednoho z mostů je průjezd pro automobily a tramvaje. Ve zbylých přízemních částech jsou umístěny garáže. V dalších jednotlivých patrech se nacházejí galerie, kanceláře a v posledním patře byty. Střeška tohoto Paláce nad řekou bude pokryta vegetačním krytem. Na střeše obou mostů bude ocelová polokopule opláštěná sklem. Celá fasáda obou mostů bude řešena lehkým obvodových pláštěm. Rozpětí mostu je 188 m a šířka jednoho mostu je 40,3 m. Celková šířka je 102,5 m.



Obrázek 2: Půdorys poloviny 1.NP pravého mostu

3.2. Výkopy a základy

Během realizace bude konstrukce dočasně vyvšována pomocí provizorních věží, pro které se využijí budoucí komunikační a ztužující jádra, jež budou po dobu výstavby prodloužena směrem dolů až ke dnu řeky a pod ním spolehlivě založena.

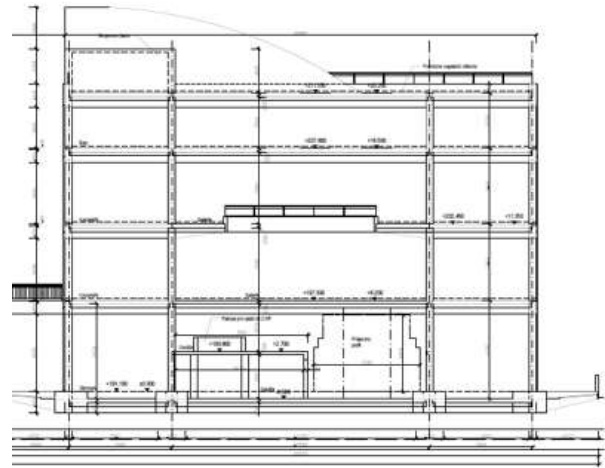
Výkopy pro betonáž základů těchto věží budou rozměrů 10,4 x 7,65 m a jejich výška bude přizpůsobena spodnímu líci věží mostu. Na dně budou založeny na skalním

podloží pod úrovní dna Vltavy. Po dokončení výstavby budou podpůrné základy věží odstraněny.

Mezi jednou řadou podpůrných věží a uložení na opěrách budou další podpůrné skruže pro provizorní podepření, které bude po dokončení výstavby také odstraněny. Tyto skruže budou z ocelových stojek systému PÍŽMO. Okolo těchto věží budou těsněné jímky, aby do těchto stavebních jam nepronikala voda. Založeny budou na dostatečně únosném podkladu. Tyto těsněné jímky budou vytvořeny dvěma řadami štětovnic, mezi kterými bude jílová výplň. Štětovnice budou nasazeny přímo na skalní podloží.

Provizorní podpůrné věže budou z betonu C 30/37. Tloušťka stěn bude 0,5 m.

Opěry budou monolitické železobetonové. Jejich základy budou z betonu C 30/37 XF4+XA1+XC2. Opěry budou z betonu C 30/37 XF4+XD2+XC4. Pod oběma opěrami budou piloty průměru 1200 mm, které budou z betonu C 25/30. Piloty budou vrtány z úrovně srovnaného terénu s využitím tzv. „hluchého vrtání“.



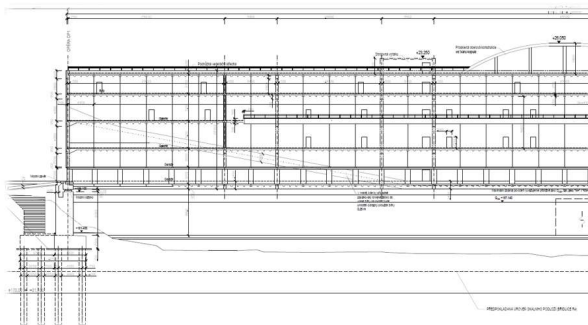
Obrázek 3: Příčný řez mostem uprostřed rozpětí

