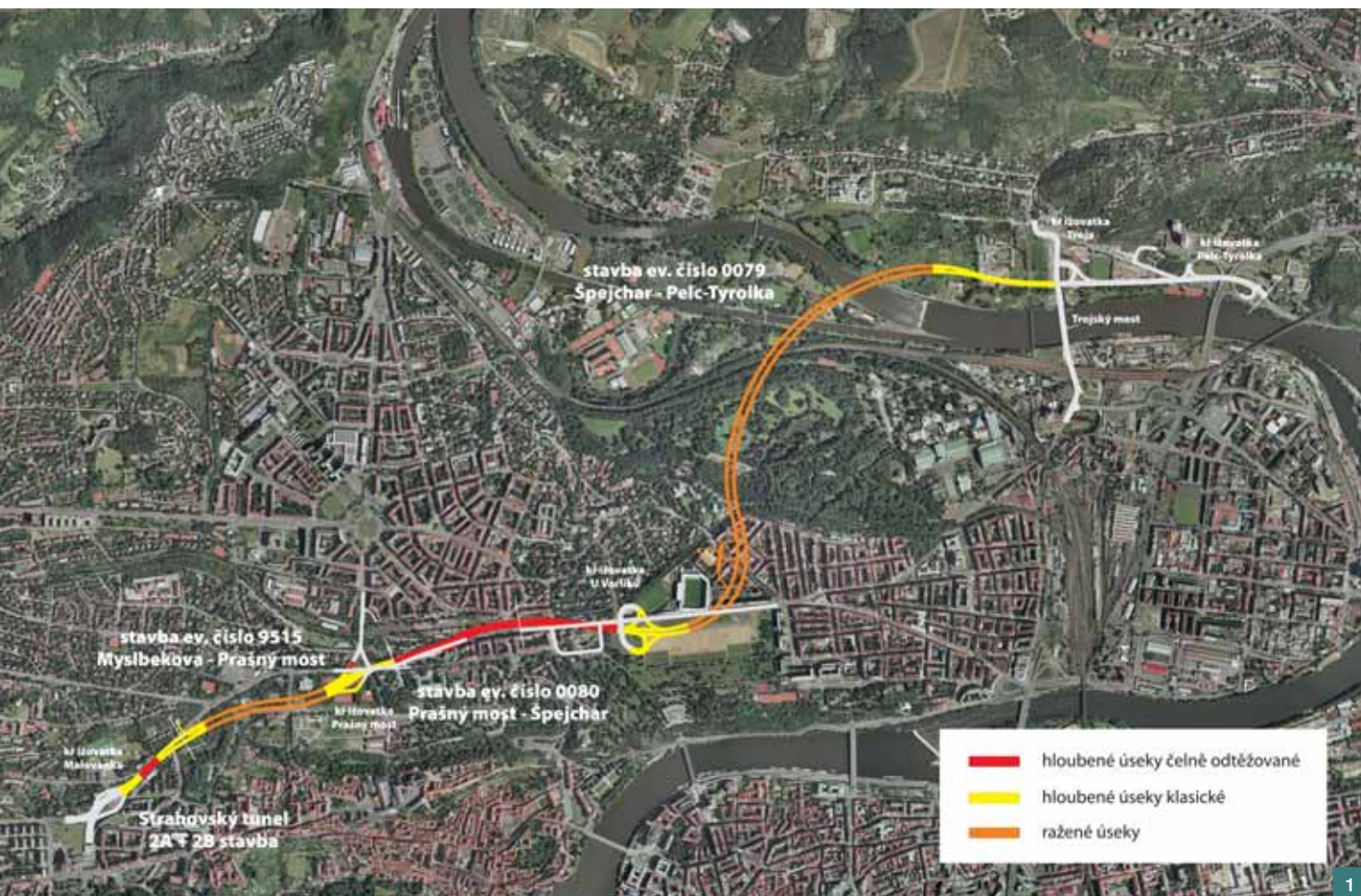


BETONOVÉ KONSTRUKCE NA TUNELOVÉM KOMPLEXU BLANKA V PRAZE ■ CONCRETE STRUCTURES ON THE BLANKA TUNNEL COMPLEX IN PRAGUE

Pavel Šourek, Lukáš Grünwald, Vladimír Petržlka, Pavel Kasal, Jan Kvaš, Miroslav Padevět, Michael Remes



Tunelový komplex Blanka na Městském okruhu v Praze je stavbou pod drobnohledem nejen odborné, ale především laické veřejnosti. Rozsah betonových konstrukcí však doposud nebyl v plné míře prezentován. V období, kdy je tato etapa této unikátní stavby dokončena, je proto nejvyšší čas se o technické řešení, způsob realizace a další technická specifika podělit na stránkách tohoto časopisu. ■ **Blanka tunnel complex in Prague's City Circle Road is construction under the supervision of not only professional, but especially lay public. Range of concrete structures, however, has not yet been fully presented. Now, when main part is completed, it is time to presentation of technical solution, method of implementation and other technical specifics of the unique structure in this magazine.**

Výstavba tunelového komplexu Blanka, jedné z největších staveb, která kdy byla v Praze zahájena, se v posledním období posunula do stadia dokončování

prací a montáže technologie. S krátkým časovým odstupem po realizaci se tak můžeme seznámit s konečným technickým řešením stavby, použitými metodami výstavby tunelů a zároveň provést určité zhodnocení z pohledu využitých technologií definitivních a trvalých betonových konstrukcí.

Celý tunelový komplex Blanka byl na stránkách časopisu Beton TKS představen již v čísle 5/2009, proto si v úvodu připomeňme pouze pár základních údajů o této pražské dopravní stavbě.

Rozsáhlá stavba je realizována v rámci výstavby severozápadní části Městského okruhu, její celková délka činí 6,382 km, délka samotné tunelové části dosahuje 5,5 km (obr. 1). Budo- vaný úsek Městského okruhu hlavního města Prahy prochází silně urbanizovaným prostředím střední části města na hranici historického jádra a rovněž

prostorem chráněné přírodní památky Královská obora. Aby zásah provozu na nové trase minimálně ovlivnil okolí, byla navržena nová komunikace převážně v tunelech. Vznikly tak tři nava- zující tunelové úseky.

- **Tunelový úsek Brusnice** (1,4 km) vede od severního portálu Strahovského tunelu ve stopě ulice Patočkovy nejdříve hloubenými tunely. Za křižovatkou s ulicí Myslbekova vstupuje trasa do raženého úseku, který končí před křižovatkou Prašný most.

- **Tunelový úsek Dejvice** (1 km) začíná v mimoúrovňové křižovatce Prašný most a pokračuje v celé délce hloubenými tunely ve stopě třídy Milady Horákové až do místa budoucí mimoúrovňové křižovatky U Vorlíků.

- **Tunelový úsek Královská obora** (3,07 km) pokračuje od křižovatky U Vorlíků nejdříve krátkým hloubeným úsekem na Letné, na který na-

vazuje ražený úsek vedoucí směrem pod zástavbu, Stromovku (Královská obora), plavební kanál, Císařský ostrov, Vltavu a potom dalším hloubeným úsekem až k trojskému portálu.

Délka celého tunelového komplexu činí 5 483 m v severní tunelové troubě a 5 471 m v troubě jižní. Celková délka všech ražených tunelových trub dosahuje 5,54 km, celková délka všech hloubených tunelových trub je 6,56 km. Po zprovoznění tak vznikne nejdelší tunel v České republice, který překoná největší délku ze všech stávajících více než dvakrát. Celý tunelový komplex je v současné době v pokročilé úrovni výstavby, jsou prováděny dokončovací práce a montáž technologie. Celkové investiční náklady stavby jsou aktuálně stanoveny na cca 36 mld. Kč.

