

ZAKLÁDÁNÍ

Časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.

2/2009

Ročník XXI



- **MOST PŘES LOCHKOVSKÉ ÚDOLÍ**
- PROBLEMATIKA ZALOŽENÍ STAVBY
- **MĚSTSKÝ OKRUH – STAVBA Č. 0080**
PRAŠNÝ MOST – ŠPEJCHAR
- **TUNEL PRACKOVICE**
– ZAJIŠTĚNÍ PRAŽSKÉHO PORTÁLU
- **PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA**
HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY,
ETAPA 0006: ZBRASLAV – RADOTÍN





Stavební práce na třídě Milady Horákové, stavba č. 0080, pohled od Špejcharu na západ

MĚSTSKÝ OKRUH – STAVBA Č. 0080 PRAŠNÝ MOST–ŠPEJCHAR – SOUBĚH VÝZNAMNÝCH DOPRAVNÍCH STAVEB

Stavba č. 0080 městského okruhu je z projekčního i realizačního hlediska náročná tím, že na ní dochází k souběhu několika dopravních staveb celopražského významu. Stavbou je dotčena trať ČD, stanice metra A Hradčanská, tramvajová trať a významná dopravní tepna – ulice Milady Horákové. Vzhledem k požadavku dotčených úřadů, např. na zkrácení postupů výstavby (ČD, tramvajové trati, přeložek sítí), je během výstavby stále nutné měnit její postupy. Pro zhotovitele i projektanta to přináší řadu těžkostí, kdy stavba nepokračuje plynule ve své linii, ale je nutno střídatě pracovat na několika pracovištích. Stejně jako stavba č. 0079, o níž jsme psali v minulém čísle, je i tato stavba tvořena hloubeným tunelem budovaným v podzemních stěnách, jehož výstavba probíhá v otevřené stavební jámě.

Staveniště se nachází na katastrálním území Dejvice a Hradčany v obvodu památkové zóny „Dejvice, Bubeneč, horní Holešovice“, částečně v ochranném pásmu metra a kolejí ČD. Stavba tunelového úseku v délce 659,4 m je vedena v městské části Prahy 6 pod ulicí Milady Horákové, mezi křižovatkami Prašný most a Špejchar. Stavba je v celé své délce tvořena hloubeným tunelem v podzemních stěnách v otevřené stavební jámě (viz časopis Zakládání 1/2009). Stavba č. 0080 navazuje na západě na stavbu č. 9515 Myslbekova–Prašný most a na východě na hloubené tunely stavby č. 0079 Špejchar–Pelc-Tyrolka. Ze severního tunelu MO odbočuje výjezdová rampa č. 1, jejíž podzemní část dispozičně i konstrukčně těsně souvisí s řešením severního tunelu. Rampa č. 2 (výjezdová) se připojuje k jižnímu tunelu MO. V úseku od Prašného mostu až po zaústění ramp jsou tunely navrženy jako dvoupruhové, ve zbývajících částech pak jako třípruhové.

Souběh významných dopravních staveb

V celém úseku stavby č. 0080 dochází k souběhu několika dopravních staveb celopražského významu (trať ČD, trasa metra A, tramvajová trať, městská komunikace Milady Horákové). Tím je dána i náročnost technického řešení se zohledněním takových postupů výstavby, aby byl zásah do stávajících dopravních spojení co nejmenší. Trasa je umístěna převážně v prostoru třídy Milady Horákové, která je v podstatě jedinou propojovací trasou mezi východní a západní částí města v celém jeho severním segmentu. Pro zkrácení povrchových záborů na minimum bylo v celé délce úseku využito technologie hloubených tunelů s čelním odtěžováním pod ochranou trvalých nosných konstrukcí stropů a podzemních stěn. **Značná prostorová stísněnost** vyvolala i velmi redukováný způsob zajištění předvýkopů pro realizaci podzemních stěn a betonáž stropu tunelu – záporové kon-

strukce zajištění stavební jámy těsně navazují na podzemní stěny. Pro místa s extrémně stísněnými prostorovými podmínkami je v záloze připraveno i řešení s vertikálně odkloněnými záporovými stěnami, které však zatím nemuselo být využito.

