



1a

NOVÝ SILNIČNÍ MOST PŘES VÁH V TRENČÍNĚ ■ NEW BRIDGE OVER THE VÁH RIVER IN TRENČÍN

Lukáš Vráblík, Jiří Jachan,
Tatiana Meřová, David Malina,
Martin Sedmík

Mostní objekt SO 202 přes Váh v Trenčíně je součástí I. etapy plánovaného jihovýchodního obchvatu města. Celková délka stavby „I/61 Trenčín – most“ je 2,45 km. Celá řešená stavba je tvořena samotnou silniční komunikací a čtyřmi mostními objekty. Dominantní z celé stavby je svou délkou téměř 540 m právě dokončený nový most přes Biskupický kanál a řeku Váh. ■ The bridge structure SO 202 over the Váh River in Trenčín is part of the first stage of the planned south-eastern bypass of the Trenčín city. The total length of this bypass part called “I / 61 Trenčín – Bridge” is 2,450 km. The bypass consists of four bridges and roads. The new bridge over the Biskupice canal and Vah river with total length 540 m forms a dominant of the whole bypass part.

V březnu letošního roku byl slavnostně uveden do provozu dlouho očekávaný druhý silniční most přes Váh v Trenčíně. Částečně se tak vyřešila dlouhodobá zcela nevyhovující dopravní situace ve městě, kdy jakákoliv drobná nehoda na starém mostě přes Váh znamenala totální kolaps celého dopravního systému města.

Mostní objekt SO 202 na realizovaném jihovýchodním obchvatu města Trenčín převádí komunikaci I/61 v kategorii 11,5/80 přes Biskupický kanál a řeku Váh. Stavba se nachází přímo v intravilánu města Trenčín. Komunikace je před a za mostem vedena na násypu výšky cca 9,5 m. Kromě Biskupického kanálu a řeky Váhu most překračuje inundční území Váhu, obslužné komunikace Biskupického kanálu a levobřežní cyklostezku.

POPIS MOSTNÍHO OBJEKTU

Mostní objekt s celkovou délkou přemostění 524 m má volnou šířku mezi svodidly 11,5 až 14 m. Směrově je trasa vedena ve dvou protisměrných přechodnicových obloucích délky 100 a 120 m s vloženou přímkou délky 431,8 m. Niveleta komunikace je vedena v první části mostu ve výškovém oblouku s poloměrem 9000 m a se sklonem (ve směru staničení) +3,5 % a -1,17 %. V druhé části mostu je pak komunikace vedena v konstantním klesání – 1,17 %. Příčný sklon je po celé délce mostu jednostranný s konstantní hodnotou 2,5 %.

Most v celé délce respektuje požadavky na ochranné pásmo letiště Trenčín v horizontu cca 5 až 5,5 m nad niveletou a zároveň v prostoru Biskupického ka-

nálu výhledové rozšíření plavebního gabaritu na šířku 50 m a výšku profilu 7 m.

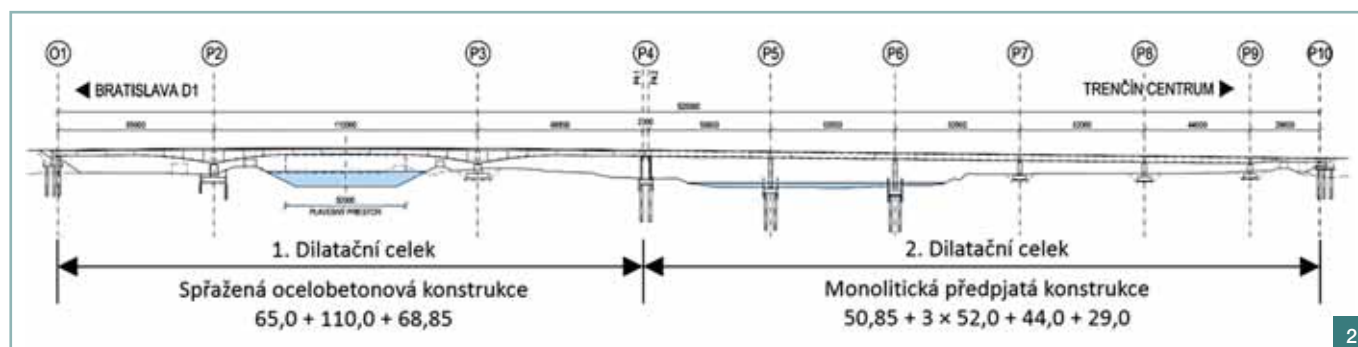
Konstrukce mostu je navržena jako dva dilatační celky – dva spojitě nosníky (obr. 2). První dilatační úsek má celkovou délku 245,55 m, jedná se o spojitý nosník o třech polích tvořený spřaženou komorovou předpjatou ocelobetonovou konstrukcí. Druhý dilatační celek má celkovou délku 281,65 m, jedná se o spojitý nosník o šesti polích komorového a trojtrámového příčného řezu z předpjatého betonu. Spodní stavba je tvořena krajními opěrami a mezi-
lehlými pilíři.