Z hlediska formálního členění je bu-

dovaná severozápadní část Městského okruhu rozdělena na pět staveb:

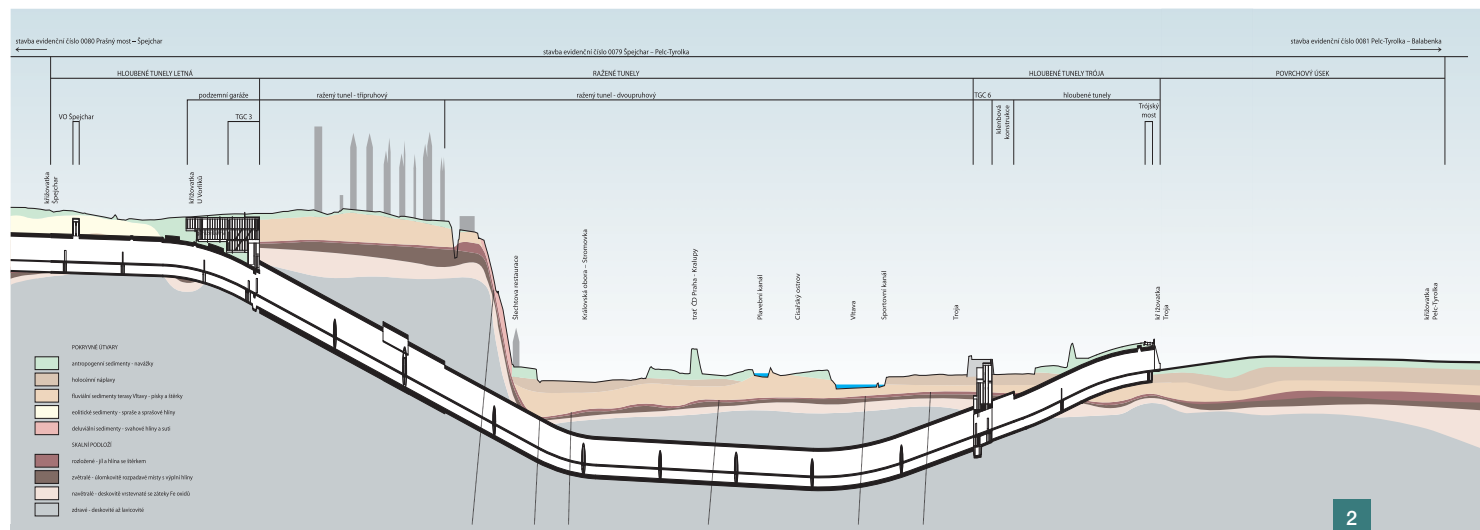
- 0065 SAT 2A – Strahovský automobilový tunel stavba 2A
- 0065 SAT 2B – Strahovský automobilový tunel stavba 2B
- 9515 MYPRA – Městský okruh v úseku Myslbekova–Prašný most
- 0080 PRAŠ – Městský okruh v úseku Prašný most–Špejchar
- 0079 ŠPELC – Městský okruh v úseku Špejchar–Pelc Tyrolka

DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ A GEOLOGICKÉ POMĚRY

Trasa komunikace Městského okruhu je v celé délce vedena jako striktně směrově rozdělená se samostatným dvou až tří pruhovým tubusem v každém směru. Dispoziční řešení profilu tunelu odpovídá požadavkům ČSN

737507/ 2006. Výškově trasa tunelů klesá v celé délce od křižovatky Malovanka až pod Vltavu odkud stoupá k trojskému portálu (obr. 2). Maximální podélný sklon dosahuje 5 %, na rampě až 8 %. Minimální podélný sklon je 0,3 %. Rozdíl výšek nivelet mezi nejvyšším a nejnižším místem tunelu je 113,5 m. Nejmenší poloměr směrového oblouku hlavní trasy činí 208 m. Šířka jízdních pruhů v celém úseku je 3,5 m, výška průjezdného profilu 4,8 m (obr. 3). Návrhová rychlost je stanovena na 70 km/h.

Geologické podmínky celé stavby jsou poměrně složité a dosti proměnlivé (obr. 2). Trasa tunelů leží v tzv. pražské pánvi, dílčím sedimentačním prostoru rozsáhlého barrandienského synklinoria, v němž je skalní podloží tvořeno zvrásněným komplexem aleu-



Obr. 1 Celková situace stavby tunelového komplexu Blanka ■ Fig. 1 General layout of Blanka tunnel complex

Obr. 2 Podélný profil úseku Letná–Troja ■ Fig. 2 Longitudinal section of Letná–Troja part

Obr. 3 Vizualizace dokončeného tunelu ■ Fig. 3 Visualization of the completed tunnel tube



ropelitických břidlic, drob, pískovců a křemenců ordovického stáří. Mladší geologické útvary jsou zastoupeny kvartérními pokryvy. Nejrozšířenější jsou eolické sedimenty, překryté antropogenními sedimenty jako důsledek historické stavební činnosti. Zastoupeny jsou i sedimenty fluvialní a místy i deluvialní. Co do složení převládá písčité hlína se štěrkem, tj. kameny a valouny různé velikosti a stavební suť. Mocnost kvartérních sedimentů dosahuje až 38 m, zpravidla však do 15 m. Horninové podloží je jako celek pro vodu prakticky nepropustné, mocnost zvodnělého horizontu je dána především mírou zvětrání. Podzemní voda tak převážně sleduje povrch skalního podloží a její hladina se pohybuje v rozmezí 8 až 20 m pod terénem. V prostoru podchodu Vltavy a přilehlých říčních teras jsou vrstvy pokryvů nasyceny v závislosti na výšce hladiny v řece. Maximální nadloží ražených tunelů je 44 m, minimální 8 m. Nejmenší nadloží pode dnem Vltavy je jen 14,5 m.

PŘEDPOKLADY NÁVRHU OSTĚNÍ TUNELŮ

Oproti zadávací dokumentaci, kde bylo postupováno ještě podle původních českých norem, bylo při tvorbě realizační dokumentace postupováno již podle platných ČSN Eurocode, a to 1990 až 92 a 1997. Dalšími důležitými předpoklady byly uvažování životnosti díla minimálně 100 let v prostředí agresivity okolního prostředí třídy XA1–XA2 (šířky trhlin), požární odolnost REI 180, budoucí využití povrchu nad tunelem, požadavky investora a budoucího správce tunelu a samozřejmě možnosti zhotovitele stavby. Požadavky na konstrukce tunelů byly již v průběhu tvorby zadávací dokumentace stavby vloženy, s uvažováním specifických podmínek v pražském prostředí, do samostatné části nazvané „Technické specifikace“ a rozdělené podle jednotlivých stavebních částí dle vzoru TP pro ŘSD ČR.

Vnitřní síly a deformace ostění byly stanoveny pomocí numerických modelů metodou konečných prvků s uvažováním všech reálných zatížení. Jedná se především o tato zatížení, resp. jejich kombinace:

- vlastní tíha
- zatížení od zemního/horninového tlaku
- hydrostatický tlak podzemní vody (včetně natlakování při povodni – platí pro úsek u řeky, resp. natlakování

při dlouhotrvajících deštích – v ostatních úsecích)

- smrštění a dotvarování betonu ostění
- vliv teploty (ochlazení/oteplení)
- zatížení od dopravy nad stropem (automobily, tramvaje, přesun mostní konstrukce – platí pouze pro hloubené tunely)
- technologická zatížení atd.

Pro zatížení od zemního/horninového tlaku byl pro mezní stav únosnosti uvažován jednotný součinitel zatížení 1,35, neboť vzhledem k nelineárním numerickým výpočtům nelze použít dílčí součinitele spolehlivosti.

V případě hloubených tunelů s čelním odtěšováním byly do výpočtů vnitřních sil zohledněny i zatěžovací fáze při postupném odtěšování (ražbě) profilu tunelu pod stropem. U všech hloubených tunelů s ohledem na neurčitost skutečného dlouhodobého využití povrchu terénu je uvažována jakási rezerva zatížení, která je zavedena jako 1 m zemního zásovy. V místě demolovaných budov bylo uvažováno i s jejich zatížením. To v budoucnu umožní případně menší úpravy terénu nad tunelem a opětovnou výstavbu v původním rozsahu bez potřeby zesilovat konstrukci ostění tunelu.

Statické výpočty byly provedeny jednak v typických profilech co do tvaru, zatížení a geotechnických podmínek, jako rovinné úlohy a dále v místech dispozičně komplikovaných profilů (křížení tunelů, SOS výklenky, napojení podzemních objektů a šachet, změny profilu, technologická centra apod.) jako 3D úlohy.

Posouzeny byly kromě mezní únosnosti rovněž deformace konstrukce tunelu, deformace a napětí v okolním prostředí (vč. sedání v podloží, napětí v základové spáře) a především pak šířky trhlin v betonu. Maximální přípustné trhliny v ostění byly stanoveny na 0,4 mm u konstrukcí nevystavených vnějšímu prostředí ani prostředí komunikace v tunelu, jinak byla přípustná šířka trhlin stanovena na 0,3 mm, resp. 0,25 mm. Při návrhu výztuže bylo uvažováno s hodnotou náhodné excentricity výztuže v betonu 20 mm. Uvažování nových norem oproti ZDS vedlo k cca 5 až 10% nárůstu množství výztuže v konstrukcích.