3.3. Nosná konstrukce

Nosná konstrukce bude z předpjatého betonu UHPFRC XF2+XD1+XC4. Konstrukce působí jako prostorová - komorová. V 1. patře jednoho z mostů bude průjezdní prostor pro silniční a tramvajovou dopravu. Vedle tohoto průjezdního prostoru budou dvě patra (resp. patro a mezipatro) pro garáže, která budou propojena rampami. V druhém mostu bude celá střední část dvou pater pro garáže. Krajní části budou pro obchody, které budou přístupné z venkovních ramp šířky 5 m. Ve 3. patře budou v obou mostech ve střední části galerie a po obvodu obou mostů kanceláře. Další patro má v obou mostech ve střední části volný prostor, okolo něj bude opět galerie a po obvodu kanceláře. V posledním patře budou byty. Na střeše obou mostů se nachází ocelová prosklená konstrukce ve tvaru polokopule. Oba mosty jsou propojeny lávkami. V každé mostní konstrukci se nachází šest výtahových šachet se schodišti.

Stojiny nosné konstrukce tvoří dvě podélné stěny v každém mostu na výšku celého mostu a v krajních částech řady sloupů. Pásnice pak tvoří jednotlivé stropní konstrukce jednotlivých podlaží. V 1. patře dále hlavní nosné trámy. V příčném směru jsou to pak stropní konstrukce v každém patře, které přenášejí zatížení ze stropů do svislých konstrukcí, tj. stěn nebo sloupů. Tyto stropní konstrukce jsou řešeny jako žebrové. Do sloupů se zatížení přenáší pomocí průvlaků po

obvodu každého podlaží. V rozích v místě uložení obou mostů jsou ztužující jádra. Dále jsou využita jako provizorní věže (pylony) ve fázích výstavby.



Obrázek 4: Podélný řez mostní konstrukcí

Spojovací lávky budou do obou mostních konstrukcí vetknuty. Předpětí lávek v jejich podélném směru bude protaženo až na vnější líc obou mostů. V rámci ověření konstrukce byla provedena také analýza spolupůsobení lávek s hlavními nosnými konstrukcemi mostů.

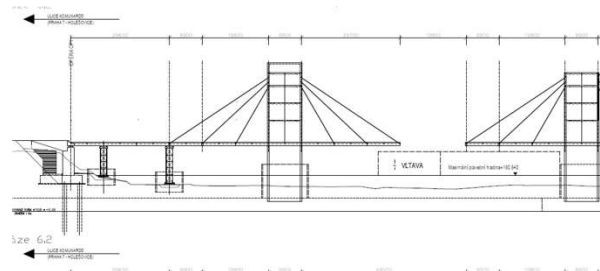
Obě mostní konstrukce jsou předepnuty jak v podélném, tak v příčném směru. V podélném směru je předpětí umístěno do stropních konstrukcí 1. patra, 2. patra, 3. patra a 4. patra, dále do svislých stěn vždy nad dveřní otvory. A do zalomených žebér, která jsou vedena po celé délce mostu. V každém mostu jsou tato žebra celkem čtyři a předpínají se z čel mostů ve 4. patře. Rozměr žebér je 1600 x 1600 mm. Stropní konstrukce i stěny se také předpínají z čel mostů. V 1. patře je mostovka v místě uložení zesílena na 500 mm a je více předepnuta. Kvůli výstavbě mostu jsou předepnuty ještě vrcholy věží.

3.4. Postup a technologie stavby mostu

V první fázi výstavby se vybetonují jednotlivé podpůrné věže (výtahové šachty). Současně s věžemi budou postaveny provizorní základové konstrukce, které budou založeny přímo v řece. Tyto základy budou mimo průplavní prostor. Po dokončení výstavby věží budou v další části nejprve smontovány z obou řad věží hlavní nosníky 1. patra až na opěry. Příčně se na tyto nosníky uloží prefabrikovaná žebrová stropní konstrukce včetně všech dalších podélných a příčných nosníků.

Dále bude moci začít postupné vyvšování konstrukce během jednotlivých stavebních fází mezi oběma řadami věží. Tyto fáze výstavby jsou celkem čtyři, které se dělí vždy do dalších tří etap. Postup vyvšování je takový, že v první etapě se osadí prefabrikované hlavní nosníky a připnou se k již hotové konstrukci pomocí předpínací výztuže. Poté se mezi vrcholem dané věže a koncem tohoto nosníku osadí závěs a předepne se dle potřeby. Ostatní závěsy, které už v konstrukci jsou zabudovány, se zrektifikují dle potřeby. V poslední etapě se osadí příčné prefabrikované stropní žebrové desky. Z každé řady věží směrem ke středu mostu se bude toto opakovat celkem čtyřikrát. Takto se dokončí celé 1. patro včetně konzol. V jednotlivých stavebních fázích se budou plošné prvky připínat i podélně.

