



Výstavba nového Trojského mostu v Praze



Prof. Ing. Jan L. Vitek, CSc., FEng.
Absolvoval Stavební fakultu ČVUT v Praze, kde získal i další vědecké a pedagogické tituly. Pracuje ve funkci experta v a.s. Metrostav a zároveň je profesorem na katedře betonových a zděných konstrukcí na Stavební fakultě ČVUT v Praze. Je autorizovaným inženýrem v oboru mosty a inženýrské konstrukce. V současné době zastává funkci místopředsedy České betonářské společnosti ČBSI a řídí pracovní skupinu zabývající se navrhováním na mezní stavy použitelnosti Mezinárodní federace pro konstrukční beton (fib).
E-mail: vitek@metrostav.cz

Spoluautoři:
Ing. Ladislav Šašek, CSc.
E-mail: ladislav.sasek@mottmac.cz
Ing. Robert Brož, Ph.D.
E-mail: robert.broz@metrostav.cz
Ing. Vladimír Janata, CSc.,
E-mail: janata@excon.cz

V současné době se v Praze buduje severní část Městského okruhu. Jde o projekt známý pod jménem Tunelový komplex Blanka, sestávající zejména z mnoha tunelových staveb. Součástí projektu je i nový most přes Vltavu, který bude sloužit pro tramvajový, automobilový i pěší provoz. Po jeho dokončení bude možné odstranit dočasný tramvajový most, který je využíván od doby poslední rekonstrukce mostu Barikádníků.

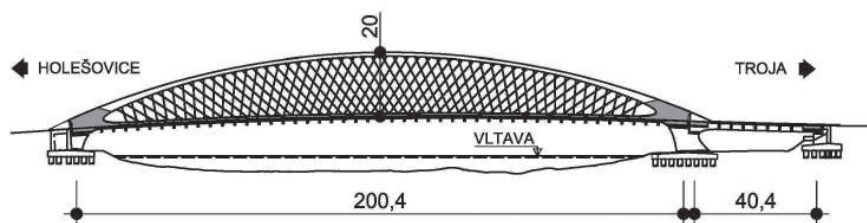
Článek popisuje výstavbu hlavních částí mostu. Nezmiňuje se o projektování, statických analýzách, o zakládání nebo spodní stavbě. Cílem je stručně informovat veřejnost o činnostech na staveništi, které mohou občané pozorovat v rekreační oblasti Troji v údolí Vltavy.

Úvod

Trojský most byl navržen v rámci projektu Tunelový komplex Blanka. V roce 2006 se investor rozhodl změnit projekt mostu a uspořádal soutěž o návrh. Vítězný návrh – oblouková hybridní konstrukce – se v současné době realizuje a bude patřit zejména svým rozpětím mezi největší mosty v ČR. Originální konstrukční systém i postup výstavby jsou předmětem řady diskuzí.

◀ *Ocelový oblouk Trojského mostu (foto: Tomáš Malý)*

▼ *Obr. 1. Podélný řez mostem*



Popis mostu

Přemostění tvoří dvojice samostatných konstrukcí, které jsou odděleny dilatací nad pilířem umístěným na trojském břehu. Hlavní pole nad Vltavou je navrženo jako prostě podepřená ocelová oblouková konstrukce s betonovou mostovkou o rozpětí 200,4 m. Navazující inundační pole na trojské straně je navrženo jako prostě podepřená dvoutřímová konstrukce rozpětí 40,35 m, z monolitického předpjatého betonu.

Celý most působí vizuálně jako jednotný, téměř symetrický celek díky stejné koncepci a tvaru příčného řezu (tvar příčniců a desky) a dalších totožných detailů zábradlí a dalšího vybavení mostu. Most celkové šířky 36,2 m (včetně konstrukce zábradlí) je rozdělen konstrukčním uspořádáním na jednotlivé jízdní pruhy pro různé druhy dopravy. Uprostřed je na samostatném tělese vedena dvoukolejná tramvajová trať, po stranách mostu probíhají symetricky dvě dvoupruhové vozovky a chodníky pro pěší a cyklisty.