Celý tunelový komplex Blanka se skládá z několika na sebe těsně navazujících tunelových úseků ražených i hloubených. S ohledem na požadavek sjednocení celé koncepce návrhu byly veškeré tunely zařazeny do tří základních typů technického řešení (obr. 1):

- Tunely ražené – konvenční technologií tzv. Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM)
- Tunely hloubené – klasickou technologií do otevřené stavební jámy
- Tunely čelně odtěžované – tzv. modifikovanou milánskou metodou

V další části článku jsou v samostatných kapitolách blíže popsány jednotlivé varianty technických řešení a postupů výstavby konstrukcí tunelů.

RAŽENÉ TUNELY

Ražené tunely jsou v rámci tunelového komplexu využity v místech, kde nebyl umožněn zásah stavby do území, ať již z důvodu stávající zástavby, nebo jiného důvodu ochrany povrchu (Královská obořa, barokní opevnění, Vltava apod.). Zároveň se jedná o úseky, kde nadloží dosahuje více než 10 m, a bylo by proto neekonomické realizovat zde tunely hloubené.

Celkem se na tunelovém komplexu Blanka nacházejí dva úseky, kde je využito tunelů ražených a dále několik podzemních technologických objektů realizovaných ražením:

Obr. 4 Definitivní ostění čela nouzového zálivu ■ Fig. 4 Final lining of the make shift bay

Obr. 5 Křížení třípruhového tunelu s propojkou a TGC4 ■ Fig. 5 Crossing in the three-lane tunnel with the tunnel connection and TGC4

- ražený tunelový úsek Královská obořa délky 2 231 m,
- ražený tunelový úsek Brusnice délky 550 m,
- ražené technologické centrum se strojovnou VZT, s kanály a šachtami VZT k výdechu Nad Královskou obořou (600 m + 72 m),
- ražená trafostanice pod Stromovkou (28 m),
- ražená čerpací stanice a výtlač kanalizace na Císařský ostrov (41 m),
- ražený kanál a šachta VZT k výdechu Nad Octárnou (123 m + 40 m).

Kromě tunelových částí je součástí stavby tunelového komplexu cca 3 km ražených kanalizačních a dalších štol

(technickým řešením těchto částí se další text nezabývá).

V hlavní trase Městského okruhu je využito tunelů dvoupruhových (STT + JTT = 3 248 m), resp. třípruhových (STT + JTT = 2 093 m), dále čtyři nouzové zálivy (206 m) a nadvýšený profil s předpjatým mezistropem v místě napojení vzduchotechniky tunelu. Tyto profily jsou dále doplněny o atypické profily technologických tunelů, propojek, vzduchotechnických kanálů a šachet.

Konstrukční řešení ražených tunelů

Maximální podélný sklon v trase ražených tunelů je 5 %, minimální směrový poloměr je 330 m. Pod vozovkou je v profilu umístěna dále technologická chodba a vzduchotechnický kanál požárního odvětrání ražených tunelů. Profily technologických tunelů odpovídají, jak co do velikosti, tak i členění, požadavkům umístěného technologického zařízení či účelu provozního využití.

Všechny ražené tunely jsou navrženy jako dvouplášťové, realizované pomocí

né deštníky, úprava členění pobírání, případně kombinace uvedených úprav. Tloušťka primárního ostění se podle technologických tříd NRTM a velikosti výrubního profilu pohybovala od 200 do 400 mm. Výrubní profil dvoupruhového tunelu činí 123,5 m² a třípruhového 173,5 m², největšího profilu však bylo dosaženo u strojovny VZT, a sice 286,5 m².

Pro zajištění vodotěsnosti ražených tunelů (převážného rozsahu), s ohledem na nemožnost jejich gravitačního odvodnění trvalou drenáží, byl navržen hydroizolační systém sestávající z fóliové uzavřené hydroizolace z PVC_P (Sikaplan WP 2110–31 HL2 tloušťky 3 mm se signální vrstvou 0,2 mm), vnějších spárových pásů šířky 500 mm a injektážně monitorovacího systému hadic umožňujících injektáž mezi vnější líc definitivního ostění a izolaci (obr. 5). Ochrannou vrstvu izolace tvoří na straně primárního ostění geotextilie Geofiltex 63F s gramáží 1 200 g/m², ochrana spodní klenby při provádění definitivního ostění byla tvořena fólií Sikaplan Protec tloušťky 2 mm. V místech

PP vlákna (1 kg vláken na 1 m³ s délkou vlákna 6 mm a průměrem 0,018 mm). Toto množství bylo prověřeno požární zkouškou, viz dále.

Tloušťka definitivního ostění se v různých průřezích pohybuje od 400 do 600 mm. Jako výztuže je využito ocelových svařovaných sítí KARI doplněných přílozkami z oceli 10 505–R dle výsledků statických výpočtů (obr. 6). Krytí výztuže betonem je uvažováno u obou líců ostění 50 mm.

VARIANTY ŘEŠENÍ OSTĚNÍ

Výjimečností tunelového komplexu Blancka je kromě jeho rozsahu i množství použitých tunelářských technologií a postupů. Z hlediska definitivního ostění zde bylo využito hned několik v současnosti využívaných variant definitivních ostění konvenčně realizovaných tunelů.

V převážné míře bylo využito definitivní ostění prováděné do systémového bednění z monolitického betonu vyztuženého, slabě vyztuženého, případně prostého. Zároveň však bylo využito i definitivní ostění z betonu stříkaného a z betonu vodonepropustného.



konvenční technologie NRTM. Ostění, případně i mezilehlá izolace jsou vždy uzavřené, neboť trasa a hydrogeologické podmínky neumožňují umístění trvalé gravitační drenáže. Primární-dočasné ostění je provedeno ze stříkaného betonu C20/25 (lokálně C25/30), vyztužené příhradovými rámy z betonářské výztuže, dále svařovanými ocelovými sítěmi a svorníky.

Ražba probíhala převážně s horizontálním členěním na kalotu, opěři a spodní klenbu. Vertikální členění čelby bylo nakonec využito pouze na části tunelů třípruhových. Jako doplňující opatření byly v kritických úsecích prováděny sanační injektáže, ochrana

zvýšených přítoků skrz primární ostění byla pro svod vody do středové drenáže umístěna nová fólie tloušťky 8 mm.

Definitivní ostění ražených tunelů je navrženo jako uzavřené železobetonové monolitické z betonu třídy C30/37, C25/30 a C20/25. Podle umístění dané části konstrukce byly uvažovány třídy agresivity prostředí XC1 – beton konstrukcí mimo prostor vozovky, XF2 – beton konstrukcí nad vozovkou, XA2 – vodonepropustný beton ostění. Jako ochrana proti vlivu požáru na ztrátu únosnosti, resp. odštělování betonu krycí vrstvy horní klenby jsou v dopravních tunelech do betonu přidána

Definitivní ostění z monolitického betonu

Tento v ČR ustálený typ definitivního ostění dopravních tunelů byl využit v převážném rozsahu ražených tunelů. Železobeton třídy C30/37-XC1 se splněným minimálním stupněm vyztužení byl využit pro všechny spodní klenby a vnitřní konstrukce (stěny, průvlaky, mostovka apod.). Boční betonové bloky z betonu třídy C20/25-XC1 byly vždy vyztuženy pouze konstrukčně a byly s ohledem na svou mohutnost prováděny z betonu se sníženým vývinem hydratačního tepla spolu s možností dosažení normové pevnosti až po 90 dnech.

V rozsahu celých dvoupruhových tu-



ně usnadnilo a urychlilo realizaci díla a samozřejmě snížilo riziko poškození hydroizolace a cenu ostění. Přesto jsou splněny požadavky na šířky trhlin, deformace a trvanlivost. Při započtení nevyužitých tolerancí priméru tloušťka ostění dosáhla 400 mm.

Ve všech případech je horní klenba provedena z betonu C30/37 XF2 s PP vlákny v dopravních tunelech, nebo C30/37 XC1 v technologických tunelech.

Definitivní ostění ze stříkaného betonu

Původním předpokladem zadávací dokumentace bylo provádět veškeré ostění horní klenby propojek z monolitického železobetonu. V rámci přípravy realizační dokumentace však byla v důsledku započtení nevyužitých tolerancí na primární ostění výztuž klenby zcela vypuštěna a klenby jak průchozích, tak průjezdných propojek bylo možné realizovat pouze z prostého betonu.