V prostoru stanice metra Hradčanská, kde jsou navrženy dva třípruhové tunely, je situace nejsložitější. Tyto tunely jsou zde sevřeny tratí ČD Praha–Chomutov a větrací šachtou hlavního větrání stanice metra Hradčanská na severní straně a objekty stanice metra Hradčanská, tj. podchodem, vestibulem a eskalátorovým tunelem, na jihu. Realizace tunelů je zde možná pouze za předpokladu ubourání části podchodu metra pro období výstavby s tím, že po vybudování silničních tunelů se podchod v původním rozsahu obnoví.

V rámci stavby městského silničního okruhu je navržen i **nový podchod pod tratí ČD** jako

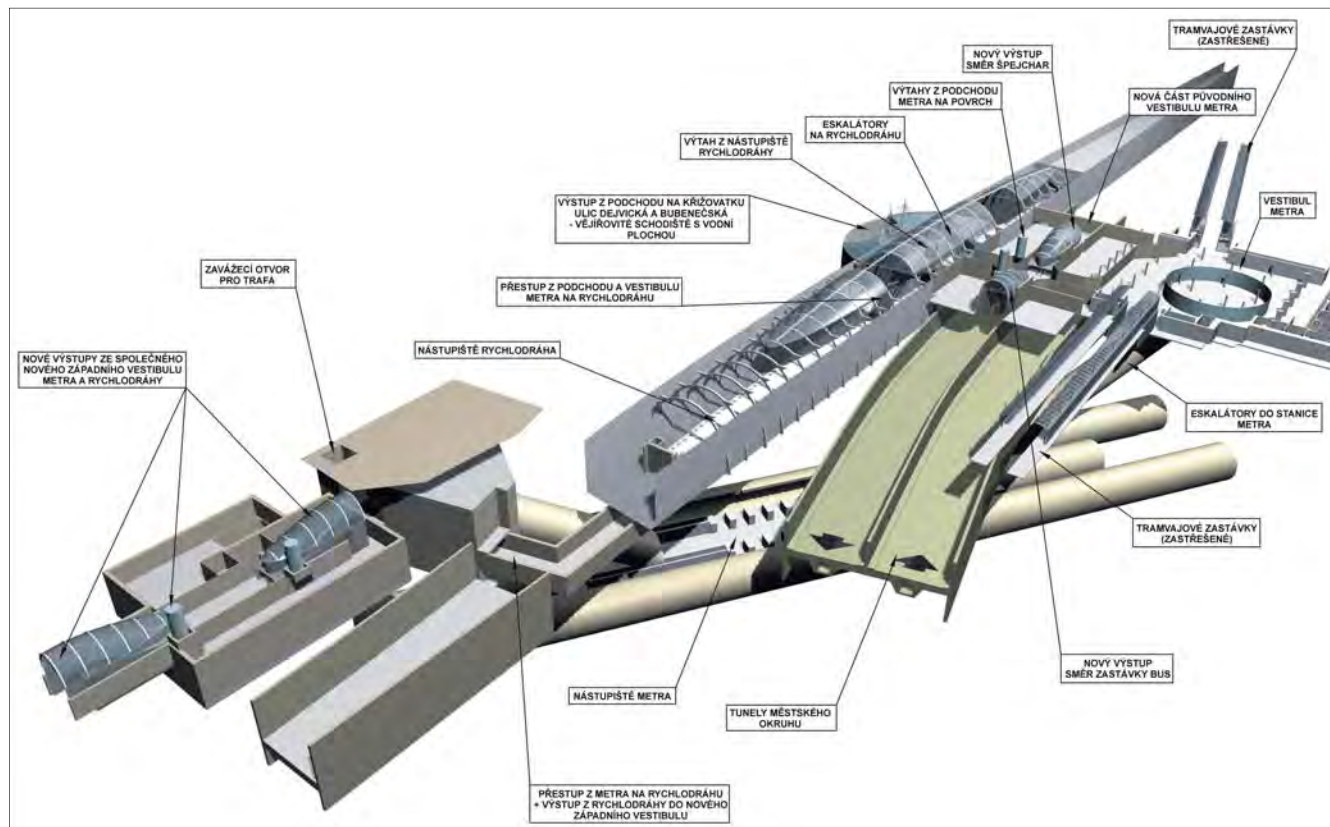


náhrada za současný nekapacitní, k jehož demolici dojde vlivem výstavby MO. Veškeré práce, které je nutno provádět v prostoru tratě ČD, jsou vždy kumulovány do krátkodobých výluk tratě včetně realizace mostních provizorií.