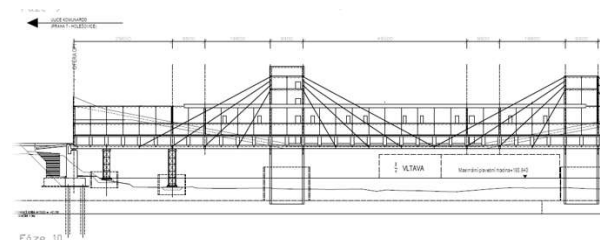
V dalších několika fázích bude konstrukce stavěna do výšky. První fází je výstavba stěn nad 1. patrem a stropní konstrukce 2. patra (mezipatra). Konstrukce bude předepnuta dle potřeby jak podélně, tak příčně a následně budou opět rektifikovány všechny závěsy.



Obrázek 5: Fáze výstavby během vyvšování

Další stavební fází je výstavba stropní konstrukce 3. NP. Konstrukce bude také předepnuta dle potřeby jak podélně, tak příčně a následně budou opět rektifikovány všechny závěsy.

Další stavební fází je výstavba stěn nad 3. NP a stropní konstrukce 4. NP. Konstrukce bude také předepnuta dle potřeby jak podélně, tak příčně a následně budou opět rektifikovány všechny závěsy. V této fázi už bude předepnuta část žebér. Takto se postupuje až do dokončení výstavby obou mostů.



Obrázek 6: Fáze výstavby během stavby 3.NP

Poslední stavební fází je odepnutí všech závěsů. Dále v této stavební fázi budou vybourány všechny základové konstrukce pod jednotlivými věžemi. Současně během odepínání jednotlivých závěsů a vybourávání provizorních základů bude konstrukce dopínána zbývající částí předpětí.

4. STATICKÝ VÝPOČET

4.1. Zatížení mostů

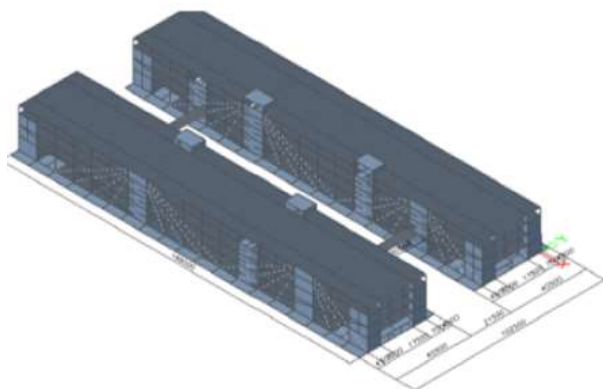
Ve výpočtu byly uvažovány účinky stálých zatížení od vlastní tíhy, ostatního stálého zatížení a předpětí. Dále byly uvažovány účinky proměnných zatížení od dopravy silniční i tramvajové, od větru, sněhu na střechách strojoven a především teplotní zatížení. Ve stavebních fázích bylo počítáno i s montážním zatížením.

Zatížení od dopravy bylo vneseno dle normy, jako tři soupravy tramvají za sebou a dále zatížení LM 1. Zatížení tramvají bylo rozpočteno jako plošné a takto byla konstrukce zatížena. Délkově byly umístěny za sebou tři soupravy na každou kolej. Mezi jednotlivými nápravami tramvají konstrukce není zatížena. Mosty byly zatíženy v šesti zatěžovacích stavech, kdy jsou soupravy tramvají postupně umísťovány od jedné opěry k druhé. U silniční dopravy byla komunikace rozdělena na dva jízdní pruhy a zbývající prostor. Těžká náprava byla umísťována v každém zatěžovacím stavu do nejnepříznivější možné pozice. Mosty byly opět zatíženy

v šesti zatěžovacích stavech, kdy je zatížení LM1 umístováno vedle tramvají na zbytek pojižděné plochy.

