

PREFABRIKOVANÁ LÁVKA PŘES ŘEKU SVRATKU V BRNĚ PREFABRICATED PEDESTRIAN BRIDGE OVER THE SVRATKA RIVER IN BRNO

JAN TICHÝ, PAVEL MARKOVIČ,
RADIM VOTAVA, PETR ŠTEFAN,
ALEŠ MENDEL

Článek pojednává o návrhu a výrobě tvarově atypických železobetonových prefabrikátů pro pěší lávku přes řeku Svratku. Lávka umožňuje snadný přístup od vlakového i autobusového nádraží k novému Spielberk Office Centre, které vyrůstá na pravé straně ulice Heršpická směrem do centra města Brna. Lávka sestává ze dvou prefabrikovaných oblouků tvaru písmene „Y“, které tvoří nosnou část a na nichž je upevněno dvacet devět kusů chodníkových segmentů. Všechny dílce byly vyrobeny ve firmě Skanska Prefa, a. s., v provozovně Tovačov. Závěrem je zdokumentována doprava složitých a velkorozměrných dílců na místo určení a jejich montáž pomocí 300tunového jeřábu.

The article deals with the design and production of reinforced concrete prefabricated parts with an atypical shape for a pedestrian bridge over the Svratka River. The bridge provides an easy access from the railway and bus station to the new Spielberk Office Centre, which is being built along the right side of Heršpická Street towards the centre of Brno. The bridge consists of two prefabricated bows with the "Y" shape, which form the supporting part and carry 29 pieces of walkway segments. All the parts were produced in the Skanska Prefa, a. s., Company, the Tovačov plant. Finally, the transport of complex and large parts to the destination is documented as well as their assembly with the use of a 300t crane.

Od června 2006 se město Brno pyšní dvěma „Špilberky“. Známy hrad, vypínající se nad městem na skalnatém ostrohu, byl založen ve druhé polovině 13. století českým králem Přemyslem Otakarem II. a již po staletí vytváří dominantu dnešní jihomoravské metropole. Ten nový, moderní s názvem Spielberk Office Centre vyrůstá podél Heršpické ulice na jižním břehu řeky Svratky, která tvoří přirozenou hranici historického centra [1].

Funkce rozsáhlého komplexu Spielberk

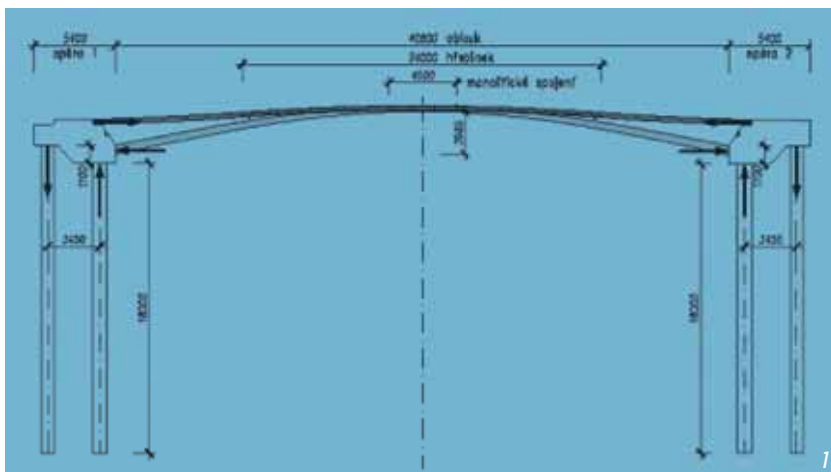
Office Centre se zhruba 55 000 m² je, a pravděpodobně i pro další roky bude, převážně administrativní. Problémem komplexu je horší dostupnost městskou hromadnou dopravou. Pro zaměstnance je tak daleko lepší využívat 3 m širokou a 51,6 m dlouhou prefabrikovanou lávku, která byla uvedena do provozu v září 2007.