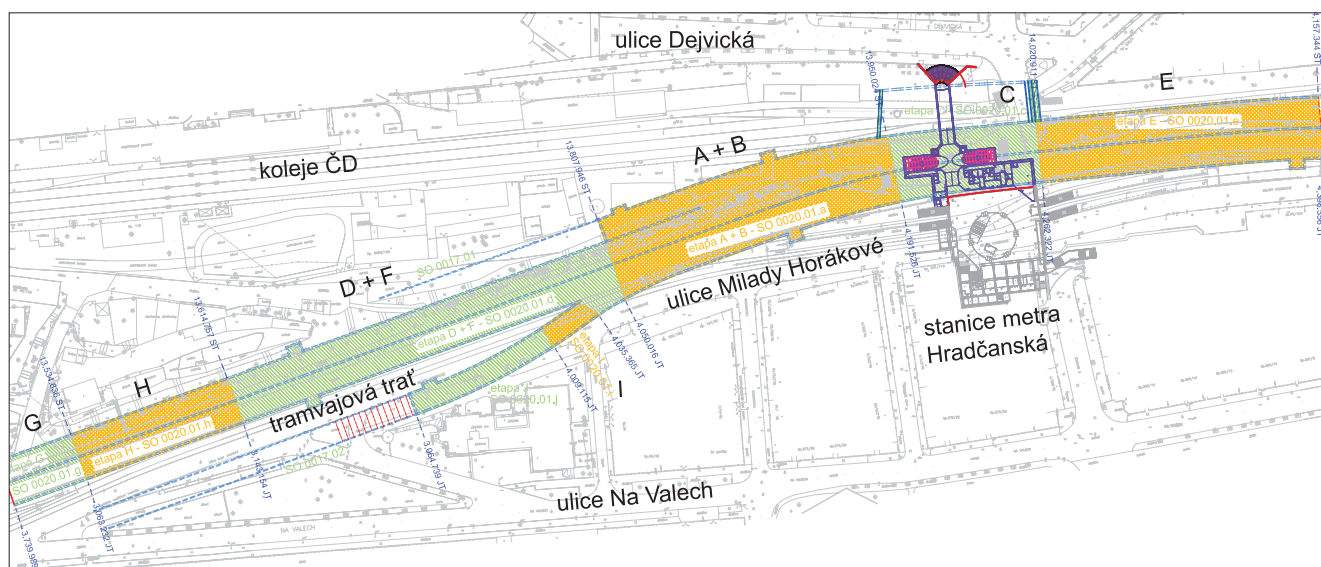
Pro možnost výhledové realizace **podzemní stanice Dejvice–Hradčanská rychlodráhy**

Masarykovo nádraží – Letiště Praha – Kladno, která se nalézá v těsném sousedství tunelů MO na severní straně, jsou v rámci této stavby navrženy předstihové objekty, umožňující pozdější výstavbu stanice rychlodráhy bez zásahů do důležitých inženýrských sítí, které budou přeloženy již v rámci stavby MO. Přes budoucí stavební

jámu stanice rychlodráhy tak budou jako mostní konstrukce provedeny přeložky kanalizace a ostatních tudebních i kabelových sítí. V předstihu bude nutné provést i část obvodových konstrukčních podzemních stěn severní stěny budoucí stanice rychlodráhy. Stejně tak i nový podchod z vestibulu metra pod tratí ČD je navržen



Prostorové schéma budoucího umístění nadzemních a podzemních objektů v oblasti stanice metra Hradčanská



Situace stavby č. 0080 Prašný most–Špejchar s vyznačením jednotlivých dilatací.

jako mostní konstrukce přes budoucí stavební jámu. O prostorové stísněnosti území svědčí i skutečnost, že severní obvodová stěna tunelů MO bude v délce cca 200 m společná se stanicí rychlodráhy. Tunely městského okruhu procházejí nadložími **eskalátorového tunelu** ze stanice metra v místě blízko jeho zaústění do vestibulu metra. Tyto dvě stavby se kříží pod ostrým úhlem, přičemž eskalátorový tunel je zároveň ve sklonu 30°. V linii každé podzemní stěny se tedy nacházejí konstrukce eskalátorového tunelu v jiné výšce. Ve 3D modelu bylo proto nutno stanovit