V důsledku požadavku na urychlení postupu výstavby propojek a uvolnění jejich profilu pro průjezd staveništní dopra-

Obr. 6 Armatura klenby dvoupruhového tunelu ■ Fig. 6 Vault reinforcement of two lane tunnel

Obr. 7 Definitivní ostění propojky ze stříkaného betonu ■ Fig. 7 Final lining of the tunnel connection from shotcrete

Obr. 8 Nadvýšený třípruhový tunel s předpjatým mezistropem a horní klenbou ze stříkaného betonu (v místě napojení kanálu 04) ■ Fig. 8 Increased three-lane tunnel with prestressed inter-ceiling and upper vault from shotcrete

nelů (vyjma křížení a SOS výklenků) je horní klenba provedena z tzv. slabě vyztuženého betonu. Do tloušťky definitivního ostění byly započteny nevyužitě tolerance na primární ostění, čímž se dosáhlo 500 mm. Výsledné vyztužení představuje pouze síť KARI $8 \times 8 \times 100 \times 100$ mm u vnitřního líce a výztužný příhradový rám $2 \times 2 \text{ } \varnothing \text{ R14}$. Protože lichoběžníkový otevřený výztužný rám, po osvědčení na tunelu Mrázovka, byl využit pouze pro ztužení vnitřního líce ostění, resp. montážní stav, mohlo dojít ke zvýšení krycí vrstvy hydroizolace na 100 mm. Tento postup – vypuštění vnější armovací sítě a zvýšení krycí výztužného rámu – zvýšil význam-

ně ochranu hydroizolace při pracích na horní klenbě. Navíc vlivem započtení nevyužitých tolerancí priméru do dimenzované tloušťky definitivy nedošlo k navýšení ceny ostění.

Horní klenba v rozsahu kompletních třípruhových tunelů je provedena z klasického vyztuženého ostění u obou líců pomocí sítě KARI $8 \times 8 \times 100 \times 100$ mm a výztužných rámu $2 \times 2 \text{ } \varnothing \text{ R16}$, případně doplněných příložkami. Po započtení nevyužitých tolerancí dosáhla tloušťka ostění 550 mm.

Pro technologické tunely do šířky profilu cca 10 m a ostění šachet bylo využito horní klenby bez výztuže, pouze z prostého betonu. To výraz-

vy však nakonec bylo na základě požadavku zhotovitele využito na horní klenby všech ražených propojek definitivní ostění z betonu stříkaného. Zároveň byla tato technologie využita ve tvarově komplikovaných místech, kde by bylo neekonomické využití jednorázového atypického bednění. Jedná se o napojení vzduchotechnických kanálů na šachty pod výdechem Nad Královskou oborou a nadvýšené profily třípruhových tunelů spolu se svody v místě napojení vzduchotechnických kanálů na tunel (obr. 7 a 8).

V rámci přípravy stříkaného definitivního ostění bylo třeba stanovit a odsouhlasit jeho parametry, a to zejména s ohledem na trvanlivost, vyztužení, po-

stup provádění a rovinatost povrchu. Přes několik pokusů využít k této technologii i stříkaných hydroizolací byla na základě provedených pokusů nakonec ponechána fóliová hydroizolace vč. systému injektážně monitorovacích hadic ovšem upraveného pro potřeby stříkané definitivy. Zdvoj- až ztrojnásobeny byly přichycovací body hydroizolace, tzv. terčíky. Byl stanoven postup realizace stříkání technologií tzv. mokrou cestou, po vrstvách s pomocnou výztuží, tvořenou sítěmi KARI $8 \times 8 \times 100 \times 100$ mm (atypické podle délky a směru přesahů) a samonosnými otevřenými lichoběžníkovými výztužnými rámy z $2 \times 2 \varnothing R16$. Vše bylo navrženo tak, aby armatura v ostění neměla vyšší hustotu než oka 100×100 mm z důvodu umožnění prostříkání betonem a zamezení tzv. stínů.

Vlastní stříkání betonu nosné části se provádělo ve dvou vrstvách s časovým odstupem max. 48 h, přičemž po nástřiku první vrstvy bylo třeba doarmovat vnitřní výztužnou síť. Veškerá smyková výztuž byla zajištěna pouze třmínky výztužných rámu, podle potřeby se tak volila vzdálenost rámu od 500 mm.

lerance na vnitřní líc ostění byla max. 50 mm (pro polohu, při splnění kritérií rovinatosti). Tloušťka ostění nesměla klesnout pod požadovanou dimenzi, která bez finální vrstvy činila u propojek 400 mm.

Definitivní ostění z vodonepropustného betonu

Využití vodonepropustných betonů pro trvalé konstrukce tunelů je významně se rozvíjející trend posledních let v celém světě. Proto již v dokumentaci pro zadání stavby projektant s jejich aplikací uvažoval, nakonec se však tuto technologii s budoucím správcem TSK hl. m. Prahy podařilo projednat pouze u tunelů hloubených tzv. milánskou metodou.

Od doby zpracování zadání však uplynulo několik let a zkušenosti, zejména ze sousedního Rakouska, povzbudily snahu projektanta a zhotovitele na jejich využití. Po více než roční přípravě, získávání zkušeností a projednávání se zastupci TSK se podařilo odsouhlasit využití vodonepropustných betonů definitivního ostění alespoň na vzduchotechnickém kanále a šachtě pod výdecho-

- Předpokládaná maximální výška hladiny podzemní vody nad klenbou 20 m.
- Zatržďení konstrukce dle TP ČBS 02 – Bílé vany – (Kon1, A1, W4).
- Tloušťka ostění 500 mm kanál, 400 mm šachta.
- Beton ostění třídy C30/37 XA2 s povoleným průsakem do 40 mm a s PP vlákny (1 kg/m^3).
- Maximální povolená šířka trhlin v betonu nesmí přesáhnout 0,25 mm (v podélném i příčném směru).
- Minimální krytí výztuže 50 mm, s nutností velmi přesného uložení.
- Maximální vzdálenost vložek výztuže 100 mm u obou líců z důvodu rovnoměrného rozdělení případných trhlin.
- Mezi primární a sekundární ostění musí být vložena separační vrstva (geotextilie s nakaširovanou PE fólií – Izonetex 3.100) pro umožnění prokluzu betonu od objemových změn.
- Maximální tolerance na polohu vnitřního líce primárního ostění je 100 mm (tloušťka definitivního ostění nesmí být tlustší o více než 100 mm), poměr vzdálenosti k výšce sousedních nerovností primáru nejvíce v poměru 1:8.



Realizace nástřiku byla prováděna vždy na celou délku propojky, cca 18 m, najednou. Použitý stříkaný beton obou vrstev byl SB30 (C25/30) s použitou frakcí kameniva 0–8 mm. Po zatvrdnutí druhé nosné vrstvy stříkaného betonu následovala aplikace tzv. finální pohledové vrstvy ostění, která nebyla započtena do únosnosti průřezu. Její tloušťka činila 30 až 50 mm a byla provedena z betonu SB20 (C16/20) s frakcí kameniva 0–4 mm. Vrstva byla aplikována na bázi torkretové omítky s omezeným obsahem urychlovačů.

Rovinatost vnitřního líce byla stanovena poměrem vzdálenosti k výšce sousedních nerovností maximálně 1:20. To-

vým objektem Nad Octárnou, kde byly nakonec i realizovány.

Přijetí této změny ve svém důsledku nemělo za cíl snížit cenu díla, ale především omezit riziko poškození hydroizolačního systému v průběhu výstavby a omezit tak potřebu budoucích dotěšňovacích injektáží nutných k předání suchého díla. Základní logická úvaha byla: „využívání betonu definitivního ostění třídy C30/37 je už sám o sobě dostatečně vodotěsný, tj. omezíme šířku trhlin, tím redukuje průsaky pouze na pracovní a dilatační spáry, kde existují efektivní způsoby jejich eliminace“.

Výsledný návrh tak obsahoval, kromě dalších, následující parametry řešení:

- Teplota ukládaného čerstvého betonu se musí pohybovat mezi 10 až 27 °C. Absolutní teplota betonu nesmí přesáhnout +70 °C a gradient mezi povrchem a středem konstrukce musí být do 20 °C.