NÁVRH A REALIZACE ZALOŽENÍ MOSTU

Území pod mostem je součástí říční nivy Váhu, která je vyplněna naplaveninami v podobě písčitých a zahliněných štěrků. Pod těmito vrstvami se nachází horninové podloží tvořené zejména jílovcí, slínovci a vápenci.

Celé okolí mostu je značně ovlivněné starší stavební činností s velkým výskytem navážek stavebního odpadu, místy o mocnosti 3 až 4 m.

Založení mostu je navrženo jako kombinované hlubinné na velkopřůměrových pilotách a plošné. Hlubinné založení na pilotách průměru 1 180 mm



2



1b

je navrženo pro krajní opěry O1 a O10 a pro pilíře v blízkosti řeky Váh – P4, P5 a P6. Ostatní pilíře jsou založeny plošně na upraveném podloží se štěrkopískovým polštářem. Stavební jámy byly pro pilíř P3, P7, P8 a P9 navrženy jako svahované se sklonem 1:1. Pro pilíř P4, P5 a P6 bylo použito trvalé pažení stavebních jam štětovicemi s ohledem na ochranu založení těchto pilířů proti případným účinkům proudící vody. Pro pilíř P2 byla stavební jáma stabilizována pomocí záporového pažení – do vrtů byly zabetonovány I nosníky a během výkopových prací bylo následně realizováno vystrojení pažení.

KRAJNÍ OPĚRY, PILÍŘE

Krajní opěry O1 a O10 jsou navrženy a realizovány jako monolitické masivní ze železobetonu. Jejich součástí jsou

i rovnoběžná křídla a plentovací zídky pro zabránění vstupu k mostu.

S ohledem na provedené úpravy nosné konstrukce a zatížení pilířů je tvar mezilehlých podpor po délce mostu proměnný.

Pilíře P2 a P3 jsou tvořené železobetonovou masivní stojkou konstantního oválného příčného řezu po celé výšce (obr. 3). Rozměry opsaného obdélníka jsou 3 × 7 m. Pilíř je navržen jako vetknutý do základové desky.

Pilíř P4 je navržen jako dilatační – přechodový mezi prvním a druhým dilatačním celkem mostu (obr. 4). Příčný řez je opět konstantní po celé výšce. Vzhledem k požadavku na umístění čtveřice ložisek je navržen jako obdélníkový průřez s výrazně zaoblenými hranami. Rozměry hran opsaného obdélníka jsou 4,3 × 8,7 m.

Obr. 1 Dokončená konstrukce mostu přes Váh v Trenčíně: a) 1. dilatační celek, b) 2. dilatační celek ■ Fig. 1 Finished construction process of the bridge structure over the Vah river in Trenčin: a) 1st dilatation struction part, b) 2nd dilatation struction part

Obr. 2 Podélné schéma konstrukce ■ Fig. 2 Longitudinal structure scheme

Obr. 3 Konstrukční a tvarové řešení pilíře P2 a P3 – 1. dilatační celek ■ Fig. 3 Geometrical and structural solution of piers P2 – P3

Obr. 4 Konstrukční a tvarové řešení přechodového pilíře P4 – rozhraní mezi 1. DC a 2. DC ■ Fig. 4 Geometrical and structural solution of pier P4

Obr. 5 Konstrukční a tvarové řešení pilířů P5 až P9 – 2. dilatační celek ■ Fig. 5 Geometrical and structural solution of piers P5 – P9



3



4



5

DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ!