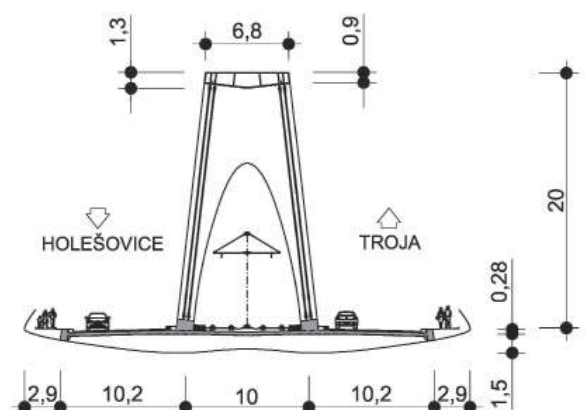
Trojský most je významná a odvážná mostní konstrukce, užívající dosud nezvyklých vzájemných vazeb stavebních prvků složených z ocelového oblouku a předpjaté betonové desky mostovky, vzájemně spojenými pomocí sítě závěsů. Způsob uspořádání a tvarování mostu, při rozpětí 200,4 m, vytváří světově unikátní konstrukci. Elegance mostu je dána zejména poměrem vzepětí a rozpětí oblouku, tedy jeho štíhlostí 1:10 a poměrem konstrukční výšky oblouku a jeho rozpětí 1/182. Tyto parametry umožňují hustá síť závěsů, jež dodává konstrukci odolnost a tuhost. Podélný řez mostem je vidět na obr. 1.

Konstrukční řešení

Podélně i příčně předpjatou desku mostovky podporují prefabrikované příčníky. Střední tramvajový pás je lemován konstrukcí ocelobetonových táhel oblouku (s vnitřním předpětím), které oddělují prostor komunikace a tramvajové těleso. Reakce oblouku přenášené mostovkou jsou eliminovány podélným předpětím. Použití prefabrikovaných příčnic umožnilo významné zrychlení postupu výstavby a úsporu provizorních a podpůrných konstrukcí při splnění vysokých požadavků kladených na přesnost a kvalitu. Příčné uspořádání mostu ilustruje obr. 2.

Ocelový oblouk se vzepětím 20 m má ve střední části komorový průřez tvaru pentagonu výšky 0,9–1,3 m, který se přibližně ve čtvrtinách rozpětí rozděluje směrem k okrajům na dva uzavřené čtyřúhelníkové komorové průřezy tak, aby vyhověl prostorovému uspořádání průjezdného profilu tramvajového tělesa. Současně

▼ *Obr. 2. Příčný řez uprostřed rozpětí*





▲ Obr. 3. Výrobna a část vysunutého roštu



▲ Obr. 4. Válce pro výsuv nosného roštu mostovky



▲ Obr. 5. Letecký snímek vysouvané konstrukce



▲ Obr. 6. Osazování patky oblouku

se tvarování ocelového oblouku řídilo statickými požadavky stejné tuhosti a plochy průřezů po celé jeho délce při zachování konstantní tloušťky plechů.

Trojský most představuje konstrukci obsahující řadu progresivních řešení včetně příslušenství. Poprvé v České republice jsou použity provozně osvědčené dilatační závěry francouzské firmy. Odvodnění vozovky a chodníků je zajištěno po celé délce mostu i na opěrách obrubníkovými odvodňovací anglické firmy. Dvoukolejná tramvajová trať ve střední části mostovky je přes most vedena na plovoucí monolitické železobetonové desce. Desku od nosné konstrukce odděluje elastomerová antivibrační rohož tloušťky 23 mm. Do desky jsou kotveny trakční stožáry, kolejnice a pojistné úhelníky. Na mostě je navržena bezстыková kolej. Kolejová dilatační zařízení jsou umístěna na opěrách za nosnou konstrukci.

▼ Obr. 7a. Krajní díl oblouku v dopravní poloze



Postup výstavby

Zatímco o způsobu výstavby hlavního pole přes řeku se dlouho uvažovalo, inundační pole mostu bylo betonováno na pevné skruži. Hlavní pole mostu představuje složitý konstrukční systém, který je optimalizován pro funkci v definitivním stadiu. Ve stavebních stádiích, kdy konstrukce ještě není úplná, je třeba řešit neobvyklé zatěžovací stavy. Z toho důvodu byl postup výstavby pečlivě zvažován a byla vyhodnocována celá řada variantních postupů, než byl nalezen ten, který je považován za optimální a realizuje se. Pro rozhodnutí byla sledována různá kritéria, z nichž hlavní jsou:

- spolehlivost kvalitního provedení konstrukce a eliminace rizik vzniku nekvality a zpoždění výstavby;

▼ Obr. 7b. Krajní díl oblouku osazený v čepu





▲ Obr. 8a. Zvedání krajního dílu oblouku na trojské straně

- hospodárnost a množství dočasných pomocných konstrukcí;
- omezení nepříznivého vlivu možného zvýšení hladiny vody ve Vltavě;
- možnosti využití omezeného prostoru na staveništi.