NÁVRH ATYPICKÝCH ŽELEZOBETONOVÝCH PREFABRIKÁTŮ

Nosnou konstrukci lávky tvoří předpjatý pás opřený ve střední části o oblouk. Oblouk je v patách vetknut do integrovaných opěr (obr. 1). Předpjatý pás je vytvořen z dvaceti devíti segmentů délky 1,5 m a šířky 4,6 m. Oblouk má rozpětí 40,8 m a vzepětí 2,7 m. Tyto základní parametry vzešly z požadavků na minimální zásahy do nábrežních zdí, nivelety chodníku a úrovně hladiny stoleté vody v řece. Vodorovné síly se vyrovnají v opěře mezi pásem a obloukem, čili oblouk a předpjatý pás tvoří samokotvený systém, proto jsou do založení vnášeny pouze svislé síly [2]. Každá opěra je založena na šesti vrtaných pilotách průměru 940 mm. Segmenty pásu (chodníkové segmenty) jsou opřeny o oblouk prostřednictvím hřebínku, který byl dobetonován na stavbě po zmonolitnění oblouku. Délka hřebínku je 24 m, v krajních částech vytváří předpjatý pás řetězovku mezi koncem hřebínku a opěrou. Střední tři segmenty pásu jsou spráženy s obloukem pomocí ocelových trnů, které byly osazeny do oblouku před betonáží.

Předpětí pásu je vyvozeno čtyřmi kabely 12 Ø Ls 15,5-1800. Tyto nesoudržné kabely jsou zakotveny v opěrách. Lana jsou proti korozi chráněna PE obalem vyplněným mazivem (monostrand), navíc jsou zainjektována v plastových kanálcích. Horní povrch pásu je potažen pochůznou stěrkovou izolací. Vzhledem ke smíšenému provozu chodců a cyklistů na lávce je příčný sklon chodníku 2 ‰ a je proveden střešovitě, což umožňuje odvedení vody z mostu podél zvýšených okrajů až za opěry do pásových odvodňovačů typu „acodrain“.

Oblouk se skládá ze dvou tvarově shodných prefabrikátů vyrobených z betonu C70/85. Výška průřezu se mění od 0,55 m v patě po 0,25 m ve vrcholu. Šířka oblouku v patě je 1 m a narůstá směrem k vrcholu. Ve vzdálenosti 6,6 m od paty dochází k rozdělení oblouku symetricky na obě strany. Šířka obou větví klesá od 1,15 m v rozštěpu po 0,65 m ve vrcholu. Největší šířka rozvětveného oblouku ve vrcholu je 3,6 m. Hrany jsou tvořeny spojitými hladkými křivkami 2. řádu. Na základě požadavku architekta byla přesnost vytyčení hran volena tak, aby se sečna procházející libovolnými dvěma sousedními body na hraně neodchýlila od křivky více než 1 mm. K tomuto podrobnému vytyčení tvaru projektant navíc poskytl zhotoviteli na jeho žádost svislé řezy obloukem ve sklopené poloze, podle nichž byla vyrobena forma prefabrikátu. Investor se rozhodl ponechat oblouk bez sjednocujícího nátěru, proto musel beton splnit



i estetickou funkci, což znamenalo vysoké nároky na kvalitu jeho povrchu.

Pro veškerou manipulaci a montáž bylo nutno oblouk ztužit příčnými tyčemi CPS, z nichž jedna byla navíc opatřena silnostěnnou trubkou, aby bylo zabráněno příčné deformaci konců rozvětveného oblouku. V první fázi montáže byly prefabrikáty oblouku opěry v patě do opěry a zavěšeny na montážní kabely 1. fáze. Tyto kabely byly zakotveny v ocelovém přípravku, připnutém předpínacími tyčemi k oblouku. Druhý konec kabelů byl zakotven v opěře. Dočasný kloub v patě oblouku zajistilo elastomerové ložisko. V prefabrikátu byly také na horním povrchu zabetonovány plechy pro přivaření výtuzě hřebínku a v patě byly osazeny plechy, které umožnily v závěrečné fázi montáže svaření oblouku s opěrou, čímž bylo vytvořeno vetknutí.

STAVBA FORMY

V další části je popsána výroba, přeprava na stavbu a montáž prefabrikovaných oblouků tvaru písmene „Y“, které jsou základem nosné konstrukce lávky. Protože se jedná o unikátní obloukové prefabrikáty, které jsou zakřivené v podélné i příčné ose, je třeba se nejprve zmínit o stavbě formy.