Prosíme všechny autory
o zaslání abstrakt

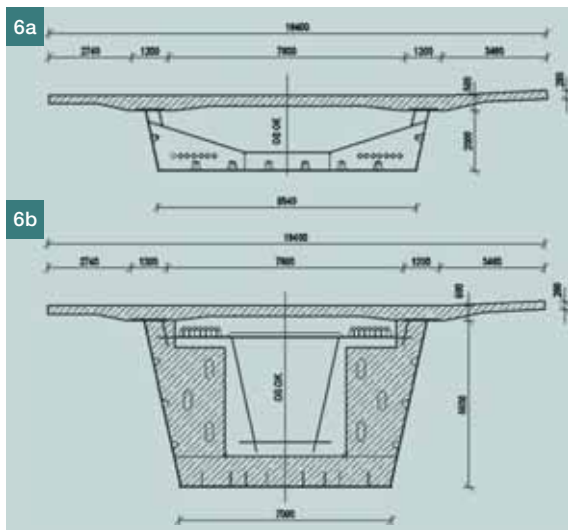
do **30. 9. 2015**
přes www.pspraha.cz

13. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE
PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2016
3. VÝCHODOEVROPSKÁ TUNELÁŘSKÁ KONFERENCE
EETC 2016

23.–25. KVĚTNA 2016 | PRAHA, ČESKÁ REPUBLIKA



ps2016@guarant.cz | www.ps2016.cz



Zbylé pilíře P5 až P9 jsou navrženy jako dvojice kruhových stojek průměru 1,8 m (obr. 5). Výška jednotlivých stojek je proměnná s ohledem na konfiguraci terénu, niveletu převáděné komunikace a respektování příčného sklonu vozovky na mostě.

NOSNÁ KONSTRUKCE – 1. DILATAČNÍ CELEK

Konstrukční řešení

Nosná konstrukce prvního dilatačního celku je navržena jako spřažená ocelobetonová komorová konstrukce s rozpětím polí 65 + 110 + 68,85 m (obr. 2). Základní konstrukční výška spřaženého průřezu je 6 m nad vnitřními podporami (pilíři) (obr. 6b) a 2,5 m v hlavním a vedlejších polích (obr. 6a). Celková šířka horní desky je konstantní 16,4 m.

Ocelovou část nosné konstrukce tvoří spodní pásnice proměnné šířky 7 až 8,54 m, šikmé stěny se svislou výškou

2 až 5,5 m a horní pásnice šířky 0,9 a 1,2 m (obr. 7). Tloušťky jednotlivých prvků jsou proměnné, spodní pásnice 20 až 25 mm, stěny 20 až 25 mm a horní pásnice 30 až 50 mm. Změna tloušťky pásnice je realizována směrem nahoru. Na horních pásnicích jsou přivařeny spřahující trny $\varnothing 19/150(145)$ mm pro spojení s horní spřaženou železobetonovou deskou.

Stabilita jednotlivých částí příčného řezu mostu je zajištěna podélnými a příčnými výztuhami. V průběhu výstavby byla komora před realizací horní spřažené betonové desky ztužena systémem vodorovného montážního ztužení pro zajištění stability celého příčného řezu.

Neoddělitelnou součástí komorového příčného řezu jsou spřažené betonové desky uvnitř komory (zejména při spodním povrchu v oblasti vnitřních podpor) a nadpodporové příčníky. Konstrukce je v podélném směru předepnuta čtr-

nácti 19lanovými externími kabely z lan $\varnothing 15,7$ mm z oceli St 1640/1860 MPa. Vnesením podélného předpětí byla zajištěna dostatečná tlaková rezerva pro zajištění působení plného příčného řezu v oblasti vnitřních podpěr. Díky tomu nedochází ke vzniku a rozvoji trhlin v horní spřažené desce v těchto částech, což má velmi pozitivní vliv na fungování celé konstrukce, zejména s ohledem na její tuhost.