Pro zajištění všech spár v betonové konstrukci proti průsakům bylo navrženo trojnásobné jištění. Směrem od primáru je uložena injektážní hadička Aquafin CJ2 $\varnothing 19$ mm pro možnost dotěšňovací injektáže pomocí nízko-viskózní polyuretanové pryskyřice Mediatan 705. Dále vnitřní těsnící spárový pás z PVC – P V-32 a nakonec bobtnavý bentonitový pásek Aquafin CJ3 (20×30 mm).

Zkouška požární odolnosti konstrukce definitivního ostění

Jedním z rozhodujících kritérií pro návrh horní klenby definitivního ostění dopravních tunelů a následně složení betonové směsi je požadovaná požární odolnost. Požární předpisy stanovují požadavek na zajištění únosnosti ostění tunelu minimálně po dobu 180 min. Aby konstrukce mohla po tuto dobu plnit svou nosnou funkci, je především třeba zajistit výztuž proti nahřátí přes kritickou teplotu, kdy výrazně ubývá její pevnost. Při navrženém krytí výztuže betonem u vnitřního líce 50 mm nemají dojít k odpadnutí této krycí vrstvy, jinak by došlo ke skokové ztrátě únosnosti výztuže, a tím i ke kolapsu ostění.

V etapě zpracování zadávací dokumentace existovalo pět základních variant řešení ochrany:

- beton bez výztuže,
- zvýšené krytí výztuže u vnitřního líce,
- protipožární obklad,
- protipožární nástřik líce betonu,
- přidání PP vláken do betonu ostění.

Z ekonomických důvodů bylo pro tunely využito varianty s PP vlákny, neboť

Naopak obsah vláken v betonové směsi vede často ke vzniku nekvalitního povrchu betonu u bedněného líce. Vady povrchu vznikají vlivem uvolnění záměsové vody z vazby na PP vlákna u bednění (vibrací) a zobrazují se jako mapy – vyplavení jemných částic v hladkém líci s hloubkou cca do 5 mm (travertinový povrch). Tento nepříznivý faktor se zvětšuje s délkou vlákna, jejich množstvím, hladkostí formy a v neposlední řadě s klimatickými podmínkami při realizaci.

Proto byla pro ražené tunely v rámci zpracování realizační dokumentace hledána možnost snížení obsahu PP vláken v betonu, tak aby byla zajištěna požadovaná požární odolnost, ale zároveň se snížilo riziko povrchových vad líce betonu. Po dohodě projektanta a zhotovitele byl vyroben vzorek definitivního ostění (beton C30/37 XF2) spočívající v betonové stěně šířky 2 500 mm, výšky 3 000 a tloušťky 450 mm. Polovina vzorku obsahovala 1 kg/m³ PP vláken (Fibruco délky 6 mm a s průměrem 0,018 mm), druhá polovina byla bez vláken. Násled-

jako např. RWS, nebo RABT ZTV byly přehnaně náročné. Výsledky zkoušky potvrdily dva základní předpoklady (obr. 9):

- povrch prostého betonu narušen nepravidelnými odprsky do hloubky až 35 mm,
- povrch betonu s PP vlákny zůstal celistvý s nepravidelnými trhlinami v ploše.

Na základě výsledků zkoušky (provedené ve spolupráci s prof. Vítkem z ČVUT a za podpory CIDEAS – Centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí) byla možnost realizace horní klenby definitivního ostění ražených tunelů s využitím pouze 1 kg/m³ PP vláken jednoznačně potvrzena. Výztuž horní klenby je dostatečně ochráněna proti vlivu požáru v tunelu.

Realizace definitivního ostění

Provádění definitivního ostění ražených tunelů přímo souvisí s dokončením ostění primárního. Po zhotovení izolace spodní klenby přicházela (u dopravních tunelů) v postupných krocích betonáž



u všech ostatních by došlo k nutnosti zvětšení výrubního profilu. Na základě výsledků zahraničních zkoušek a testů bylo navrženo 2 kg/m³ vláken délky 6 mm a s průměrem 0,018 mm, neboť tato nejlépe zabraňují vzniku tzv. odprysků. Princip využití PP vláken spočívá v nízké hodnotě teploty, za které se odpaří (cca 100 až 200 °C). Tím se v betonu uvolní prostor pro vodu obsaženou v pórech, která vlivem ohřátí a přeměny na vodní páru zvětšuje svůj objem, a tím zapříčiňuje odprysk betonu. PP vlákna mají navíc pozitivní vliv proti vzniku trhlin, kdy napomáhají přenášení napětí v betonu od počátečního smršťování.

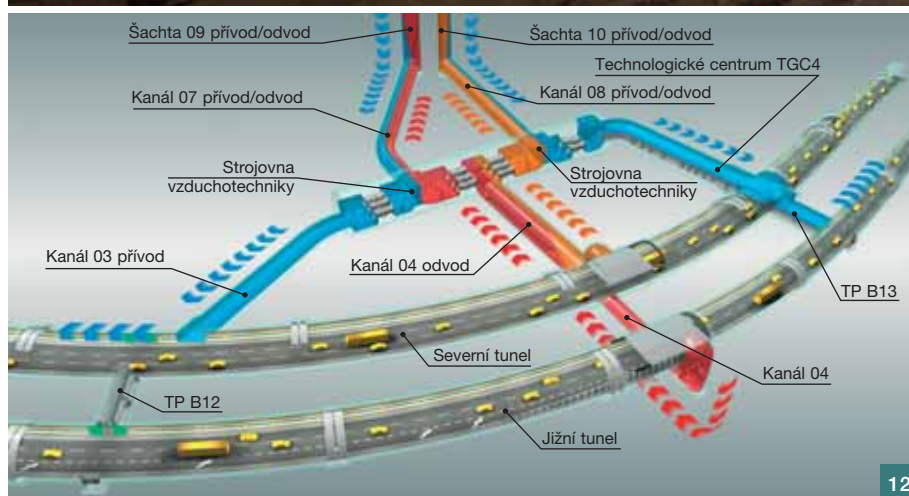
ně po vyzrání betonu byla ve zkušebně PAVUS provedena ve svislé poloze zkouška požární odolnosti. Teplota u peci byla regulována podle tzv. uhlovodíkové křivky hoření a dosáhla cca 1 100 °C. Tato křivka dosahuje náročnějšího teplotního zatížení než v ČSN obsažená křivka ISO určená spíše pro pozemní stavby. Uhlovodíková křivka se obvykle používá tam, kde může hořet (relativně) malé množství benzínu, např. palivová nádrž auta, nebo i nákladní vozidlo bez nebezpečného nákladu s požárním zatížením do 30 MW. To odpovídá předpokladům regulované možnosti vjezdu do tunelu Blanka, kde by další známé křivky hoření

spodní klenby, bočních bloků, podpůrných stěn a mostovky. Dále následovalo uložení izolace a betonáž horní klenby. Dokončení ostění spočívalo v realizaci výplňové injektáže horní klenby. Součástí prováděcích prací bylo i uložení těsnících prvků pracovních spár bentonitovými páskami, nebo křížovými plechy jako pojistný systém proti průsakům.

Na všech částech byla snaha rozvinout tzv. proudovou metodu (betonáž po sekcích), u které se předpokládalo, že bude prováděna až po kompletním dokončení ražeb s primárním ostěním tunelu. Mimořádné události při ražbách tunelu pod Stromovkou a u Ministerstva kultury ČR však zapří-



11a



12



11b

činily významné zpoždění razících prací, jak na tunelu pod Královskou oborou, tak i na tunelu Brusnice, a tím i potřebu provádět definitivní ostění souběžně s prováděním ražeb. Zároveň bylo nutné nadimenzovat mostovku pro přímý pojezd razičské mechanizace, což vedlo k požadavku na zvýšení tloušťky desky z 300 na 350 mm.

Vlastní betonářské práce využívaly v podstatě všech typů bednění, od hydraulické pojízdné ocelové formy horní klenby, přes systémová bednění jak s ocelovým, tak i překližkovým pláštěm až po zcela individuální bednění atypických míst. Postupováno bylo vždy podle předem stanoveného

kladečského plánu sekcí. Délky sekcí dopravních tunelů byly cca 12,1 m pro dvoupruhový tunel a cca 10,5 m pro třípruhový tunel. Do příčných spár mezi jednotlivými sekcemi nebyly vkládány žádné dodatečné prvky jako polystyren apod.