úroveň paty jednotlivých lamel podzemních stěn tak, aby byla zachována bezpečnost konstrukce eskalátorového tunelu při hloubení lamel podzemních stěn. Zároveň i úroveň základové spáry rozpěrné desky tunelu se přibližuje ke klenbě eskalátorového tunelu. I proto je v rámci geomonitoringu navrženo rozsáhlé geodetické sledování všech dotčených konstrukcí metra. Jedná se především o konvergenční měření na pěti příčných profilech v eskalátorovém tunelu a na čtyřech příčných profilech v vlastní stanici metra, dále o geodetické sledování na 30 bodech osazených na konstrukcích

vestibulu metra a o geodetické sledování na čtyřech bodech na větracím objektu metra. Tato měření by měla zajistit bezpečnost konstrukcí a především provozu metra po celou dobu výstavby. Stavební práce v prostoru okolí objektů metra jsou také komplikovány **výskyty „neidentifikovatelných“ betonových konstrukcí**, které zde v podzemí zůstaly pravděpodobně po předchozí stavební činnosti. Mnohdy bylo nutno operativně upravovat projektové řešení, a to především prvků zajištění stavební jámy, a zároveň složitě prověřovat, zdali je možno nalezené betonové prvky demolovat.



Budování podzemních stěn na jižní a střední části budoucích tunelů

Dopravní a časová omezení – důsledky pro stavbu

S postupným budováním stavby a s postupným převáděním povrchové dopravy na již zasypané konstrukce tunelů MO jsou a ještě budou v celém úseku stavby č. 0080 prováděna výrazná dopravní opatření.

Vzhledem k požadavku dotčených úřadů a především magistrátu na zkrácení postupů výstavby (ČD na zkrácení výluky kladenské dráhy, magistrátu na zkrácení tramvajové výluky a její časové umístění mimo nejvíce exponované dopravní období) a aktuální realizaci přeložek inženýrských sítí je během výstavby stále nutné měnit její postupy. Z toho plyne rozdělení stavby č. 0080 na jednotlivé podobobjekty, které tyto požadavky odrážejí (dilatace A, B, C, D, E, G, H). Pro zhotovitele i projektanta to však přináší řadu těžkostí, kdy stavba nepokračuje plynule ve své linii, ale je nutno střídavě pracovat na několika pracovištích. To komplikuje postupy prací především při provádění podzemních stěn při řešení návaznosti jednotlivých lamel, kdy zámky styku lamel mají být řešeny jako vodonepropustné.

Například v rozsahu části dilatace D (foto – lavice ze stříkaného betonu) byla stavební jáma z časových důvodů podélně rozdělena – podél stávající tramvajové trati byla provizorně provedena až na hranici průjezdného profilu (při zachování bezpečného provozu tramvají) ještě před úplnou výlukou tramvajové trati. Tato provizorní stěna stavební jámy byla podél tramvajového tělesa zajištěna hřebíkováným svahem a stříkaným betonem. V této části staveniště tak bylo možné pracovat na podzemních stěnách severní a středové stěny tunelů i na stěnách výjezdové rampy. V rámci projektu organizace výstavby (POV) stavby se podařilo rozčlenit stavbu v prostoru a čase tak, že na celém úseku stavby č. 0080 mohla být použita betonáž stropní desky tunelů, aniž by bylo nutné provádět podélnou pracovní spáru v oblasti středové podzemní stěny tunelů. Odpadla tak spousta problémů se stykáním výztuže a složitými detaily těsnění této spáry. Rychlému postupu výstavby bránily a stále brání i problémy s výkupy některých pozemků. Z důvodů zpoždění výkupu pozemků Kovošrotu bylo nutné provést další dílčí rozdělení stavební



Ražená štola pro přeložení kanalizace pod ještě nevykopenými pozemky budoucích tunelů



Pohled od stavby č. 0080 k Letné a navazujícímu úseku stavby č. 0079, kde probíhá těžba podzemních stěn frézou, vlevo dekantační zařízení

jámy s tím, že se provedl výkop v maximálním možném rozsahu, ale nebylo možné provadět stropní desku až do rozšíření výkopu, dokud nebyly pozemky vykoupeny. Obdobně s pozemky Stavebnin – zde byl a je problém s realizací podzemních stěn a přeložky kanalizace, která bude v tomto místě tvořit „mostní“ konstrukci, která po vyhloubení stavební jámy podzemní stanice rychlodráhy Praha–Kladno bude tuto jámu překračovat a v definitivním stavu bude i zakomponována do interiéru stanice. Původně měla být přeložka provedena v otevřeném výkopu, následně se zpracovával projekt na protlak, aby nakonec část přeložky pod ještě nevykopenými pozemky byla realizována v ražené štole.