Z podrobného vyhodnocení vyplynulo, že se nejprve vybuduje deska mostu a z ní se bude montovat ocelový oblouk se závěsy.

Deska mostu se skládá z prefabrikovaných příčníků, monolitické desky a ocelobetonového táhla oblouku. Příčníky jsou zavěšeny na ocelové části táhla oblouku pomocí ocelových prvků přes šroubové spoje. Pro výstavbu desky mostu bylo třeba navrhnout pět mezilehlých dočasných podpor. Deska byla dále vyztužena provizorní příhradovou konstrukcí. Na holešovickém břehu byla postavena výrobní (obr. 3), ve které se postupně montovala provizorní příhradová konstrukce, ocelová část táhla oblouku a prefabrikované příčníky. Tak vznikla roštová konstrukce, která postupným vysouváním překlenula řeku.

Provizorní příhradová ocelová konstrukce sestává s dolního pásu a diagonál. Horní pás tvoří definitivní ocelová část táhla oblouku. Montáž ve výrobně byla zahájena sestavením dolního pásu provizorní příhradové konstrukce a diagonál. Na betonové podpory zbudované ve výrobně byly ustaveny vždy čtyři prefabrikované příčníky. Nakonec se instalovala ocelová část táhla, na kterou se přišroubovaly prefabrikované příčníky a diagonály. Tak vznikaly konstrukce, standardně o délce 16 m, které se postupně vysouvaly. Montáž byla mimořádně náročná na přesnost provedení proto, aby byl zachován požadovaný geometrický tvar konstrukce a aby bylo možné přesně nastavit všechny šroubové spoje. Tyto operace bylo proto velmi výhodné provádět v pevné poloze ve výrobně na holešovickém břehu řeky. Poloha příčníků byla přesně nastavena pomocí hydraulicky ovládaných stoliček.

Při výsuvu byla roštová konstrukce tažena pomocí předpínacích tyčí. Celkem bylo navrženo osm tyčí, ale prakticky se využívaly většinou pouze čtyři z nich. Každá tyč byla tažena hydraulickým válcem o kapacitě 60 t (obr. 4). V přední části byla konstrukce nastavena krátkým příhradovým výsuvným nosem (obr. 5), který zajišťoval plynulý nájezd na výsuvná ložiska. Výsuvná ložiska byla zjednodušena, aby se snížil počet pracovníků zajišťujících výsuv konstrukce. Na ložiska se umísťovala teflonová deska, po níž se přímo posouval spodní pás příhradové konstrukce. Odpadly tedy nerezové plechy a postupné zasouvání teflonových desek mezi ložisko a vysouvanou konstrukci. Tím se též snížilo riziko chyby při vkládání desek. Výsuvné síly byly pečlivě měřeny a bylo dosaženo velmi malých koeficientů tření (1–3 %). Celá konstrukce o délce 200 m byla vysunuta za cca 2,5 měsíce na jaře roku 2011.

Dále se betonovaly koncové příčníky mostu. Před jejich betonáží bylo nutné osadit ocelové patky oblouku, které jsou s koncovým příčníkem spřaženy (obr. 6). Ocelové patky byly uloženy na ocelovou konstrukci, jež se stala součástí koncového příčnicku. Složitě tvarované bednění koncových příčníků podepírala pevná skruž. Po zabetonování koncových příčníků pokračovala postupná betonáž desky mostu opět po úsecích o délce 16 m. Bednění pro desku mostu se vždy po zatvrdnutí betonu spustilo na loď a převezlo do dalšího záběru, kde se opět vyzdvihlo do betonážní polohy. Bednění bylo ukotveno do kotev zabetonovaných



▲ Obr. 8b. Zvedání krajního dílu oblouku na trojské straně

v prefabrikovaných příčnicích. Ihned po betonáži jednotlivých úseků desky se aktivovalo příčné předpětí. Po dobetonování desky se betonovalo po úsecích i spřažené ocelobetonové táhlo oblouku. Podélné předpětí desky mostu a táhla oblouku se aktivuje ve třech krocích. První třetina podélného předpětí se vnesla do konstrukce po dobetonování celé desky hlavního pole mostu. Takto vzniklá konstrukce má již dostatečnou únosnost pro montáž oblouku. Vysoké únosnosti a tuhosti konstrukce je dosaženo zejména tím, že pomocná příhradová konstrukce spolupůsobí s celou definitivní deskou a táhlem oblouku.