4.2. Výpočetní model

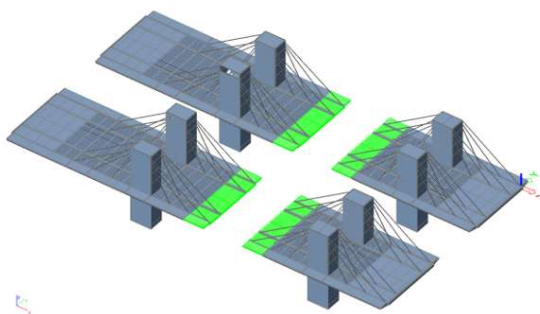
Pro výpočet byl zhotoven 3D deskostěnový model ve výpočetním programu SCIA Engineer 19.1. Všechna spojení mezi jednotlivými betonovými dílci jsou modelována jako vetknutí. Pouze připojení ocelových lan ke konstrukci je modelováno jako kloubové. Oba mosty jsou prostě uloženy na obou koncích (použita jsou ložiska pevná, jednosměrně posuvná a všesměrně posuvná). Dále během výstavby jsou modelována uložení pod celkem osmi věžemi. Pod těmito věžemi jsou modelována liniová tuhá ramena, která jsou vetknuta do prutu základové konstrukce pod věžemi, kvůli zjištění sil v základech. Na konci je pak provizorní základový blok, který je vetknut. Základová konstrukce měla být původně modelována pomocí stěn, ale bohužel výpočetní program nepodporuje možnost odebrání plošných prvků během výstavby. K deskám byla připojena žebra konstrukce. Liniové prvky byly zadány jako prvky prutové.



Obrázek 7: Výpočetní model mostu

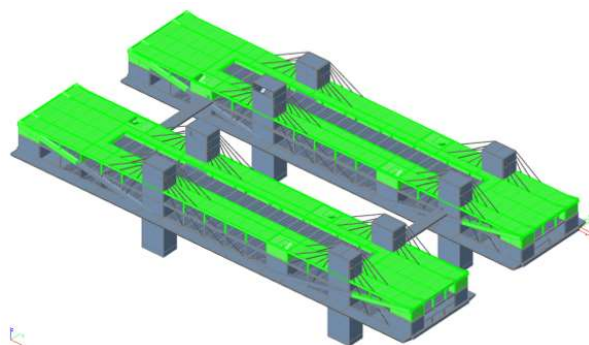
4.3. Postup výstavby

Postup výstavby byl rozdělen celkem do 25 stavebních fází. Nejprve bude postaveno osm věží na provizorní základové konstrukci, která bude po dokončení výstavby mostu zbourána.



Obrázek 8: Model konstrukce - fáze výstavby během vyvšování 1. NP

V další fázi bude na skruži postaveno 1. patro od věží až k opěrám. V dalších fázích se bude vyvšovat pomocí provizorních závěsů z věží střední část 1. patra. V několika posledních fázích se pak budou stavět na 1. patro další patra konstrukce.



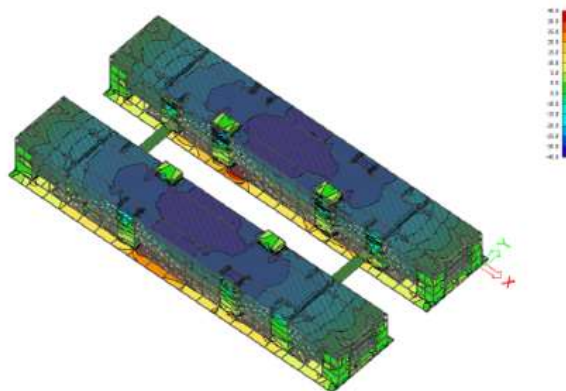
Obrázek 9: Fáze výstavby během montáže 4. NP

