

# STARÝ MOST BRATISLAVA – DEMONTÁŽ PŮVODNÍ A MONTÁŽ NOVÉ KONSTRUKCE

**Ing. Pavel Báča**

**Ing. Oldřich Klimeš**

**Ing. Petr Brosch**

*OKF s.r.o., Brno, [pavel.baca@okf.cz](mailto:pavel.baca@okf.cz)*

## ÚVOD

Starý most v Bratislavě překlenující v délce cca 460m řeku Dunaj ze Starého Mesta do Petržalky není zdaleka prvním přemostěním tohoto veletoku v dané lokalitě.

V místě pontonového mostu z roku 1825 byl v letech 1889-1890 realizován most Františka Josefa, později po vzniku ČSR přejmenovaný na Štefánikov most. Jeho ocelová konstrukce byla zničena v závěru druhé světové války ustupujícími německými vojsky. Na zachovaných kamenných pilířích byl z trofejních zásob ženiných mostních provizorií v roce 1946 postaven silniční most a v roce 1950 uveden do provozu most železniční vyrobený ve Vítkovických železárnách. Do roku 1972 byl jediným mostem ve městě. Železniční doprava byla už v roce 1983 převedena na Přístavní most. V roce 2008 došlo k omezení provozu na silničním mostu pouze na veřejnou dopravu, od května 2010 byl Starý most uzavřen i pro MHD a sloužil pouze pěším.

Silniční mostní konstrukce byla původně uvažována jako 15 leté provizorium. Byla vyrobena z neuklidněné oceli odpovídající S235JO. Na základě zkoušek se zjistila nízká houževnatost a náchylnost ke křehkému lomu, ocel byla vyhodnocena jako nevhodná ke svařování.

Železniční mostní konstrukce byla vyrobena z neuklidněné oceli odpovídající S275JR s nevyhovující nízkou rázovou houževnatostí. Ocel byla vyhodnocena jako nevhodná ke svařování.

Statické schéma obou konstrukcí tvořila soustava prostých příhradových nosníků s dolní mostovkou. Průřezy konstrukcí byly navrženy jako složené a členěné pruty spojené pomocí nýtů. Značná šterbinová koroze způsobila rozevření profilů a narušení předpokladů pro správné statické působení profilů.

S ohledem na kritický havarijní stav bylo v roce 2013 přistoupeno k náhradě historických konstrukcí novým vizuálně podobným mostem s menším počtem pilířů pro zvýšení plavebního gabaritu.

V tomto článku přiblížíme způsob demontáže obou starých konstrukcí plavením na pontonech na jaře 2014, zesilování stávajících konstrukcí před demontáží i prvky řešené pro montáž a výsun nové ocelové mostní konstrukce prováděný v průběhu roku 2015.

## DEMONTÁŽ

Volba způsobu demontáže byla mj. ovlivněna potřebou minimalizovat omezení lodní dopravy na evropsky významné vodní cestě. S využitím plavidel byla konstrukce podepřena a následně rozpalována na kusy manipulovatelné běžnou stavební mechanizací. Tyto části konstrukce se nakládaly do transportních lodí a odváženy do Zimného přístavu, k dalšímu dělení a následnému transportu do hutí.

Vybrané pruty nebyly ihned šrotovány, ale uschovány pro pozdější využití v konstrukcích potřebných pro stavbu nového mostu.

Pro demontáž z vodní hladiny bylo navrženo soulodí tří člunů s doplňkovými nástavbami umožňujícími podepření mostní konstrukce. Středový člun typu TTČ-1600 délky 80metrů využitý jako plošina pro pohyb manipulační a jeřábové techniky. Vnější čluny typu DE-16100 standardně používané pro převoz sypkého materiálu, do nichž byly vestavěny podpůrné konstrukce potřebné výšky využívající vhodné úseky příhradových vazníků z předpolí silničního mostu, které byly demontovány v předstihu suchou cestou z prostoru náplavky.