Hlavní nosné části ocelové konstrukce jsou z oceli S355, spřahující trny a montážní ztužení je z oceli S235. Spřažené části nosné konstrukce jsou z betonu C35/45.

Postup výstavby

Ocelová konstrukce prvního dilatačního celku byla rozdělena na 24 lamel délky 8 až 12 m. Samotná montáž ocelové konstrukce byla realizována po polovinách ve dvou etapách na výsuvné dráze. V prvním kroku by-



Obr. 6 Schéma konstrukčního řešení 1. DC, příčný řez: a) v poli, b) nad podporou
Fig. 6 Scheme of the 1st structure part: a) mid-span cross section, b) above the support

Obr. 7 Dilenské sestavy ocelové konstrukce
Fig. 7 Construction of the steel structure

Obr. 8 a) Výsuv ocelové konstrukce, b) ocelová konstrukce po vysunutí
Fig. 8 a) Incremental launching of the steel structure, b) steel structure in final position



Obr. 9 Dokončená konstrukce mostu ■
Fig. 9 Finished construction of the bridge

Obr. 10 Schéma podélného předpětí ■
Fig. 10 Scheme of longitudinal prestressing

Obr. 11 Detail výpočetního modelu ■
Fig. 11 Detail of the computational model

Obr. 12 Schéma vložení měřicího elementu do horní betonové desky ■
Fig. 12 Measurement equipment in the upper concrete deck

la sestavena ocelová konstrukce délky 88 m a následně vysunuta z obou břehů nad Biskupický kanál. Následovalo sestavení a připojení krajních dílů a následné vysunutí do finální polohy, v které byly obě poloviny ocelové části nosné konstrukce spojeny (obr. 8).

Spřažená deska byla realizována v devíti etapách. Postup betonáže vycházel z podrobného statického posouzení konstrukce. Začalo se deskou v krajních polích a následně se pokračovalo betonáží desky v hlavním poli. Jako poslední byly betonovány části desky nad pilíři.

Po dokončení celé desky následovalo předepnutí kabely vnějšího předpětí.

Popis výpočetní analýzy nosné konstrukce

Výpočetní analýza konstrukce byla provedena na kombinaci několika výpočetních modelů. Důležité bylo správně zohlednit prostorové působení kon-

strukce a zapojení jejích jednotlivých částí do přenosu namáhání zejména s ohledem na smykové ochabnutí (obr. 10, 11).

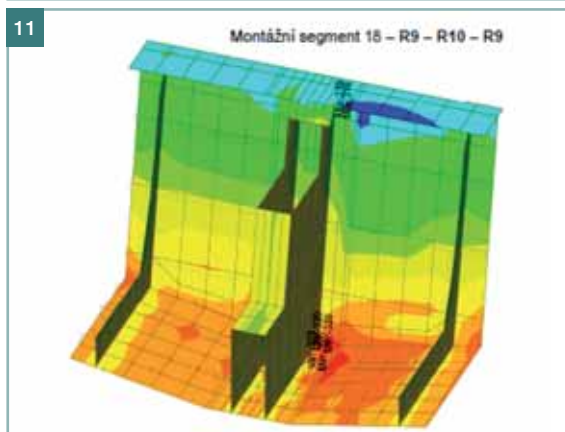
Dále bylo nutné respektovat etapizaci výstavby a veškeré fáze působení, kterými konstrukce prochází včetně všech změn podepření a zatížení konstrukce. Ve výpočetních modelech byl respektován vliv dotvarování a smršťování betonu jak s ohledem na napjatost a deformaci konstrukce, tak i vzhledem k možným změnám podélného předpětí, které je do konstrukce vneseno.

Návrh a realizace dlouhodobého měření a sledování konstrukce

Hlavním požadavkem bylo měření poměrných deformací ocelových prvků a spřažených betonových částí průřezů nosné konstrukce prvního dilatačního celku. Pro měření na ocelových částech nosné konstrukce byly použity typ odporové tenzometry nalepené pří-

mo na ocelovou konstrukci a tenzometry nalepené na kompenzační ocelové elementy pro kompenzaci volné deformace od teploty. Napětí v betonové desce bylo měřeno na pásové oceli opatřené kotevními prvky, na kterou byl nalepen tenzometr (obr. 12).