Patky oblouku jsou mimořádně namáhané části konstrukce. Přenášejí obloukovou sílu do mostovky a táhla a jsou v nich kotveny velké sedmatřicetilanové kabely podélného předpětí táhla. Samotná ocelová konstrukce patek by vyžadovala velké množství výztuh, aby lokální napětí mohla být spolehlivě přenesena. Množství výztuh bylo redukováno tím, že ocelové patky vyplnil vysokopevnostní samozhutitelný beton pevnostní třídy C80/95, který lokální napjatost roznáší.

Na hotovou desku mostovky byly postaveny věže z materiálu PIŽ-MO, jež sloužily k montáži oblouku mostu. Současně se v místě budoucí tramvajové trati zbudovala dráha, po které se postupně zavážely jednotlivé díly oblouku, jež byly svařovány do větších celků. K zavážení ocelových dílů se využily hydraulicky ovládané vozíky. Jednotlivé díly ocelové konstrukce oblouku byly svařeny do celků o délce přibližně jedné třetiny oblouku. Montáž začala třetinou oblouku na trojské straně, jejím zvednutím u patky oblouku a připojením do čepu na pomocné konstrukci u patky (obr. 7 a, b). Pak se tento díl zvedal na volném konci do potřebné výšky (obr. 8 a, b) a následně se přivařil k patce oblouku. Poté bylo možné demontovat malou pomocnou konstrukci s čepem. Podobně se zvedla i třetina oblouku na holešovické straně mostu (obr. 9). Jako poslední se začal zvedat střední díl mostu. Veškeré zvedací manipulace se prováděly pomocí tyčových závěsů a dutých hydrau-



▲ Obr. 9. Stav, kdy bylo dokončeno zvedání obou krajních dílů

lických válců (obr. 10). Hmotnost krajních dílů oblouku je přibližně 720 t, zatímco střední díl má hmotnost cca 680 t. Až bude oblouk kompletně svařen, stane se samonosným, a bude možné odstranit podpůrné věže. Následovat bude instalace závěsů. Závěsy se budou po instalaci napínat na poměrně malou sílu – cca 5–10 % únosnosti, aby se omezil jejich průhyb od vlastní tíhy a tím eliminovala nelineární složka tuhosti závěsu. Závěsy se budou instalovat po skupinách v pěti krocích tak, aby při instalaci a předpínání nedocházelo k nadměrné, respektive nesymetrické deformaci oblouku. Po instalaci všech závěsů se přeruší dolní pás pomocné příhradové konstrukce, následně se předepne druhá třetina podélného předpětí a celé hlavní pole mostu se spustí z výsuvných ložisek na provizorních podporách – zůstane podepřeno pouze na definitivních ložiskách. Deska mostu poklesne podle předpokladů statického výpočtu asi o 250 mm a zároveň tím dojde k plné aktivaci všech závěsů. Pak bude odstraněn zbytek provizorní příhradové konstrukce a následně se dopne poslední fáze podélného předpětí. Předpětí závěsů se pak zkontroluje. Pokud budou zjištěny odchylky od předpokládaných napětí, budou tyto závěsy rektifikovány optimalizovaným postupem s použitím metod lineárního programování a vztahových matic. Očekává se, že rektifikace by se mohla týkat cca 10 % závěsů. Vzápětí bude možné most dokončit. Budou namontovány ocelové chodníkové konzoly, vozovka, tramvajová trať, osvětlení, apod.