Vazníky z předpolí byly rozděleny a ve člunech uloženy vždy dvě a dvě části na sebe. Sestava působila staticky jako jeden nosník, po doplnění příčnými ztužidly a po potřebném lokálním zesílení rovnoměrně roznášející zatížení na dno člunu. Na horním dílu byla vytvořena pracovní plošina, na kterou bylo umístěno osm hydraulických lisů pro přizvedávání mostní konstrukce. Poloha lisů byla fixně určena vůči pomocné konstrukci v soulodí, a proto při podpírání jednotlivých demontovaných polí mostů docházelo i k definovanému mimo-styčnickovému podpírání konstrukce. Taková změna okrajových podmínek se přirozeně promítala do silových účinků v jednotlivých prvcích mostní příhradové konstrukce. Statický výpočet proto stanovil míru využití jednotlivých prvků konstrukce pro jednotlivé fáze zvedání i možné působení klimatických zatížení a určily pruty k zesílení.

Soulodí udržovala v přesné poloze sestava ocelových lan zakotvených na pilíře mostu pomocí ocelového příčnicku. Byl tvořen svařovaným dvoukomorovým vyztuženým truhlíkem, do jehož otevřených konců se ukládaly hydraulické lisy. Sloužily pro dopínání či povolování kotevních lan nejen při počátečním ustavování polohy soulodí, ale i v reakci na změny výšky hladiny nebo rychlosti proudu, které způsobovaly nárůst či pokles sil v lanech a tím jejich zkrácení nebo prodloužení. Zajímavým konstrukčním detailem bylo uložení lisů na sférických rektifikačních stoličkách umožňujících natáčení celé sestavy každého lisu.



Obr. 1 Železniční most na soulodí

Obr. 2 Zakotvené soulodí

Obr. 3 Kotevní příčník na pilíři

## ZESILOVÁNÍ STÁVAJÍCÍCH MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ

Návrh zesílení stávající konstrukce za účelem zvládnutí všech demontážních stavů s potřebnou bezpečností ztížil havarijní stav konstrukce a použitý materiál s obtížnou svařitelností. Ocelová konstrukce byla značně poškozena korozí. Při odstraňování koroze pro přístup k základnímu materiálu se některé prvky oslabily až na hranici jejich použitelnosti. Z důvodu použitého materiálu byly hlavní prvky zajišťující stabilitu konstrukce vyprojektovány tak, aby samostatně přenesly celkové silové účinky v konstrukci a jejich spolehlivost co nejméně závisela na montážních svarech ke stávající konstrukci. Zvolený systém proto přenášel silové účinky zejména kontaktem, pomocí šroubů či zarážek.

Na železničním mostu byly jednotlivé úseky příhradové konstrukce zesilovány třemi způsoby: Vkládáním nových prutů do konstrukce, pomocí zesilování stávajících prutů navařováním plechů a navařováním přidavných válcovaných průřezů. Nejdůležitější prvek, zesílení určené svislice se realizovalo v blízkosti lokálního zatížení v místě hydraulických lisů vložením doplňujících HEA 220 z boků stávajícího prutu. Doplňující profil byl v patě opatřen roznášecím plechem s výztuhami a v horní části se opíral o styčník stávající svislice a diagonál pomocí navařeného roznášecího šikmého kozlíku. Pro zajištění zachování geometrie v příčném směru byla do profilu železničního mostu doplněna křížová demontážní ztužidla v místech uložení na krajní lisy.

Konstrukce silničního mostu byly zesíleny dvěma způsoby: Navařováním plechů a navařováním válcovaných průřezů ke stávajícím prutům. Zesílení stávající úhelníkové svislice sledující zlepšení tuhosti proti vzpěru bylo prováděno navařením dalších dvou válcovaných úhelníků neekonomičtěji zvyšujících plochu průřezu na potřebnou hodnotu. Zesílení spodního pasu bylo řešeno uzavřením členěného průřezu pomocí doplňujících pásnic z plechů, přičemž zkorodované spojovací úhelníky byly postupně odstraněny.