Geologické prostředí

Z hlediska geologických poměrů je celý projektovaný úsek hloubených tunelů stavby č. 0800 veden v pokryvných útvarech. V nejsvrchnějším patře se v celém území nacházejí navážky

proměnlivé mocnosti a charakteru. Pod nimi se nachází souvislá vrstva eolických sedimentů (spraše a sprašové hlíny) o mocnosti 6 až 14 m, kterou překrývají deluviální a fluviální sedimenty. Deluviální sedimenty (svahové hlíny a sutě) se vyskytují na začátku trasy od km 3,740 do 4,010. Maximální mocnosti až 13,0 m dosahují na začátku úseku. Fluviální sedimenty dejvické terasy (písky a štěrky, resp. silně hlinitý středně zrnitý písek přecházející do písčitého jílu) svým plošným rozšířením představují nejhojněji zastoupené zeminy pokryvných útvarů v tomto území. Průměrná mocnost těchto sedimentů je obvykle 8–10 m. Dle dodatečných geologických vrtů se ale v části úseku Hradčanská tyto vrstvy vůbec nevyskytují. To má výrazný vliv na návrh hloubky paty podzemních stěn. Skalní podloží ordovického stáří je tvořeno prachovitými, písčitymi až drobovými břidlicemi a vzhledem k terénu se nachází v proměnlivých hloubkách od 31 do 18 m.



Osazování armokoše podzemní stěny do vyhloubené rýhy

Návrh podzemních stěn tunelů

Rozhodujícím faktorem pro návrh konstrukcí bylo stanovení únosnosti lamel podzemních stěn, protože v převážné délce úseku je skalní podloží ve značné hloubce a zahloubení paty podzemních stěn až do tohoto skalního podloží by bylo nákladné. Uvažovalo se tedy o ukončení podzemních stěn ve vrstvách terasových sedimentů (písky a šterky). Bohužel dodatečný geologický průzkum ukázal, že vrstvy sedimentů jsou značně horší kvality, než se původně ukazovalo. Především téměř zcela absentovala vrstva šterků, místo ní se vyskytují především silně hlinité písky či svaňové hlíny. Proto bylo rozhodnuto o provedení statické zatěžovací zkoušky zkušební lamely podzemní stěny přímo v prostoru staveniště. Účelem bylo stanovení osově tlakové únosnosti lamely vetknuté do kvartérních sedimentů dejvické terasy tak, aby těchto výsledků mohlo být využito při návrhu a statickém posouzení střední stěny tunelu, tvořené paralelními podzemními stěnami. Tato střední stěna tunelu bude v definitivním stadiu oboustranně obnažena až do úrovně počvy obou tunelů a bude přenášet značné vislé zatížení ze zasypané stropní desky tunelů.

Statická zatěžovací zkouška typu MLT byla navržena s postupně rostoucím zatížením s odlehčovacím stupni pro maximální zkušební sílu o velikosti $P_z = 12,0$ MN; celkem bylo provedeno osm zatěžovacích stupňů a čtyři odlehčovací. Celkově lze konstatovat, že průběh statické zatěžovací zkoušky lamely byl standardní („normální“), bez jakýchkoliv anomálií, což je dokumentováno zejména na „hladkém“ a plynulém průběhu mezní zatěžovací křivky. Naměřené velikosti sedání pro jednotlivé zatěžovací stupně (zejména pak pro ty nejvyšší) ukazují „překvapivě“ na poměrně vysokou únosnost lamely PS v základové půdě výrazně nižší kvality (z hlediska jejího makroskopického popisu při těžbě), než bylo v projektu předpokládáno. Výsledky zatěžovací zkoušky tak alespoň částečně rozptýlily obavy, které se vyskytly po provedení dodatečného geologického průzkumu. Pro zdárný návrh konstrukcí ale bylo nutno tyto výsledky promítnout i do výpočtového modelu. Byla řešena dvoudimenzionální úloha za stavu rovinné deformace. Horninové prostředí bylo uvažováno jako nehomogenní, izotropní a pružně-plastické s plochami plasticity dle Mohr-Coulomba. Nosné konstrukce tunelů jsou modelovány