Již od počátku bylo jasné, že z výrobního hlediska musí být forma postavena tak, aby pata i vrchol tzv. „Ypsilony“ byly na koncích formy v pomyslné nulové poloze a optický oblouk s největším vzetpětím cca 1 m zhruba uprostřed formy. Protože se však jednalo o nepravidelné zakřivení prvku, musel projektant připravit výrobní dokumentaci a vytvořit řezy celým prefabrikátem zhruba po 0,5 m, které byly nejdůležitějším podkladem pro výrobu formy.

Základ formy tvořily dvě spojené ocelové podložky, které byly nivelačním přístrojem srovnány do vodorovné polohy. Ve vzdálenostech shodných se vzdálenostmi řezů ve výrobní dokumentaci byly jednotlivé výšky tvořící oblouk (zakřivení) vyneseny na stojiny z profilované oceli U65. K těmto výškám byla v podélném směru přivařena další profilovaná ocel U160 a pro větší tuhost formy cca po 0,5 m dále příčně vyztuženy profily U120. Na tuto kostru formy byla přišroubována podlaha z Phenoxu tloušťky 19 mm a to tak, aby spoje jednotlivých tabulí tvořily uprostřed formy přesnou středovou osu celého prefabrikátu. Postupným rozměrováním byl na celou část podlahy nakreslen tvar budoucího prvku. Proti samovolnému posunutí a pro možnost rozebrání a znovu zkompletování byly na podlahu přišroubovány dorazy z úzkých proužků Phenoxu, tvořící samotné zakřivení bočnic formy. Pak byly nařezány boky příslušných výšek, vyztuženy žebry a přišroubovány k dorazům i podlaze. Protože boky tvořily pouze části délek maximálně 5 m, bylo je možno kdykoliv rozebrat a zase smontovat.

Nejproblematičtějším místem formy byl úsek, kde se prvek dělil na dvě symetrické části – vidličky. Zde bylo zakřivení

v obou směrech tak velké, že překračovalo pružnost dosud použitého materiálu. Tvar zakřivení ve spodní i vrchní části byl vyříznut a vzájemně spojen do tzv. „kastlu“. Tato část byla důkladně zpevněna latěmi, které tvořily požadované zakřivení. Nerovnosti na zaoblené části byly odstraněny zatmělením a pak zabroušením. Pouze tato část byla nerozebíratelná a pevně uchycena k podlaze. Bylo tedy nutné velmi opatrně a přesně prefabrikát z formy vytáhnout, aby nedošlo k sebemenšímu poškození formy. A to se v obou případech podařilo.

BETONÁŽ OBLOUKOVÝCH NOSÍKŮ

Složitá byla i výroba armokoše, kde nebylo možné použít standardních postupů. Proto předvyrobená výtuzě byla dopravena k místu betonáže, kde nad samotnou formou začali pracovníci vázat armokoš do požadovaného tvaru výrobku. Do něj bylo nutno předem vložit a přivázat zámečnické výrobky potřebné pro manipulaci s dílcem. Hustota vyztužení byla téměř 300 kg oceli na 1 m³ betonu, takže vázání bylo nejen technicky, ale i časově náročné. Zhotovený armokoš byl přenesen mimo formu, která byla před betonáží vyčištěna, natřena odformovacími prostředky a osazena měřicími terčiky a distančními tělísky. Pak byl armokoš vložen do formy a těsně před betonáží byla usazena zbývající manipulační kování (obr. 2 a 3).

Třída betonu byla předepsána C70/85, pro stupeň agresivity XF 1. Jedná se o vysokopevnostní beton, kdy se pevnosti po 28 dnech pohybují okolo 100 MPa. Vzhledem k množství a použité třídě cementu bylo nutno klást velký důraz na ošetřování betonu. V době, kdy probíhala betonáž jednotlivých vidliček, byla již

Obr. 1 Statické schéma prefabrikované lávky pro pěší přes řeku Svatku v Brně

Fig. 1 Static diagram of the prefabricated pedestrian bridge over the Svatka River in Brno

Obr. 2 Vložení armokoše do formy

Fig. 2 Inserting the reinforcing structure into the mould

Obr. 3 Betonáž prefabrikátu

Fig. 3 Concreting a prefabricated part



pata oblouku přikryta geotextilií a zavlazována. Ošetřování výrobků probíhalo až do jejich expedice na stavbu.