## PRVKY PRO MONTÁŽ A VÝSUN NOVÉ KONSTRUKCE



Pro montáž nové konstrukce Starého Mostu bylo navrženo několik netypických ocelových konstrukcí. Ty sloužily pro usnadnění montáže jednotlivých dílců konstrukce dovážených na staveniště z mostárny a další pro následné postupné výsuny konstrukce z montovny na petržalském předpolí přes řeku.

*Obr. 4 Pohled na most při výsunu*

## Konstrukce montovny

Pro montáž jednotlivých segmentů mostu z přivezených dílců sloužil objekt montovny situovaný v prostoru náplavky. Segmenty se montovaly již na výsuvné dráze, která byla součástí montovny. Ocelovou konstrukci montovny na monolitických železobetonových sloupech tvořila výsuvná ložiska umístěná na hlavicích propojená podélníky a příčníky, které zároveň představovaly horní části ztužidel tvaru K, která zajišťovala příčnou stabilitu celé až 9m vysoké konstrukce. Příčníky sloužily i pro vytvoření pracovní plošiny kryté podestovými plechy zajišťující přístup k montážním stykům spodních pasů, mostovky a spodního ztužení.

Za zajímavost lze považovat ekonomizující zadání využít pro tyto prvky profilů nýtovaných podélníků původního železničního mostu vybraných před sešrotováním. Pro projektanta to nutilo k návrhu složitých detailů, kde přenosy hlavních silových účinků zajišťovaly šroubové styky a systém zářezek.



Obr. 5 Příčníky montovny z původních podélníků

## Konstrukce otoče

Mezi pilířem P7 a opěrou P8 byla montovna rozšířena do boků vně výsuvné dráhy. Toto rozšíření mělo sloužit pro montáž hlavních příhradových nosníků ve vodorovné poloze s následným vztyčením hlavních nosníků do svislé polohy a připojení k mostovce. Ke vztyčení hlavních smontovaných hlavních nosníků byla navržena konstrukce otoče.

Konstrukce otočí se otáčely kolem čepů uložených na hlavicích střední části montovny. Na každé montážní plošině byla umístěna dvojice propojených otočí. Každé rameno otoče tvořila z dvojice profilů HEB 500 propojených spojkami z plechů a v patě doplněných krátkou konzolou průřezu U s výztuhami, které ve svislé poloze vynášela tíhu dílce otáčeného hlavního nosníku.



Obr. 6 Otoč v první fázi zdvihu

Tyto krátké konzoly se demontovaly po aktivaci rektifikačních lisů v hlavicích na příčnicích daného pole montovny. Zvedání otoče se provádělo ve dvou etapách: V první fázi otoč s konstrukcí zvedaly mobilní jeřáby. Pro zajištění řízeného dozvednutí a dosednutí konstrukce na lisy v hlavicích, byl pohyb v poslední fázi do svislice zajištěn pomocí šikmých hydraulických lisů zabudovaných otočně a posuvně do celého zařízení. Ve svislé poloze byla poloha fixována pomocí šikmé vzpěry.

Podélné síly z výsuvné dráhy, které vznikaly při výsunu hlavní nosné konstrukce mostu, byly do základové konstrukce přenášeny pomocí šikmých vzpěr. I tyto vzpěry byly navrženy a realizovány ekonomicky z dvojice podélníků vybraných z demontované původní konstrukce. Pro zvýšení tuhosti byly vyplněny betonem.

## Nájezdová klapka

Při výsunu dochází k principiálně nutným deformacím volného konce mostu, pro přizvednutí hlavní konstrukce při nájezdu na výsuvná ložiska sloužila nájezdová klapka.

Nájezdová klapka se skládala z dvojice ramen ovládaných hydraulickými lisy. Stabilitu celé klapky zajišťovalo prostorové příhradové ztužení propojující ramena navařená na levý a pravý hlavní nosník mostu. Ramena tvořily svařované truhlíky s vnitřními výztuhami, u pevného ramene i s vnitřními stojinami. Pevná horní ramena byla napojena na hlavní nosník mostní konstrukce, spodní pohyblivá ramena otáčivá na čepch osazených do spodní části pevného ramene. Horní částí pevného ramene prochází hydraulické válce typu Transfera. Jejich připojení bylo řešeno kardanovým kloubem pro eliminaci příčných sil působících na válec. Historickou zajímavostí je, že tyto konkrétní lisy byly zapojeny již do přesunu kostela Nanebevzetí Panny Marie v Mostu v roce 1975.