jako pružné nosníkové prvky odpovídající tuhosti a materiálovým vlastnostem. Na kontaktu se zeminami jsou použity vhodné parametry kontaktních prvků. Parametry zeminového prostředí v okolí lamel byly odlaďeny na výpočtech modelujících průběh zatěžovací zkoušky zkušební lamely podzemní stěny. Nedosáhlo se sice úplné shody mezi mezní zatěžovací křivkou ze zkoušky a při výpočtu, ale v očekávaném oboru zatížení byla dosažena vyhovující shoda jak v deformaci lamely, tak i v poměru únosnosti na plášti (75 %) a na patě (25 %) lamely. Pro ověření předpokladů výpočtů při chování skutečné konstrukce jsou do konstrukcí tunelů osazovány měřicí body. Sledovány budou především deformace a napětí v podzemních stěnách od okamžiku zabetonování stropní desky tunelu přes provádění zásypů nad tunely až po vyražení profilů tunelů a provedení spodní desky vozovky. Pro případnou nutnost sanace základové půdy injektážemi v oblasti paty podzemních stěn jsou do lamel osazeny plastové průchodky.

*Ing. Josef Kuňák, Metroprojekt, a. s.
Foto: Libor Štěrba a autor*

REALIZACE STAVBY Č. 0080 PRAŠNÝ MOST – ŠPEJCHAR

Rok 2008 a první čtvrtletí roku 2009 byly na stavbě č. 0080 Prašný most–Špejchar ve znamení legislativních překážek, které blokovaly rozběh stavebních prací. Až začátkem dubna 2009 bylo možné přeložit kabelové sítě a odstranit stavbu „Kovošrotu“. V období prosince 2008 až března 2009 bylo v omezeném tempu provedeno zajištění stavební jámy v dilataci A, B a částečně D. Během provozování tramvajové tratě byla jižní stěna jámy u ul. Milady Horákové zajištěna hřebíkováním a stříkanými betony a v další etapě pak záporovým pažením kotveným v jedné nebo dvou výškových úrovních. V současné době (srpen 2009) je dokončeno záporové pažení na výše uvedených dilatacích A, B, D a H, což je 70 % celkového rozsahu stavby č. 0080. Dokončení dilatací C, E a G je plánováno na konec září 2009. Z celkového plánovaného rozsahu prací speciálního zakládání bude na stavbě č. 0080 do konce srpna dokončeno asi 60 %.

Podzemní stěny, dilatace D

Po zhotovení záporového pažení v jednotlivých úsecích stavby č. 0080 se bezprostředně navázalo s budováním podzemních stěn tl. 800 mm. V současné době jsou podzemní stěny budovány v nejdelší dilataci D v délce 200 m. Ta je členěna na úseky D7 až D1 (7 x dl. 28,8 m) a speciální D8 s propojením na výjezdovou rampu č. 1 a vjezdovou č. 2. Standardní dilatace D dl. 28,8 m má

severní (k nádraží Dejvice), střední a jižní stěny budoucích tunelových tubusů. Každá stěna je provedena z lamel dl. 2,5 až 7,2 m s proměnlivou hloubkou 16,5 až 23,5 m. Do každé lamely pažené jílocementovou směsí je osazen armokoš o hmotnosti až 20 t, který je svařován na ploše cca 10 x 25 m. Pro plynulost výstavby je třeba zajistit čtyři až šest takových ploch, vč. stabilních betonových ploch pro převoz armokoše do vyhloubené lamely. Následně je zahájena betonáž 80 až 150 m³ od paty lamely v hl. 16,5 až 23,5 m za současného odčerpávání 80 až 150 m³ pažic jílocementové směsi. Pro minimalizaci zatížení životního prostředí je do strojní sestavy odčerpávání jílocementové směsi osazeno dekantační zařízení, které zajišťuje separaci jednotlivých složek směsi a opětovné použití recyklátu.

Omezit dopad stavební činnosti na životní prostředí, patří k firemním kulturám všech účastníků výstavby, proto byly vybudovány pracovní plochy z betonu nebo asfaltu. V průběhu srpna bude současný systém čištění veřejných komunikací doplněn i o myčku nákladních automobilů v rámci zařízení staveniště. Realizace je v plném proudu i v dilataci C, v místě vestibulu metra stanice Hradčanská. Práce naplánované do období výluky Českých drah od 18. 5. do 30. 7. 2009 byly úspěšně dokončeny. Do konce srpna by zde mělo být dokončeno záporové pažení a v 2. dekádě září zahájena realizace podzemních stěn.