PŘEPRAVA NA STAVBU

Prefabrikáty, které byly dlouhé cca 20,5 m s šířkou téměř 3,6 m a nepravidelným tvarem, bylo nutno převézt z výroby v Tovačově na stavbu do ulice Heršpic-ká v Brně, a to bezpečně a bez jakéhokoliv porušení. K tomu byl použit speciální roztahovací návěs. Pro přepravu byl výrobek ztužen proti deformaci, velmi přesně osazen a zajištěn proti pohybu. Na stavbu byly oba dva díly dopraveny zcela v pořádku a bez porušení.

MONTÁŽ PREFABRIKOVANÉ LÁVKY

Montáž se uskutečnila ve dnech 16. až 17. června 2007. Na základě jednání s Policií města Brna byla pro montáž zvolena sobota a neděle, kdy je provoz v okolí budované lávky podstatně klidnější než v pracovní dny.

Váha jednoho kusu vystrojeného prefabrikátu činila 37 630 kg. Pro manipu-

laci s tímto břemenem byl zvolen kolový jeřáb Liebherr LT 1300 s nosností 300 t. Jeřáb je schopen manipulovat s břemenem do vyložení 24 m a do výše až 25 m.

Na oblouk byly namontovány ocelové kozlíky pro kotvení lanových závěsů a pomocná ocelová konstrukce pro následnou montáž obslužné podlahy a ochranného zábradlí. Rovněž byly připraveny dva montážní kabely z předpínacích lan – každý závěs se skládal ze sedmi lan \varnothing 15,5 mm. Při výrobě byly na pohledové plochy prefabrikátu osazeny měřicí terče. Tyto terče byly po betonáži ve výrobě zaměřeny a projektant k nim dopočítal souřadnice pro pozici v definitivním stavu po dokončení montáže.

Prefabrikovaný oblouk měl v místě osazení na opěru zabetonované kování pro svaření s opěrou. V opěře byl ocelový přípravek s elastomerovým ložiskem, které umožňovalo pootočení ve vertikální i horizontální rovině pomocí provizorních závěsů. Pro jeřáb byla v okolí opěry vybudována dvouvrstvá panelová plocha,

kteřá chránila stávající inženýrské sítě.

Po vystrojení byl prefabrikát zvednut na asymetrických lanech do výše 22 m a otočen do prostoru nad řekou. Velkou překážkou montáže byla lípová a topolová alej lemující oba břehy řeky Svratky, která nesměla být poškozena. Oblouk byl proto vyzdvížen až nad koruny stromů a otočen o 90° nad řeku. Poté byl spuštěn do polohy předepsané projektovou dokumentací. V průběhu montáže zjišťovali přesné osazení dva geodeti, kteří kontrovali polohu oblouku pomocí zabudovaných měřicích terčů. Na opěře byly ukotveny oba předpínací montážní kabely.

Následující fáze montáže byla nejnáročnější. Bylo třeba provést tzv. „přepřahování“. V této fázi drží jeřáb prefabrikát v předepsané poloze a současně jsou synchronně napínány oba provizorní montážní kabely ukotvené na jedné straně v ocelových kozlicích asi 4 m od vrcholu oblouku a na druhé straně ukotveny do opěr. Jeřáb byl vybaven zařízením, které průběžně vyhodnocuje zatí-



Obr. 4 Ukládání prefabrikátu na návěs
Fig. 4 Loading a prefabricated part on a semi-trailer



Obr. 5 Průběh manipulace s dílcem
Fig. 5 Procedure of handling a part



Obr. 6 Dokončená nosná konstrukce lávky
Fig. 6 Complete structure of the pedestrian bridge

Obr. 7 Dokončená lávka
Fig. 7 Completed pedestrian bridge

Literatura:

- [1] *Hrabětová H.*: Není Špilberk jako Spielberk. Článek v měsíčníku REALIT, srpen 2006
- [2] *Stráský J.*: Stress ribbon and cable-supported pedestrian bridges. Published by Thomas Telford Publishing, Thomas Telford Ltd, London 2005

žení na háku jeřábu. V průběhu „přepřahování“ byl porovnáván údaj zatížení na háku jeřábu s tlakem v hydraulickém systému napínacího zatížení. V momentě, kdy na ukazateli jeřábu byla nula, přebraly celé zatížení osazeného oblouku předpínací kabely. V této fázi byly uvolněny asymetrické závěsy jeřábu a prefabrikát byl fixován pouze předpínací výztuží. Poté byl jeřáb demontován a přemístěn na druhý břeh řeky.