4.4. Výpočet a posouzení napětí

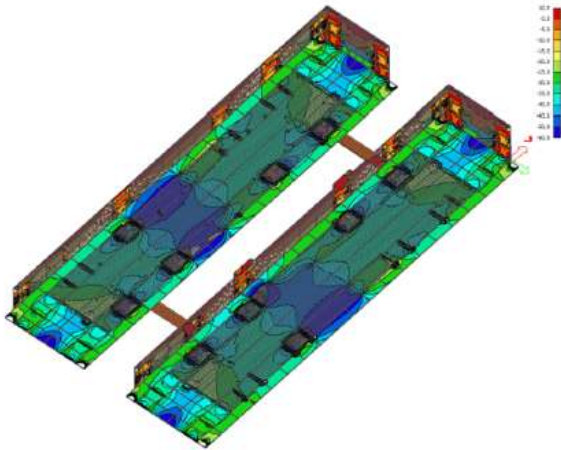
Výpočet a posouzení napětí je provedeno pro MSP. Výpočet a posouzení jednotlivých napětí je provedeno ve všech stavebních fázích. Dále je výpočet proveden na dokončené konstrukci. Posouzení je provedeno pro charakteristickou a kvazistálou kombinaci zatížení. Tyto kombinace jsou vypočteny pro čas uvedení mostu do provozu a na konci životnosti. Ve stavebních fázích byla konstrukce posuzována na charakteristickou kombinaci zatížení.

Tabulka 1: Omezení napětí v konstrukci pro MSP

Kombinace	Tlak [MPa]	Tah [MPa]
Charakteristická	90	3,57
Kvazistálá	67,5	0
Charak. - stavební fáze	81,00	3,57



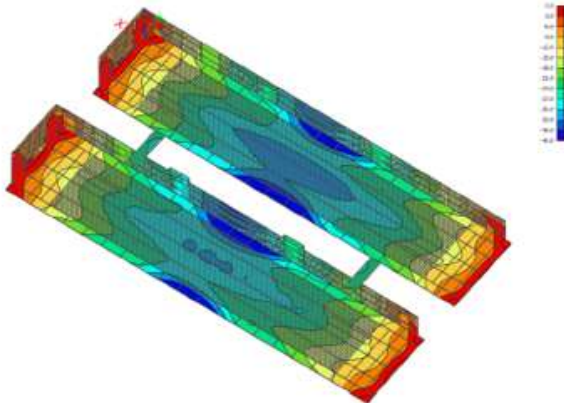
Obrázek 10: Napětí v podélném směru při horním povrchu pouze od stálého zatížení bez předpětí



Obrázek 11: *Napětí v podélném směru při horním povrchu pouze od předpětí*

4.5. Průhyb konstrukce

Dále byla konstrukce ověřena i z hlediska průhybu. Předpětím bylo dosaženo co možná největšího nadvýšení konstrukce. Celkový průhyb konstrukce včetně předpětí je vidět na následujícím obrázku,



Obrázek 12: *Svislý průhyb mostů v charakteristické kombinaci při uvedení do provozu*

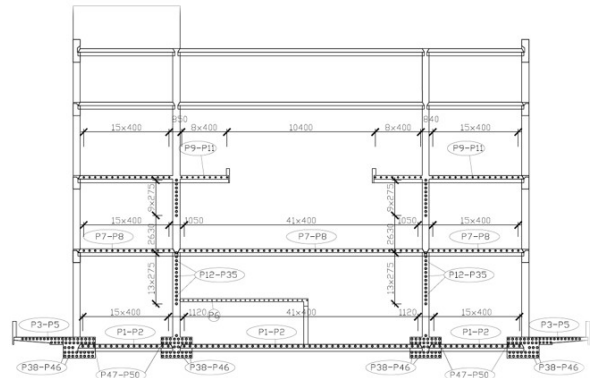
4.6. Návrh předpětí

Další část statického výpočtu se bude věnovat návrhu předpětí plošných prvků konstrukce. Návrh předpětí byl proveden v programu MS Excel. Konstrukce obou mostů je předepnuta jak v podélném, tak příčném směru.

Všechny kabely v konstrukci jsou použity ze systému VSL. Jsou použity předpínací kabely vnitřní bez soudržnosti - kabely VSL Pramenec 0,6" S 1860 MPa. Předpínací výztuž je uvažována bez soudržnosti, aby bylo možno předpínací sílu v průběhu životnosti konstrukce kontrolovat a případně i upravovat. Krytí předpínací výztuže je uvažováno ve třídě konstrukce S4 a se stupněm vlivu prostředí XD2, XS4.