Betonové konstrukce

Všechny betonové konstrukce jsou navrženy z vysokohodnotných betonů, aby byla zajištěna dlouhodobá spolehlivá funkce mostu. Prefabrikované jsou příčnický z dodatečně předpjatého betonu C70/85 XF2. Prefabrikáty atypického tvaru mají délku 29,28 m, šířku 0,50 m a průměrnou výšku 0,41 až 1,53 m a jsou předepnuty dvěma devítitanovými soudržnými kabely systému SUSPA-DSI (obr. 11). Příčnický se vyráběly ve výrobně mostních segmentů v Brandýse nad Labem. Předpínání příčnicků probíhalo ve dvou fázích: první fáze byla napnuta ve výrobě, druhá po instalaci příčnicků na táhlo oblouku před výsuvem. Příčnický procházely řadou zatěžovacích

▼ Obr. 11. Prefabrikované příčnický na skládce



▲ Obr. 10. Duté hydraulické válce zvedající část oblouku na závěsných tyčích

stavů při dopravě a montáži, proto nebylo možné už ve výrobně aktivovat plné předpětí. Do příčnicků jsou zabetonovány ocelové kotevní prvky, které přenášejí zatížení z desky mostu do táhla oblouku (obr. 12). Tyto prvky byly ve výrobě připojeny šroubovým spojem k ocelové části táhla oblouku. Monolitické konstrukce inundačního mostu a hlavního pole mostu jsou z předpjatého betonu C50/60 XF2, pouze táhlo oblouku je vzhledem k většímu vystavení působení rozmrazovacích solí z betonu C50/60 XF4. Koncové příčnický inundačního mostu i hlavního pole jsou masivní konstrukce o rozměrech cca 30 x 4 x 1,8 m. Proto byla věnována mimořádná pozornost vlivu hydratačního tepla. Při betonážích v letních měsících (příčnický inundačního mostu) se beton chladil tekutým dusíkem. S cílem omezení trhlin vznikajících v počátečních fázích tvrdnutí betonu se do betonu přidávala polypropylenová vlákna. Inundační most má objem cca 1200 m³. Vzhledem k tvarové složitosti konstrukce a k nutnosti velmi pečlivě beton ukládat byla konstrukce inundačního mostu betonována ve třech betonážních dílech.

Mimořádná pozornost byla věnována betonáži táhla mostu. Prostor uvnitř bednění táhla byl vyplněn ocelovou částí táhla a dále výztuží, která byla dimenzována zejména na omezení trhlin (obr. 13). Bylo by ideální pro betonáž táhla použít samozhutnitelný beton, to však nebylo možné, protože povrch táhla dosahoval značných sklonů – až 8 %. Proto byl vyvinut speciální lehce zhutnitelný beton, který umožní betonáž prvků se skloněným povrchem a přitom je natolik pohyblivý, že pronikne malými otvory do nepřístupných částí bednění a hustou výztuží. Technologie betonáže byla odzkoušena na modelových vzorcích táhla v měřítku 1:1, kde se kontrolovalo probetonování všech detailů.

Beton použitý pro vyplnění patek oblouku byl navrhován na základě zkušeností s vývojem betonů velmi vysokých pevností. Cílem bylo dosáhnout vysokou pevnost betonu (konečná návrhová třída C80/95), aby beton mohl spolehlivě roznašet vysoká mechanická namáhání vznikající zejména v kotevní oblasti šesti sedmatřicetitanových kabelů umístěných v táhle oblouku. Dále byla požadována schopnost betonu kompletně vyplnit prostor omezený ocelovými výztuhami konstrukce. Složení betonu a postup betonáže se opět zkoušel podrobně na modelu konstrukce v měřítku 1:1, jenž byl vyroben z překližky. Pomocí vývrtů se

▼ Obr. 12. Kotevní prvek připraven pro zabetonování do příčnický





▲ Obr. 13. Táhl o oblouku před a po betonáži

ověřovala kvalita betonu i jeho schopnost vyplnit celý prostor. Teprve po úspěšném odzkoušení se přistoupilo k realizaci. Samozhutnitelný beton byl do patek oblouků čerpán odspodu a celé patky se vyplnily postupně ve čtyřech vrstvách. Z výsledků zkoušek vyplynulo, že skutečná pevnost betonu přesáhla 100 MPa.