Vlastní měření probíhá kontinuálně s periodou vzorkování signálu v intervalu cca 5 s až 256 h. Data jsou shromažďována v dataloggerech. Maximální četnost měření byla využita při realizované zatěžovací zkoušce, po uvedení do provozu se četnost bude postupně zmenšovat. Sledováno tak bude dlouhodobé působení a chování konstrukce s ohledem na vývoj přetvoření a napjatosti vlivem projevů reologického chování betonu. Vedle těchto základních dat popisujících vývoj přetvoření jsou sledovány i průběhy teploty, aby bylo možné monitorovat a eliminovat účinky dlouhodobého chování betonu a změn předpětí.



13



14



ní desky komory 16,4 m, v šestém poli dochází k plynulému rozšíření s ohledem na umístění připojovacího pruhu na komunikaci na 18,9 m, v sedmém až devátém poli je šířka konstantní – 18,9 m. Rozšíření je řešené přidáním střední stěny do jednokomorového příčného řezu, a tím vytvořením řezu dvojkomorového. Krajiní konzoly mají po celé délce dilatačního celku konstantní vyložení 3 m vlevo a 4 m vpravo.

Postup výstavby

Nosná konstrukce druhého dilatačního celku byla rozdělena na pět betonážních dílů. Betonáž na pevné skruži třech dílů – BD 1 (82,5 m), BD 2 (52 m) a BD 3 (56,4 m) postupovala od opěry O10 až za pilíř P6 na levém břehu Váhu. Následně se pokračovalo opět na pevné skruži od pilíře P4 za pilíř P5 realizací betonážního dílu BD4 (64,75 m) na pravém břehu.

Poslední etapou byla realizace BD5 (26 m) nad řekou Váh na skruži, která se částečně zavěsila na již realizované části nosné konstrukce a částečně podepřela na PIŽMO věže založené na pilotách v řece (obr. 13).

Největší objem betonu – 1 105,5 m³ – byl zabudovaný v rámci betonáže prvního betonážního dílu. Komorové příčné řezy byly betonované ve dvou záběrech – nejdříve se realizovala spodní deska a stěny, následně pak horní deska. Konstrukce v místě trojtrámového příčného řezu byla betonována najednou. Předpínací kabely byly napínány postupně, jak postupovala realizace jednotlivých částí nosné konstrukce.

VYBAVENÍ MOSTU

Mostní svršek tvoří monolitické chodníkové římsy šířky 2,25 m (levá strana ve směru staničení) a 3,25 m (pravá strana), do kterých je podél hrany osazené ocelové zábradelní svodidlo stupně zadržení H2, zábradlí na vnější straně mostu a lampy veřejného osvětlení.

Srážková voda je z povrchu mostu odvedena mostními odvodňovači, které jsou zaústěné do podélného svodu – potrubí zavěšené uvnitř komory a mezi trámy u druhého dilatačního celku. Pro vyrovnání dilatačních pohybů je navržena trojice dilatačních závěrů – dvojice u krajiních opěr a jeden u dilatačního pilíře P4. Vnitřek komory je vybaven reaktivním osvětlením a po celé délce mostu je konstrukce připravena pro budoucí přechod energokanálu.

Pro trvalé sledování je konstrukce 1. dilatačního celku mostu vybavena

NOSNÁ KONSTRUKCE – 2. DILATAČNÍ CELEK

Konstrukční řešení

Druhý dilatační celek je tvořený monolitickou spojitou nosnou konstrukcí z předpjatého betonu s rozpětími jednotlivých polí 50,85 + 3 × 52 + 44 + 29 m (obr. 2). Tvar průřezu nosné konstrukce je po její délce proměnný s ohledem na okrajové podmínky stavby.

Předpjatá betonová konstrukce je na-

vržena s příčným řezem konstantní výšky 2,5 m, v oblasti nad podporou jsou navrženy ztužující příčníky. V posledním poli je z důvodu překračování cyklostezky a zajištění dostatečného průjezdního profilu snížena výška nosné konstrukce na 1,5 m. Toto je řešené výškovým přechodem z komorového příčného řezu výšky 2,5 m na trojtrámový příčný řez výšky 1,5 m.