Podélné předpětí je realizováno ve stropních konstrukcích, kde jsou kabely přímé. Předepnuty jsou stropní konstrukce 1. až 4. patra. Předpětí je v jednotlivých těchto patrech odstupňováno od 100 % v 1. patře až do 50 % ve 4. patře, 2. patro je také ještě předepnuto na 100 % ale 3. podlaží je předepnuto jen na 75 %. Ve třetím podlaží je předpětí vynecháno ve střední části kvůli galerii. Dále jsou

předepnuty stěny vodorovnými kabely nad dveřmi. V každém z mostů jsou pak čtyři žebra, která jsou také předepnuta. V 1. patře je na počátku z obou stran stropní konstrukce zesílena kvůli vysokým napětím a je také více předepnuta v podélném směru. Předpětí je zde dvojnásobné. Kvůli stavebním fázím a vyvážování byly také předepnuty vrcholy všech věží, ze kterých se vyvážuje, tak, aby konstrukce v těchto místech nepřekročila povolenou tahovou pevnost.

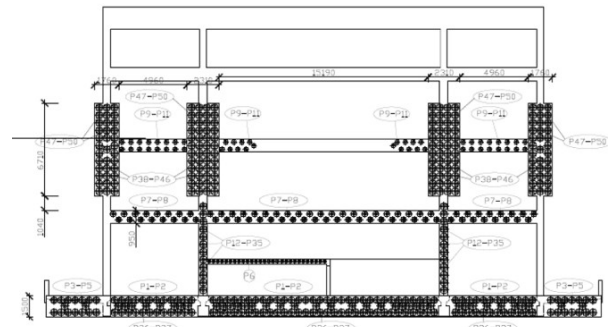


Obrázek 13: *Rozmístění předpětí uprostřed rozpětí*

Příčné předpětí je realizováno v žebrech stropní konstrukce. V každém žebru jsou dva kabely. Tyto kabely jsou zvedané. Kabely jsou průběžné skrz celý příčný řez. Spojovací lávky jsou také v tomto směru předepnuty zvedanými kabely.

Síly od předpětí jsou do výpočtu vneseny pomocí spojitěho zatížení a lokálních sil. Takto jsou do výpočtu vneseny vodorovné síly od předpětí a svislé podporové síly zvedaných kabelů. Svislé síly v poli zvedaných kabelů jsou rozpočteny jako plošné zatížení desek.

Všechny kabely jsou vedeny tak, aby se nekřížily.



Obrázek 14: *Pohled na kotevní čelo*

V příčném směru bude konstrukce předepnuta zvedanými kabely. V každém žebru budou dva kabely. Tyto kabely budou ze 3 a ze 4 lan. Ve výpočtu je zaveden jak účinek předpětí, tak i účinek zvedání kabelu. Kabely budou vedeny skrz celý příčný profil mostu. V podporách jsou tedy síly zavedeny směrem dolů a v poli směrem nahoru. Předpětí bude vždy aplikováno celé ve stavební fázi, ve které budou desky osazeny.

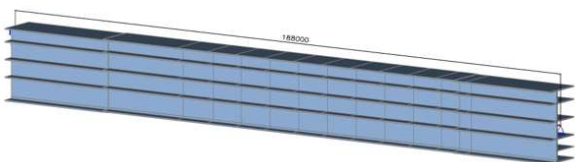
Dále bylo vybráno a posouzeno několik prutových prvků. Je to předpětí lomených žebrov, některé sloupy, jeden příčný trám a provizorní závěsy.

Nakonec byla konstrukce posouzena i v MSÚ, kde také vyhověla.

Vzhledem ke složitosti konstrukce by bylo vhodné provést ještě optimalizaci návrhu.

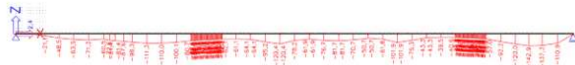
4.7. Modul TDA

Poslední částí výpočtu je přibližný výpočet dotvarování mostní konstrukce. Z jedné mostní konstrukce byl vybrán výsek středové části jedné stěny. Následně byla prutovým modelem vymodelována tato část mostu. Model je včetně fázi výstavby. Průřez byl zadán jako fázovaný průřez. Celý výpočet je proveden ve SCIA Engineer v modulu TDA (časově závislá analýza). Do výpočtu byly zahrnuty i provizorní podpory. Provizorní závěsná lana byla také nahrazena podporou, bohužel pružné podpory modul TDA neumožňuje.