Omezený časový prostor a snaha co nejvíce snížit dopady do harmonogramu vlivem zpoždění od mimořádných událostí vedly k několika nestandardním provozním opatřením. V jeden čas tak byly na jednom tubusu tunelu až tři bednicí formy. Navíc práce bylo vždy třeba organizovat s uvážením zachování průjezdu propojkami pro zásobování prací prováděných v tubusu před

Obr. 9 Vzorek ostění po požární zkoušce (povrch bez odprysků je s PP vlákny)

Fig. 9 Sample of final lining after fire test (surface without failure contains PP fibres)

Obr. 10 Montáž formy definitivního ostění

Fig. 10 Shift of tunnel form

Obr. 11 a) Napojení kanálu 03 na severní třípruhový tunel, b) prostorově ohýbaná výztuž

Fig. 11 a) Connection of 03 canal to Northern three-lane tunnel, b) spatially bent reinforcement

Obr. 12 Schéma podzemního raženého technologického uzlu pod Letnou se směry odvětrání tunelu

Fig. 12 Scheme of driven underground technologic hub underw Letná showing the directions of tunnel ventilation

čelem prací na definitivě. I průchozí propojky bez dokončené horní klenby byly uvažovány pro průjezd stavební dopravy.

Práce v portálových partiích bylo třeba koordinovat s výstavbou hloubených objektů technologických center umístěných před raženými portály, které bylo nutné dokončit pro montáž technologie v předstihu před dokončením ražených tunelů. Tím také došlo k nutnosti demontovat bednicí vozy horní klenby přímo v tubusu raženého tunelu. Až 160t forma tak byla demontována v prostoru bez definitivního ostění, ale i pod již dokončeným definitivním ostěním horní klenby. Pro zavěšení zvedacího zařízení bylo využito buď kotev přes primární ostění, nebo předem zabudovaných kotevních prvků v definitivní klenbě osazené spolu s výztuží.

Navíc omezení výstavbou v navazujících hloubených jámách vedlo k nutnosti smontování části hydraulické formy nad portálem a jeho spuštění výkonnými jeřáby před ražený portál, odkud se v krátkém časovém sledu musela forma zasunout do tunelu.

lu cca 10,5 m tak nebylo možné provést zárodek napojení kanálu v jedné sekci horní klenby, jako je tomu obvykle u propojek. Kladečský výkres bednění byl proto upraven tak, aby umožňoval provádění horní klenby sekce třípruhového tunelu s částí klenby krčku kanálu 03 ve dvou krocích. Ve vzdálenosti cca 0,5 m od osy krčku byla provedena podélná pracovní spára klenby kanálu. Spára je v příčném řezu kolmá na ostění horní klenby krčku. Z hlediska zatížení při výstavbě byly obě sekce horní klenby samonosné s probíhající podélnou výztuží třípruhového tunelu, z hlediska výsledného zatížení působí společně. Spodní konstrukce obou sekcí byly provedeny najednou v jednom betonážním kroku. Komplikovaný tvar průniku dvou válcových ploch a požadavek statika na provázání výztuže vedl k nutnosti využití speciálních tvarů betonářské výztuže ve 3D (obr. 11b) spolu se speciálními opatřeními pro stabilitu armatury klenby před instalací formy.

Zcela samostatný přístup jak k návrhu, tak i k realizaci si vyžadoval celý podzemní technologický uzel kolem ražené

Do objektu podzemní strojovny délky cca 121,5 m je napojeno celkem pět technologických tunelů; kanál 03 z jižního čela, podzemní technologické centrum ze severního čela, z východní strany kanál 04, ze západní strany kanály 07 a 08 napojující šachty výdechového objektu Nad Královskou oborou.

Každé napojení-krček vzduchotechnického kanálu (šířka 9,5 až 11 m) do boku strojovny se s ohledem na rozměry bednicí formy klenby strojovny (délka 6 m) muselo složit ze tří pracovních sekcí s probíhající podélnou výztuží horní klenby. Horní klenba krčků kanálů tak musela být prováděna ve dvou krocích. Nejdříve se provedla horní klenba strojovny v plné tloušťce 650 mm a první vrstva horní klenby krčků kanálů dané sekce tloušťky 400 až 450 mm. V provizorním (montážním) stavu tak střední sekce kříženi působila vždy jako „konzola“ vetknutá do již dokončené první sekce. Po dokončení třetí sekce klenby byly do vnitřního líce klenby krčku navrtány spřahovací trny (v rastru 200 x 200 mm) a celá horní klenba krčku zmonolitněna vbe-



13



14

Za samostatnou zmínku pak stojí řada zcela atypických míst z hlediska nutnosti členění postupu výstavby a umístění pracovních spár. Tvarově nejkomplikovanější místa byla, jak bylo popsáno dříve, řešena použitím definitivního ostění ze stříkaného betonu.

Mezi tvarově velmi komplikovaná místa lze uvažovat napojení vzduchotechnického kanálu 03 na tunel (obr. 11). Tento kanál s rozpětím klenby cca 9 m, propojující strojovnu vzduchotechniky a severní třípruhový tunel (obr. 12), je dle provozních požadavků napojen na tunel pod úhlem cca 62°, místo běžných přibližně 90°.

Při délce formy třípruhového tune-

strojovny VZT a podzemního technologického centra (obr. 12). Vlastní odvodní vzduchotechnický kanál 04 je napojen jak na jižní, tak i severní třípruhový tunel pomocí svislých odvodních šachet umístěných na bocích tunelu. Kanál potom podchází v těsné blízkosti pod spodní klenbou oba tubusy. Vlastní napojení na tubusy tunelu bylo řešeno stříkanou definitivou, horizontální částí kanálu potom již monoliticky, a to včetně železobetonové příčky oddělující nasávaný vzduch z obou tunelů. Tato příčka tloušťky 300 mm se před napojením do strojovny VZT otáčí kolem svého středu o 90° (z vodorovné polohy do svislé).

tonováním vnitřního prstence tloušťky 650 mm. Celková tloušťka horní klenby krčků tak v definitivním stavu je činí 1 050 až 1 100 mm. Spodní klenba strojovny byla provedena po betonážních sekcích délky 6 m, v místech křížení s průběžnou podélnou výztuží.

Odladit technologický postup betonáže bylo třeba i v případě betonáže masivní svislé čelní stěny (šířka 19 m, výška 17 m) strojovny tloušťky 1,63 m. Po výšce byla betonáž rozdělena na tři etáže, v návaznosti na pracovní spáry prostupujícího vzduchotechnického kanálu 3. Výztuž stěny staticky vetknuté po obvodu do ostění strojovny byla vějířovitě rozprostřena u obou líců ostění, v nej-

namáhanějších oblastech byly použity až ØR32 po 200 mm, což vedlo k celkové hmotnosti výztuže této stěny 66 t. Z prováděcích důvodů byla podélná výztuž zajišťující spřažení stěny s ostěním strojovny nastavována pomocí šroubových spojek.

Poměrně standardní bylo provádění definitivního ostění větracích šachet hloubky cca 36 m, ústících do výdechového a nasávacího objektu Nad Královskou oborou, z monolitického betonu s betonážními sekcemi délky 4 m. Na definitivní ostění však navazovala betonáž střední stěny oddělující čistý přívodní a znečištěný odváděný vzduch v šachtě. Délící příčky se na výšku 24 m musely vějířovitě potočit o 67°, resp. 33°, aby se v horních částech šachet dostaly do polohy, v které pokračují v navazujícím objektu. Příčky zakotvené do ostění šachty pomocí navrtaných trnů byly proto betonovány v kroku 2 m vždy s malým pootočením bednění v každém kroku. Na každý betonážní krok tak pootočení měřené na vnitřním líci šachty činilo 438 mm, resp. 167 mm.

Celkem se jedná o pět hloubených tunelových úseků (obr. 1):

- úsek křižovatky Malovanka, v délce 91 m,
- úsek Myslbekova (prostor mimo Paťočkovu), v délce 179 m,
- úsek Myslbekova (TGC1), v délce 49 m,
- úsek křižovatky Prašný most, v délce 322 m,
- úsek Letná (pod plání), v délce 294 m,
- úsek hloubených tunelů Troja, v délce 550 m.

Hloubené tunely klasické byly navrženy vždy do otevřené stavební jámy zajištěné buď podzemními, záporovými, štětovými nebo mikropilotovými stěnami, případně svahováním nebo kotvenou skalní stěnou.