Předpětí betonových konstrukcí

Všechny nosné betonové konstrukce jsou předepnuty. S výjimkou prefabrikovaných příčníků je použit předpínací systém VSL. Příčné předpětí desek hlavního pole i inundačního mostu zajišťují soudržné čtyřlankové kabely v plochých kanálcích. Lana podélného předpětí jsou umístěna v kruhových kanálcích a obsahují kabely různých velikostí od 7 až do 37 lan. Největší sedmatřicetilanové kabely se nacházejí v táhle oblouku (v každém z dvojice táhel je šest kabelů). Most leží v blízkosti nádraží Holešovice, u tunelů metra trasy C, a převádí tramvajovou trať. Je proto velmi exponovaný z hlediska bludných proudů. To byl jeden z důvodů návrhu předpětí s nejvyšším stupněm ochrany. Veškeré přepínací kabely jsou proto navrženy ve stupni ochrany PL3 (podle doporučení fib), jsou tedy umístěny v plastových kanálcích, jsou elektricky izolovány a monitorovány (umožňují měření odporu kdykoli během životnosti konstrukce). Tím je zajištěna maximální trvanlivost tohoto základního nosného systému.

Ocelové konstrukce

Výstavba mostu vyžadovala výrobu dočasných a definitivních ocelových konstrukcí. Dočasná konstrukce zahrnují zejména provizorní podpory v řece a provizorní příhradovou konstrukci. Další pomocné konstrukce jsou již menšího rozsahu – jde např. o konstrukce pro zvedání oblouku doplňující věže PIŽMO, a to v jejich podporové části i v oblasti horních plošin, pomocné konstrukce u čepů při zvedání krajních dílů oblouku, konstrukce související s výsuvem atd. Definitivní konstrukce zahrnují zejména ocelový oblouk, táhl o oblouku a tyčové závěsy.

Podpory v řece o rozměrech 19 x 6,5 m jsou navrženy jako ocelový rošt podepřený čtyřmi silnostěnnými trubkami profilu 1060 mm. Ty jsou podporovány velkopřůměrovými pilotami zakotvenými do únosného podloží. Po dokončení mostu budou trubky odříznuty v hloubce 1 m pod dnem řeky, protože je nutné dočasné podpory kompletně odstranit.

Provizorní příhradová konstrukce sestává s dolního pásu (I profil o výšce 800 mm) a diagonál. Vnější průměr diagonál je shodný (cca 400 mm), tloušťka stěny se liší podle zatížení od 12 do 40 mm. Horní pás příhradové konstrukce tvoří definitivní ocelová konstrukce táhla oblouku.

Závěs příčnicku je zcela zvláštní ocelová konstrukce zabetonovaná v příčnicku a přišroubovaná k ocelovému táhlu oblouku. Přenáší zatížení z desky mostu do táhla oblouku a dále do oblouku. Proto jde o zásadní část mostní konstrukce. Svařenec je vyroben z plechů tloušťky 25 až 70 mm z materiálu S 420 NL a S 420 NL + Z25. Tvar je přizpůsoben statické



▲ Obr. 14. Pohled na průřez oblouku ve střední části

funkci a požadavkům technologie výstavby. Celý prvek o rozměrech 590 x 1368 x 1926 mm váží 1050 kg (obr. 12).

Ocelová část táhla oblouku má tři základní vodorovné a dva svislé plechy. V rámci výrobního týmu je tento prvek nazýván omega, protože jeho průřez má přibližně tvar obráceného písmene omega. K příčným výztuhám jsou přišroubovány závěsy příčníků a též diagonály provizorní příhradové konstrukce. Na horní ploše jsou k svislým plechům přivařena oka pro tyčové závěsy. Omega je složena z plechů tloušťky 25 až 90 mm z materiálu S420 NL a S 420 NL + Z25. Délka typových dílů byla 16 m a hmotnost cca 23 t. Tyto díly byly postupně svařovány ve výrobně při výsuvu základního roštu.

Ocelový oblouk je nejsložitější ocelovou konstrukcí na mostě. Dutý průřez má ve vrcholu oblouku šířku cca 6,9 m a výšku proměnnou od 0,9 do 1,3 m (obr. 14). Směrem k podporám se průřez rozšiřuje, až se rozdělí na dvě nezávislé části (zhruba ve čtvrtině rozpětí), které jsou v patkách zakotveny do betonového koncového příčnicku. Oblouk je vyztužen řadou výztuh, čtyři podélné přenášejí zatížení z ok závěsů do celého průřezu, ostatní zajišťují tuhost konstrukce. Tloušťka horního a dolního plechu činí 60 mm, tloušťka podélných obvodových stěn 50 mm. Vnitřní podélné výztuhy jsou pouze 40 mm tlusté a příčná diafragmata mají tloušťku 25 mm. Na oka závěsů v oblasti patek jsou pak použity plechy o tloušťce až 80 mm. Pro oblouk je pro stěny a pásnice použit materiál S420 ML, zatímco ostatní části jsou ze základního materiálu S355 NL. Všechny spoje složité konstrukce jsou navrženy tak, aby umožňovaly nedestruktivní kontrolu nosných svarů.