Obrázek 15: Model vytvořený pro modul TDA

V první části byly vloženy dva typy průřezů, a to v místě galerie a u opěr. Dále byla vymodelována konstrukce v jednotlivých fázích výstavby. Poté byla konstrukce zatížena jak vlastní tíhou v jednotlivých fázích, tak při uvedení do provozu ostatním stálým zatížením. Následně byl most zatížen i vloženým předpětím včetně ztrát.



Obrázek 16: Deformace včetně dotvarování v KZ

5. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout přemostění Vltavy v Praze mezi Karlínem a Holešovicemi mezi ulicemi Komunardů a Thámova. Požadavkem bylo i to, aby uvnitř mostu byl nejen průjezdní prostor, ale i garáže pro parkování vozidel. Tento prostor se nachází ve střední části prvních dvou nadzemních podlaží obou mostů. V bočních částech 1. NP jsou v obou mostech obchody, které budou přístupné z vnější části, kde se nachází venkovní terasy. Ve 3. a 4. patře se nachází ve střední části galerie a v bočních částech jsou kancelářské prostory. V posledním patře jsou byty v obou mostech. Střešní konstrukce je řešena jako vegetační. Na střeše obou mostů bude ocelová popokopule se skleněnou výplní. V každé mostní konstrukci je šest výtahových šachet.

Návrh obsahuje statický výpočet, technickou zprávu a výkresovou dokumentaci.

Statický výpočet obsahuje výpočet zatížení nosné konstrukce a v další části 3D výpočetní model obou mostů ve výpočetním programu SCIA. Na uvedená zatížení byly vytvořeny jednotlivé kombinace zatěžovacích stavů jak pro stavební fáze, tak pro dokončenou mostní konstrukci. Pro dokončený most byly vytvořeny kombinace v charakteristické a kvazistálé kombinaci v čase uvedení do provozu a na konci životnosti.

Konstrukce bude postupně vyvšována ze středních věží. Z těchto věží bude následně pomocí provizorních závěsů vyvšováno 1. NP. Po dokončení 1. NP bude konstrukce stavěna do výšky po jednotlivých patrech. Po dokončení střešní konstrukce budou odepnuty provizorní závěsy a budou odstraněny provizorní konstrukce.

V další části se statický výpočet věnuje návrhu a posouzení předpětí, které je vyhodnocováno jak během stavebních fází, tak po dokončení mostu. Konstrukce je

předepnuta jak v podélném, tak v příčném směru. Předpětí v podélném směru je realizováno ve stropních konstrukcích 1. NP, 2. NP, 3. NP a 4. NP. Dále ve stěnách nad 1. NP, 2. NP a 3. NP nad dveřmi. Největší část předpětí je pak realizována v žebrech obou mostů, která jsou v každém mostu čtyři. V každém z žeber je celkem 35 kabelů ze 37 lan. V konstrukci jsou použity kabely o 11 až 37 lanech ze systému VSL. Posouzení je provedeno pro MSP omezení napětí a pro průhyb konstrukce.

Další částí statického výpočtu je posouzení napětí v MSÚ, kde konstrukce také vyhověla.

Poslední částí statického výpočtu je výpočet dotvarování výseku stěny a stropů v modulu TDA.

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování je věnováno doc. Ing. Romanu Šafářovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a užitečné rady při zpracování diplomové práce.

Reference

Diplomová práce

ČSN EN 1990 Eurokód: *Zásady navrhování konstrukcí*

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-1:*

Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-4:*

Obecná zatížení – Zatížení větrem

ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-5:*

Obecná zatížení – Zatížení teplotou

ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 2:*

Zatížení mostů dopravou

ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: *Navrhování betonových konstrukcí*

ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: *Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady*

Šafář, R., (2017), *Betonové mosty 2 – Přednášky*

Šafář, R., (2015), *Betonové mosty 2 – Cvičení – Návrh předpjatého mostu podle Eurokódů*

Projektové podklady – *Pons Pragensis 2018*