V prostoru trojské stavební jámy, která byla zároveň využívána jako přístup k ražbě tunelů pod Královskou oborou, bylo s ohledem na bezprostřední blízkost Vltavy využito kotvených podzemních a štětovnicových stěn vetknutých do nepropustného podloží a sloužících zároveň jako těsnící stěny. V hlubších úrovních stavební jámy byly potom

kloněním stěny až 150 mm) byly v patách zápor navrtány mikropiloty, které se pomocí stykových plechů spojily nosnými svary se záporami.

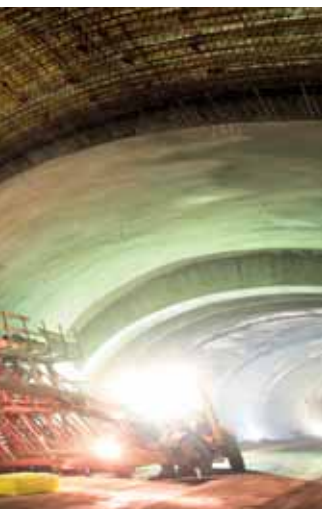
V obou případech, jak na Letné, tak i v Troji, byla celá stavební jáma rozdělena do jednotlivých dílčích částí odpovídajících postupu výstavby s ohledem na přeložky inženýrských sítí a povrchových dopravních tras.

Obdobným způsobem pak byly řešeny stavební jámy hloubených tunelů na Prašném mostě, Myslbekově a Malovance, vždy s uvážením konkrétních lokálních požadavků a omezení.

Konstrukční řešení klasických hloubených tunelů

Maximální podélný sklon v trase tohoto typu tunelů činí 5 %, v rampě až 8 %, minimální směrový poloměr je 208 m, v rampě 38 m.

Konstrukční uspořádání hloubených tunelů v příčném řezu představuje typickou masivní rámovou konstrukci působící jako spojitý uzavřený rám o dvou až třech polích (výjimečně na Malovance čtyřech polích) se společnou střed-



Obr. 13 Pohled do vyraženého kanálu 04 a severního třípruhového tunelu

Fig. 13 View into excavated profile of 04 canal and the Northern three-lane tunnel

Obr. 14 Armatura horní klenby před prováděním stříkaného ostění v místě napojení kanálu 04 na třípruhový tunel

Fig. 14 Reinforcement of the upper vault before shotcreting final lining on the place where 04 canal connects to three-lane tunnel

Obr. 15 Dokončené definitivní ostění strojovny VZT

Fig. 15 Completed final lining of the ventilation machinery room



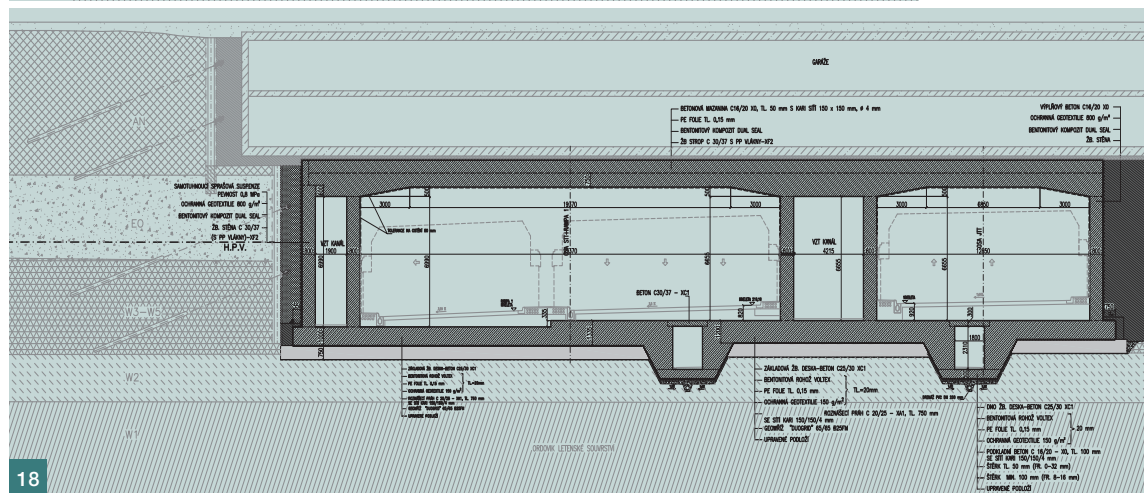
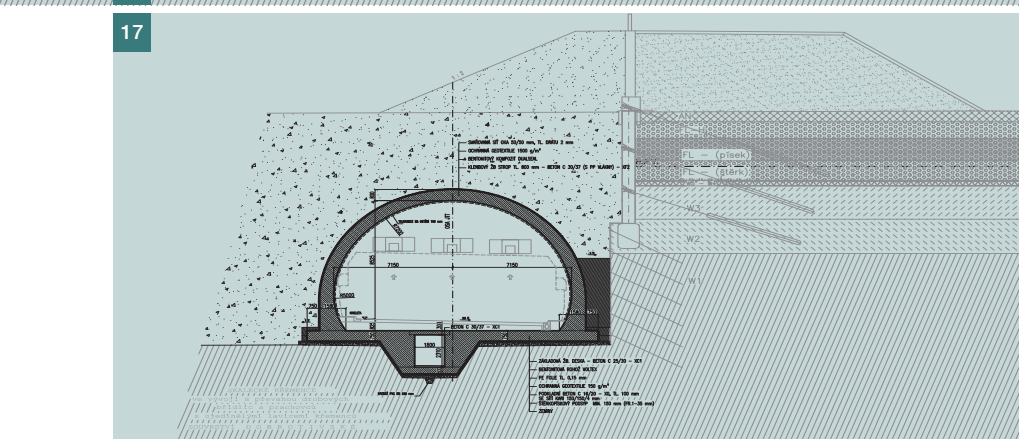
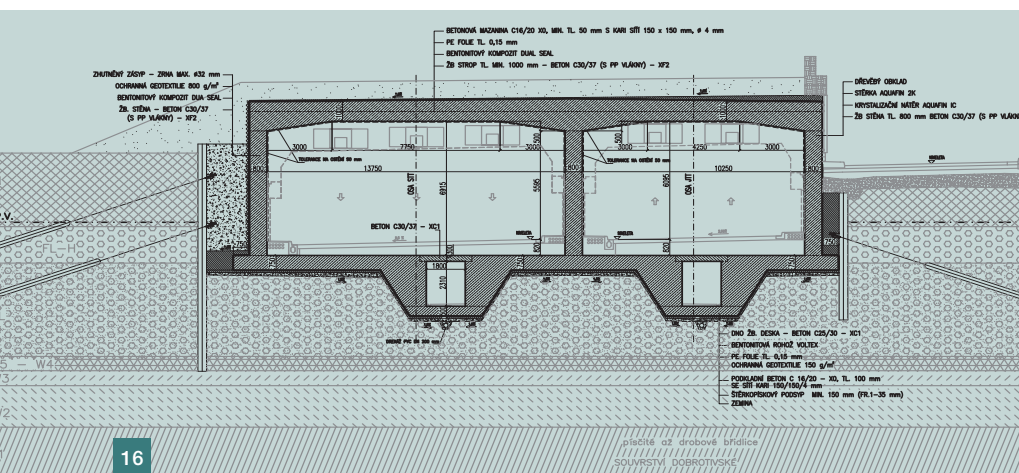
KLASICKÉ HLOUBENÉ TUNELY

Klasické hloubené tunely jsou v rámci komplexu Blanka využity jednak v portálových částech navazujících na ražené tunely, dále v místech s komplikovanou dispozicí (křižovatky, podzemní objekty) a v úsecích s vedením trasy MO s nadloží neumožňujícím rozvinutí ražených tunelů. Dispozičně se jedná převážně o dvoupruhové a třípruhové tunely, v nutné míře je ovšem využito i profilů výrazně větších (rozplety). Podzemní hloubené rozplety na trase MO jsou umístěny na Malovance, Prašném mostě, Letné a v Troji a je dosaženo rozpětí stropních desek až 26 m při zpětném zásypu přesahujícím i 6 m.

kotvené skalní stěny. Maximální hloubka jámy dosahovala 24 m.