Šířka nosné konstrukce je proměnná, ve čtvrtém a pátém poli je šířka hor-

15



tenzometrickými snímači. Výsledky sledování umožní přesně monitorovat časový vývoj přetvoření a vývoj a redistribuci napjatosti v rozhodujících částech spřažené konstrukce s ohledem na do-
tvarování a smršťování betonu.

ZÁVĚR

Realizace zakládání a spodní stavby začala v březnu 2012. V srpnu 2013 byla provedena betonáž prvního betonážního dílu druhého dilatačního celku. V listopadu 2013 se na břehu Biskupického kanálu začalo se sestavováním prvního segmentu ocelové konstrukce prvního dilatačního celku. Most byl slavnostně uveden do provozu 25. března 2015.

Před uvedením do provozu byla na mostě úspěšně provedena zatěžovací zkouška, která potvrdila předpoklady projektu, a tím správnost celého návrhu. V RDS se podařilo návrh konstrukce optimalizovat a zefektivnit. Zejména konstrukce 1. dilatačního celku působí velmi subtilním a elegantním dojmem.

Celá otevřená jihovýchodní část obchvatu pomůže významným způsobem zlepšit dopravní situaci města Trenčína a pozitivně tak ovlivní i komfort obyvatel dotčeného regionu.

Obr. 13 Postup výstavby nosné konstrukce 2. dilatačního celku ■ Fig. 13 Construction process of 2nd structure part

Obr. 14 Dokončená konstrukce 2. dilatačního celku ■ Fig. 14 Finished construction process of the 2nd structure part

Obr. 15 Dilatační pilíř P4 – přechod mezi 1. a 2. dilatačním celkem ■ Fig. 15 Pier P4 – connection between the 1st and 2nd structure part

Investor	Slovenská správa ciest, a. s.
Generální projektant	Valbek, spol. s r. o.
Projektant mostu SO 202	Novák&Partner, s. r. o., Valbek, spol. s r. o.
Dodavatel stavby	„Združenie most Trenčín“ – konsorcium firem ZIPP Bratislava, spol. s r. o., a Strabag, s. r. o.
Zhotovitel DC II., spodní stavby a betonážních prací DC I.	Stavby mostov Slovakia, a. s.
Výroba OK DC I.	Stavokov, spol. s r. o.
Montáž OK DC I.	Bögl a Krýsl, k. s.

Literatura:

- [1] Dokumentace DRS: Valbek, Novák&Partner, 2013
- [2] Dokumentace DSP: Dopravoprojekt, 2006
- [3] Návrh a realizace měření a sledování konstrukce mostu: ČVUT v Praze, Kloknerův Ústav

doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D.
e-mail: vrablik@novak-partner.cz



Ing. David Malina
e-mail: malina@novak-partner.cz



oba: Novák&Partner, s. r. o.
tel.: 221 592 050
www.novak-partner.cz

Ing. Tatiana Meřová
Valbek, spol. s r. o.
tel.: +421 244 643 077
e-mail: melova@valbek.sk
www.valbek.sk



Ing. Jiří Jachan
e-mail: jachan@valbek.cz



Ing. Martin Sedmik
e-mail: sedmik@valbek.cz



oba: Valbek, spol. s r. o.
tel.: 485 103 336
www.valbek.cz

Příspěvek na toto téma zazněl na konferenci Mosty 2015 v Brně.

NOVÁK & PARTNER

INŽENÝRSKÁ
PROJEKTOVÁ
KANCELÁŘ

valbek® | EU

VALBEK-CZ
VALBEK-SK
VALBEK-RU

NOVÁK & PARTNER

PRODEX-SK
PRODEX-CZ

V-CON



NOVÁK & PARTNER s.r.o., Perucká 2481/5, 120 00 Praha 2
T: +420 221 592 050, E: info@novak-partner.cz, www.novak-partner.cz

Valbek-EU, a.s., Vaňurova 505/17, 460 01 Liberec
tel./fax: +420 485 103 336, +420 485 103 346, www.valbek.eu