Oblouk byl vyráběn v dílech o hmotnosti 43 až 83 t. Ty se dopravovaly na stavbu mostu a na předpolích se postupně svařovaly. Poté byly podélně svařené díly přesunuty to budoucího tramvajového pásu a následně svařeny do třech dílů, které byly zvedány do definitivní polohy.

Protikoroziční ochrana

Na ochranu ocelových konstrukcí jsou použity různé nátěrové systémy s ohledem na koroziční zatížení podle TP 84. Obecně lze nátěrový systém charakterizovat jako sestavu základního nátěru s vysokým obsahem zinku, dvou podkladních nátěrů a vrchního nátěru v odstínu bílé barvy. V exponovaných místech je protikoroziční ochrana posílena o další vrstvy, popřípadě je doplněno žárové zinkování.

Závěsy

Celkem dvě stě tyčových závěsů Macalloy, které tvoří síť oblouku, má průměry závitů v rozmezí 76 až 105 mm. Na obou koncích závěsů (na oblouku i na táhle) jsou připoje pomocí vidlice a čepu. Tyče systému Macalloy jsou vyrobeny z materiálu S520. Systém bezpečně splňuje požadavky na únavové působení. Systém ověřují zkoušky na 2 miliony cyklů při rozptylu napětí 130 MPa. Vidlice i další detaily byly inovovány, aby vyhověly vysokým požadavkům na únavové namáhání. Napínání závěsů hydraulickým zařízením připojeným na závitech v okolí napínákové matice je věnována mimořádná pozornost. Je připraven systém postupné rektifikace optimalizovaným postupem s použitím metod lineárního

programování a vztahových matic tak, aby šlo dosáhnout projektem požadované síly v jednotlivých závěsech co nejkratší cestou.

Monitoring mostu

Originální návrh konstrukce využívající možnosti materiálů a složitý postup výstavby vyžadují, aby se daly prováděné činnosti kontrolovat a aby se dalo ověřit, zda je konstrukce stavěna podle předpokladů projektu. Proto během celé výstavby probíhá monitorování konstrukce. Sestává jednak z geodetického sledování a dále z měření deformací na mostní konstrukci pomocí zabudovaných tenzometrů. Geodetické sledování se využívá při výsuvu a při velmi přesné kontrole polohy a tvaru všech částí mostu při montážích. Kromě geodetů a dodavatelů stavbu sleduje specializovaná firma. Program tenzometrických měření zajišťuje také specializovaná firma. V rámci programu sledování při výstavbě se měří deformace na pomocné příhradové konstrukci, v betonové mostovce, v oblouku a na všech závěsech. Dlouhodobý program sledování mostu předpokládá měření v mostovce, v oblouku a na vybraných závěsech mostu.

Závěr

Trojský most představuje jednu z nejvýznamnějších staveb poslední doby, je možná jedním z posledních mostů přes Vltavu, které v Praze vzniknou. Je proto patrně správné rozhodnutí investora postavit most originální, který se stane stavbou přitahující pozornost odborné i neodborné veřejnosti. Již svým rozpětím se most vymyká charakteru ostatních pražských mostů. Realizační tým věnuje maximální úsilí tomu, aby vznikající konstrukce byla bezpečně navržena a postavena a aby splňovala požadavky na moderní inženýrskou konstrukci. Zvláštní pozornost se proto věnuje trvanlivosti a dlouhodobé životnosti konstrukce. Používají se inovativní, ale ověřené technologie a materiály. Kromě vlastní nosné konstrukce se dbá na funkčnost, kvalitu a vzhled i ostatních součástí mostu. V současné době se dokončuje oblouk mostu. I laická veřejnost si už může představit, jak bude dílo vypadat. Dokončení mostu se předpokládá na podzim roku 2013, avšak plný provoz bude zahájen až při kompletním dokončení projektu Blanka v první polovině roku 2014. ■

Při výstavbě mostu byly použity poznatky získané při řešení projektu MPO ČR č. FR-TI3/531.