Postup použití klapky: Po přisunutí celé mostní konstrukce těsně před pilíř se zvednuté spodní rameno opřelo o otočný bod umístěný na pilíři před výsuvným ložiskem. Výsunem hydraulického lisu v klapce došlo k vyrovnání ramene do roviny a tím přizvednutí dosud volného konce mostu. Následným spuštěním otočného bodu došlo k dosednutí dolních pásnic ramen klapky na další výsuvná ložiska a celá konstrukce mostu mohla pokračovat ve výsunu.



Obr. 7. Klapka po přejezdu pilíře s výsuvným zařízením

## Konstrukce výsuvného zařízení

Pro vysunutí konstrukce mostu byla použita sestava dvou lisů pod každým hlavním nosníkem mostu umístěná na pilíři P6 na hraně břehu na straně Petržalky.

Tento pilíř tvořil pevný bod pro výsun a přenos vodorovných sil do základové konstrukce zajišťovaly šikmé vzpěry.

Výsuvné zařízení tvořily dvě části: Pevná dráha pevně ukotvená do monolitického bloku na hlavě pilíře a posuvná část, která se pohybovala po dráze. Obě části propojily lisy, které pohybovaly posuvnou částí. Pro zajištění hladkého a rovnoměrného pohybu, byla horní pojížděná plocha opracována, pohyblivá část opatřena kluznými bloky, dráha byla namazána a mezi výsuny chráněna před povětrnostními vlivy. Ve funkci táhel byly využity tyče předpínací výztuže, pro jejich zakotvení sloužily ocelové příčníky s otvory pro vedení tyčí na pevné i na cyklicky se pohybující části.



Obr. 8. Výsuvné zařízení na nábrežním pilíři

## Konstrukce výsuvných ložisek

Na hlavách pilířů byly pro výsun konstrukce zabetonovány výsuvná ložiska, která pro provedení výsunu slouží jako základní část pro ložiska definitivní. Výsuvná ložiska se skládají ze dvou částí.

Zabetonovaná část tvoří svařený ocelový rám z HEB profilů, doplněný sprahovacími trny. Z této části vychází nad hlavu pilíře kotevní prvek pro boční vedení. Z důvodu lokálního rozšíření dolního pasu konstrukce bylo nutné navrhnout boční vedení stavitelné. Součástí tohoto rámu jsou ozuby, které tvoří rám pro elastomerové ložisko.

Horní přímo pojížděný díl tvoří svařenec, horní plocha byla opracovaná s vytvořenými náběhy, tuto část pokrýval nerezový plech pro snížení tření při výsunu. Při výsunu se mezi kluznou plochu z nerezového plechu a spodní pas hlavní nosné konstrukce vkládaly teflonové desky. Spodní pásnici dílce obsahovaly protikusy ozubů, pro přesné osazení a přenos vodorovných sil od výsunu. Propojení a vyztužení pásnic tvořila sestava vnějších a vnitřních stojin s množstvím vnitřních výztuh. Z důvodů nutnosti vzájemného provaření stojin a výztuh, nastala nutnost dílenských styků spodní pásnice. Odstranění vnitřního napětí od tepelného namáhání při provádění velkého množství svarů se provedlo tepelným zpracováním, pomocí žíhání.

### Účastníci výstavby:

Investor:	Hlavné město SR Bratislava
Generální projektant:	Alfa 04, a.s., Bratislava
Projekt OK:	SHP s.r.o., Brno
Projekt montáže:	LKM Consult s.r.o., 00 Brno OKF s.r.o., Brno
Generální dodavatel:	EUROVIA CS, a.s., Praha 1