Stropní desky tunelů

Po provedení betonáže podzemních stěn je v úrovni odbouraných korun povrch dna stavební jámy ztuhněn a připraven k armování a betonování stropní desky. Ty mají oproti původnímu návrhu zvýšenou tloušťku 1250 mm a vyšší stupeň vyztužení. Důvodem této změny je nově vydaný soubor norem pro navrhování betonových konstrukcí (Eurocode) ČSN EN 1990-1992, tj. nový způsob posuzování smršťování, resp. šířky trhlin. Stropní desky A1, B1, B2 a D6 jsou již vybetonovány jako spojité o dvou polích; do konce srpna 2009 je plánovaná betonáž desek A2 a D5. Po ukončení ražeb a odfrézování pohledových částí podzemních stěn bude tubus tunelu doplněn spodní rozpěrnou železobetonovou deskou s technickým tunelem pod vozovkou. Celá konstrukce je realizována bez membránové izolace z vodonepropustného betonu s dotěšňovacími prvky do pracovních dilatačních spár konstrukce ostění tunelu. Stropní deska je po dosažení požadovaných parametrů zpětně zasypana vhodnou zeminou s vápennou stabilizací. Umožněny jsou tak finální úpravy terénu, zpětné provozování povrchové dopravy a snížení dopadu na obyvatele dotčené lokality. Odtěžení vlastního profilu jižní i severní tunelové trouby je již realizováno v podzemí s minimálním vlivem hluku a prašnosti na okolí.



Stavební práce na dilataci D, pohled směrem ke stanici Hradčanská

Výhled dalších stavebních činností

Pro zajištění plynulého postupu prací bude plán organizace výstavby připravován ve 14ti denních cyklech, a tím budou nastaveny optimální podmínky pro dosažení plánovaného objemu realizace podzemních stěn nad 3500 m² za měsíc. Takový postup bude korespondovat s plánovanou následnou realizací stropních desek, ražbou tunelů (od listopadu 2009) a finální úpravou přes 20 000 m² podzemních stěn po ražbě (od ledna 2010).

Důležitou událostí v postupu prací bude propojení dilatace G stavby č. 0080 na západě

se stavbou č. 9515 Myslbekova–Prašný Most a na východě s hloubenou částí stavby č. 0079 Špejchar–Pelc Tyrolka. Vzhledem k plánovanému zprovoznění tramvajové trati na stavbě č. 0079 v listopadu 2009 je o dokončení dílů 1 a 2 ze stavby č. 0079 a dílů E2 až E6 ze stavby č. 0080 nutno uvažovat jako o jednom celku.

V závěru bych rád ocenil spolupráci s partnery výstavby – investorem, správcem stavby, smluvními projektovými a realizačními partnery a orgány státní správy. Zvláštní poděkování patří archeologům, kteří profesionálně

spolupracují a nehledají záminky k blokování výstavby. Spolupráci potvrdili při nálezů ostatků koně v dilataci C z pol. 18. století se sřatou hlavou. Vyhradili si potřebnou plochu a v dohodnuté vzdálenosti ponechali pracovat těžkou mechanizaci.

Obyvatelům dotčené oblasti se omlouváme za dočasnou sníženou kvalitu bydlení, domníváme se však, že je již vidět světlo na konci „tunelu“ – po zprovoznění stavby dojde k výraznému zlepšení místních životních podmínek.

Ing. Dušan Voleský, Zakládání staveb, a. s.
Foto: Libor Štěrba, Ing. Jan Šperger



Nález ostatků koně v dilataci C z pol. 18. století se sřatou hlavou byl pečlivě zdokumentován archeology

City Ring – construction no. 0080 – Prašný most – Špejchar: parallel realisation of important traffic constructions

The City Ring construction part no.0080 is rather complicated both from the point of view of its design and realisation. It is mainly due to fact that it overlaps with several traffic constructions of high importance in Prague: the Czech Railways line, the underground stop Hradčanská on the A line, a tramway track and an important traffic artery – the Milady Horákové Street.

With respect to the requirements posed by respective authorities including e.g. shortening the realisation processes (the Czech Railways, tramway lines, relaying of services), the construction has been undergoing constant changes in methods of realisation. This has brought numerous complications for both the contractor and designer as the works do not progress in line, but they require parallel realisation on several construction sites. The same way as the construction no. 0079 described in the last issue, this construction is realised as a cut-and-cover tunnel carried out within diaphragm walls and built in an open foundation pit.