V letenské stavební jámě bylo pro zajištění výkopů využito kotvených záporových stěn, pouze portál ražených tunelů je zajištěn pilotovou stěnou. Maximální hloubka jámy byla 24,5 m. Při provádění hloubení letenské stavební jámy vyvstal problém výrazného sedání některých záporových stěn způsobeného svislou silovou složkou od předpínaných horninových kotev a snížením únosnosti podložních vrstev sprašů, do kterých byly vetknuty paty zápor, vlivem jejich zvodnění. Pro zachycení těchto silových účinků a zabránění dalších svislých posunů (max. dosažené až 210 mm s vy-

ní stěnou (stěnami). Nosnou konstrukci tunelu tvoří spodní základová deska (tloušťky převážně 750 nebo 1 000 mm) se stěnami a stropem (obr. 16). V trojském úseku a v úseku u Myslbekovy ulice je lokálně v místě s větší výškou zpětných zásypů u raženého portálu využito i hloubených tunelů s horní klenbou (obr. 17). Tloušťka stěn a klenby je 800 mm (výjimečně 1 000 mm), tloušťka stropu je min. 1 000 mm s náběhy ke stěnám 500 mm na délku 3 m. Konstrukce jsou převážně monolitické železobetonové z betonu třídy C30/37, základové části potom z betonu C25/30. Výztuž je volná vázaná třídy 10 505-R, doplněná svařovanými sítěmi KARI. Kry-



tí výztuže betonem je u obou povrchů stanoveno na 50 mm. Podle místa uložení betonu je využito tříd agresivity prostředí XF2 – pro konstrukce nad vozovkou, XC1 – pro konstrukce pod vozovkou. Do směsi betonu konstrukcí stěn a stropu, případně horní klenby jsou přimíchána polypropylenová vlákna (2 kg PP vláken na 1 m³ s délkou vlákna 6 mm a průměrem 0,018 mm), jako ochrana proti vlivu požáru na ztrátu únosnosti, resp. odstřelování betonu krycí vrstvy výztuže. Do nosných konstrukcí tunelu ještě patří deska nesoucí vozovku nad instalačním kanálem – mostovka. Ta je pnutá příčně jako prostá deska tloušťky 300 mm z betonu C30/37.

Vodotěsná izolace tunelu (kromě dílčích úseků) je navržena jako uzavřená plášťová na bázi izolačních betonitových rohoží, vždy s doplňujícími prvky pro dotěsnění dilatačních a pracovních spár (těsnící plechy s bitumenovým povrchem a PVC dilatační těsnící pásy). Využito je rohoží Voltex doplněných PE fólií tloušťky 0,15 mm a podkladní geotextilií 150 g/m² pro základovou část tunelů a kompozitů Dual Seal pro stěny a strop (klenbu), ochráněných před prováděním zpětných zásypů buď betonovou mazaninou tloušťky 50 mm, nebo geotextilií 800 g/m², resp. 1 500 g/m² u klenbových tunelů. Zpětný zemní zásyp u izolace je s ohledem na bezpeč-

nost proti proražení navržen z frakce o max. 32 mm.

Na portálový objekt na Malovance budovaný v předstihu bylo využito celoplošné hydroizolace systémů Preprufe 300 tloušťky 1,4 mm (odolná fólie HDPE opatřená na povrchu vrstvou speciální lepicí hmoty) a Bituthen 3000 tloušťky 1,5 mm (asfaltokaučkové samolepicí pásy). Oba systémy svým trvalým spojením s nosnou konstrukcí výsoce snižují, nebo zcela eliminují možnost migrace vody po konstrukci, a tím omezují rozsah případných průsaků.

Na úseku hloubených tunelů Myslbe-kova bylo využito hydroizolačních pásů Teranap 431 TP tloušťky 4 mm z modifikované živice SBS vyztužených vložkou z netkaného polyesteru plošné hmotnosti 200 g/m². Jako ochrana bylo využito podkladní geotextilie Geofiltex 500 g/m² a vrchní ochranné a kluzné vrstvy Izolnetex 3 100.

Ve všech případech byla nepropustnost pracovních a dilatačních spár systémově řešena bobtnavými pásy, těsnícími plechy, nebo spárovými pásy.

Betonáž jednotlivých konstrukčních

prvků tunelu probíhala většinou proudovou metodou po sekcích do systémového bednění. Délka pracovních záběrů byla převážně 12 m, tato délka byla zvolena s ohledem na úspory v podélné výztuži (prořezy). Tři pracovní sekce jsou obvykle propojeny podélnou výztuží do dilatací délky cca 40 m.

Rozpletové úseky

Samostatnou část technického řešení hloubených tunelů komplexu Blanka tvoří tzv. rozpletové úseky, tj. místa tunelu, kde se komunikace průběžného vedení trasy MO napojuje odpojovacími a připojovacími rampami na povrchovou komunikační síť. V části úseku na Let-



né (napojení na třídu Milady Horákové – křižovatka U Vorlíků) a Troji (napojení na nový Trojský most – křižovatka Troja) bylo s ohledem na velké rozpětí stropních konstrukcí rozpletových dilatačních dílů a vzhledem k výši trvalého zatížení nad nimi využito dodatečně předepnutých betonových monolitických deskových stropů.

Vlivem odbočení jednotlivých tunelových ramp dosahuje rozpětí stropní desky až cca 26,2 m (obr. 18), proti základní šířce třípruhových profilů 14,5 m, výška zpětného zásypu nad stropem je cca 6,5 m, případně jsou nad stropem umístěny až tři patra podzemních garáží.

V prostoru Mimoúrovňové křižovatky U Vorlíků na Letné jsou navrženy celkem dvě přípojně a dvě odbočovací dopravní větve (obr. 19 a 20). S ohledem na dělení tunelu na dilatační díly délky 20 až 50 m, zasahuje zvětšená šířka do pěti těchto dílů. Jednotlivé dilatační díly tunelu jsou tak tvořeny nepravidelnými krabicovými uzavřenými rámy, které mají v počáteční dilatační spáře dva otvory pro vedení hlavní trasy MO a v koncové spáře tři otvory (přibývá

Obr. 16 Příčný řez klasickým hloubeným tunelem s rovným stropem ■

Fig. 16 Cross section of cut-and-cover tunnel with flat ceiling

Obr. 17 Příčný řez klasickým hloubeným tunelem s horní klenbou ■

Fig. 17 Cross section of cut-and-cover tunnel with upper vault

Obr. 18 Příčný řez s klasickým hloubeným tunelem v rozpletu ■

Fig. 18 Cross section of cut-and-cover tunnel with flat ceiling in the tunnel fork

Obr. 19 Armování stropu v rozpletu na Letné ■

Fig. 19 Reinforcement of tunnel roof deck in Letná fork

Obr. 20 Letecký pohled na staveniště Letná ■

Fig. 20 Aerial view of Letná construction site



rampa). Obdobně je navržen i rozpletový úsek jedné odpojovací rampy v Troji. Stropní deska vždy tvoří spojitý nosník o min. dvou polích.

Základová deska je v rozpletových dilatacích pod střední stěnou tloušťky 1 m, stěny jsou opět tloušťky 0,8 m jako v běžném profilu tunelu, tloušťka stropní desky se pohybuje od 1,3 m v poli do 2,1 m nad střední podporou.

Předpínací výztuž ve stropní desce je navržena z kabelů složených z devatenácti lan průměru 15,3 mm (0,60") – St 1570/1770 a kotvena systémem Dywidag. Všechny kabely jsou vedeny průběžně přes všechny tubusy tunelu a jsou zakotveny na bočních stranách

stropní desky. Rozteče kabelů v podélném směru byly navrženy od 0,5 do 0,7 m. Všechny kabely byly napínány jednostranně, vždy ze strany delšího rozpětí. Dráhy kabelů jsou půdorysně i výškově zakřivené. Beton stropní desky je shodný s betonem v běžném úseku tedy C30/37 s PP vlákny.

Investor	OMI MHMP
Hlavní projektant	Satra, spol. s r. o.
dílčí části	PUDIS, a. s., a Metroprojekt, a. s.
Hlavní zhotovitel stavební části	Metrostav, a. s., divize 2
v části	Eurovia CS, a. s.
Zhotovitel technolog. části	ČKD DIZ Praha, a. s.

www.tunelblanka.cz

Ing. Pavel Šourek
Ing. Lukáš Grünwald
Ing. Vladimír Petržílka
všichni: Satra, spol. s r. o.

Ing. Pavel Kasal, Ph.D.
Metrostav, a. s., divize 6

Ing. Jan Kvaš, MBA
Metrostav, a. s., divize 5

Ing. Miroslav Padevět
Metrostav, a. s., divize 2

Ing. Michael Remeš
Zakládání staveb, a. s.

*Dokončení článku bude uveřejněno
v časopisu Beton TKS 1/2013*