Postup montáže druhého oblouku byl shodný s montáží prvního prefabrikátu. Po ukončení montáže byly oba dva díly ponechány v klidové poloze po dobu

sedmi dnů. Následně byla konstrukce geodeticky zaměřena, provedla se výšková a směrová rektifikace obou oblouků a byla zabetonována středová spára mezi oběma prefabrikáty. Přeprava a montáž je znázorněna na obr. 4 a 5.

ZÁVĚR

Příspěvek dokazuje, že vhodnou spoluprací projektanta a výrobce lze stavět z neobvyklých železobetonových prefabrikátů.

Lze tak vytvořit dílo, které je nejen funkční, ale i estetické. Bude sloužit několika generacím a zároveň propagovat vhodnost prefabrikace pro pozemní i dopravní stavitelství.

Stavba získala dvě hlavní ceny (za estetiku a technické řešení) v kategorii lávek s rozpětím od 30 do 60 m v mezinárodní soutěži Footbridge Awards 2008, která byla součástí konference Footbridge 2008. Ocenění bylo předáno na 3. ročníku konference začátkem července t.r. v portugalském Portu.

*Ing. Jan Tichý, CSc.
Skanska Prefa, a. s.
Litoměřická 723, 411 08 Štětí
tel. 416 812 474, fax: 416 812 551
e-mail: jan.tichy@skanska.cz
www.skanska.cz/prefa*

*Ing. Pavel Markovič
tel.: 581 701 518
e-mail: pavel.markovic@skanska.cz*

*Radim Votava
tel.: 581 701 520
e-mail: radim.votava@skanska.cz*

*oba: Skanska Prefa, a. s.
Provozovna 5200 Tovačov, 751 01 Tovačov
fax: 581 701 515, www.skanska.cz/prefa*

*Ing. Petr Štefan
Stráský, Hustý a partneři, s. r. o.
Bohunická 50, 619 00 Brno
tel.: 547 101 811, fax: 547 101 881
e-mail: p.stefan@shpbrno.cz, www.shpbrno.cz*

*Ing. Aleš Mendel
Skanska DS, a. s., závod Mosty
Bohunická 50, 659 27 Brno
tel.: 527 138 224, fax: 574 212 059
e-mail: ales.mendel@skanska.cz*



Celostátní odborná konference
KONFERENCE
ZKOUŠENÍ A JAKOST
VE STAVEBNICTVÍ '08

Tematické okruhy konference

- I. Normalizace, certifikace, věda a výzkum.
- II. Zkoušení betonu a zdiva.
- III. Zkoušení oceli, dřeva a dalších materiálů.
- IV. Zkoušení systémů TZB, stavebních prvků a celých konstrukcí.
- V. Přístrojová technika.

Odborní garanti konference:

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.
e-mail: dohnalek@zkouseniajakost.cz,
tel.: 602 324 116

Doc. Ing. Leonard Hobst, CSc.,
e-mail: hobst.l@fce.vutbr.cz, tel.: 603 313 372

Vědecký tajemník:

Ing. Petr Tůma, Ph.D.
e-mail: tuma@zkouseniajakost.cz,
tel.: 724 080 924

pořadatelé: Kloknerův ústav ČVUT v Praze
a Ústav stavebního zkušebnictví
FAST VUT v Brně

Praha, konferenční sál
Masarykovy koleje
20. a 21. října 2008

Organizační zajištění Konference:

Jana Marečková
e-mail: konference@zkouseniajakost.cz
tel: 224 353 546, fax: 224 353 840

Podrobné informace a přihlášky na www.zkouseniajakost.cz