Základní údaje o stavbě

Autorský tým:	Jiří Petrák, Ladislav Šašek, Roman Koucký, Libor Kábrt
Projektant RDS:	Mott MacDonald CZ, spol. s r.o., Ladislav Šašek, Petr Nehasil
Projektant ocelové konstrukce:	Excon, a.s., Vladimír Janata, Dalibor Gregor
Architektura a 3D koordinace:	Roman Koucký architektonická kancelář, s.r.o., R. Koucký, L. Kábrt
Projektant výsuvu a supervize zhotovitele:	NOVÁK & PARTNER, s.r.o., L. Vráblík, M. Šístek
Koordinátor projektů MO Blanka:	Satra a.s., Alexandr Butovič
Správce stavby:	IDS a.s., Josef Kalíšek, Luděk Fuchs, Jiří Plachý
Zhotovitel mostu:	Metrostav a.s.
Vedení projektu:	Alexandr Trvrz, Zdeněk Račan, Petr Koukolík
Příprava projektu:	Robert Brož, Vladimír Hájek, Pavel Guňka

Experti:

Jan L. Vitek, Miroslav Škaloud

Autor koncepce výstavby: Petr Vitek

Výsuv mostu a manipulace s montážními dílci:

Metrostav a.s., Tomáš Wangler, Jiří Lukeš
Metrostav a.s., Jindřich Hátle, Josef Olenič, Leoš Gurný, MCE Slaný a.s., Jan Svoboda, Vladan Michalík

Zhotovitel OK:

Metrostav a.s., Jindřich Hátle, Josef Olenič, Leoš Gurný, MCE Slaný a.s., Jan Svoboda, Vladan Michalík

Geodetické práce:

Metrostav a.s., Jakub Beneš, Martin Hanzl, CCE Praha, spol. s r.o., Jaroslav Pohan, Jiří Bouček

Dodávka, montáž a předpínání závěsů Macalloy:

Tension systems, s.r.o., Jiří Schlossbauer
TBG Metrostav, s.r.o., Milada Mazurová, Robert Coufal

Bednění monolitických konstrukcí:

Česká Doka bednicí technika spol. s r.o.

Monitoring:

PONTEX, s.r.o., Tomáš Míčka, Tomáš Klier

Použitá literatura:

- [1] Šašek, L. a kol.: Projekt Trojského mostu. Sborník 17. mezinárodního symposia Mosty 2012, Sekurkon 2012.
- [2] Vitek, J. L. a kol.: Výstavba Trojského mostu v Praze. Sborník 17. mezinárodního symposia Mosty 2012, Sekurkon 2012.
- [3] Hátle, J.: Výstavba Trojského mostu v Praze. Silnice a železnice 2/2012.
- [4] Gregor, D. a kol.: New Troja Bridge in Prague – Concept and Structural Analysis of Steel Parts. Steel Structures and Bridges 2012 – 23rd Czech and Slovak International Conference, in Elsevier Procedia Engineering, Volume 40, pp. 131–136.
- [5] Janata, V. a kol.: New Troja Bridge in Prague – Structural Solution of Steel Parts. Steel Structures and Bridges 2012 – 23rd Czech and Slovak International Conference, in Elsevier Procedia Engineering, Volume 40, pp. 159–164.

english synopsis

Design and Construction of the Bridge "Trojský most" at the Ring Road in Prague

The new Troja Bridge in Prague represents a significant original hybrid structure crossing the Vltava River. The network steel arch with the deck made of prestressed concrete forms the main span of the bridge 200.4 m long. The side span made of prestressed concrete is about 40 m long. The construction started by incremental launching of the bridge deck using temporary supports in the river. After casting of the slab of the bridge, the arch was assembled. Finally the hangers will be installed and prestressed. Then the temporary supports will be removed and the bridge will be completed.

klíčová slova:

beton, ocel, most, síťový oblouk, předpětí, závěsy, zvedání, vysouvání

keywords:

concrete, steel, bridge, network arch, prestressing, hangers, lifting, incremental launching

odborné posouzení článku:

Ing. Michael Trnka, CSc.,

autorizovaný inženýr oborů statika a dynamika stavebních konstrukcí a mosty a inženýrské konstrukce