

VODOTĚSNOST A SANACE KONSTRUKCÍ PODZEMNÍCH STAVEB PRAŽSKÉHO METRA WATER PROFING AND REPAIRING ON THE UNDERGROUND STRUCTURES OF PRAGUE'S METRO

PETR VOZARIK,
LADISLAV VODHÁNĚL

Článek obsahuje popis vývoje zatěsňování na tunelech pražského metra. Popisuje užití systému Mediatan založeného na principu injektáží a nátěrů polyuretanových pryskyřic. Systém je aplikován na pražském metru od roku 1996. *The article contains facts about development of water proofing system on tunnels of Prague's Metro. There are described the used principles of the Mediatan system based on injection and the point native polyurethane resins. Mediatan system has been successfully applied in the Prague's Metro since 1996.*

U podzemních staveb, tunelů i jiných prostorových děl, je vodotěsnost konstrukcí jedna z nejdůležitějších kvalitativních kritérií hodnotících užitnou hodnotu stavby. Návrh konstrukce a její provedení ovlivňuje na dlouhou dobu užitnou hodnotu,

nákladovost údržby a celkovou životnost. V minulosti ne vždy byla této problematice věnována náležitá pozornost, což potvrzuje značný počet kolaudačních závad, reklamací a vysoký počet závad v následném provozu, někdy až do stupně havarijního stavu.

Tyto závěry se týkají i největšího komplexu podzemních staveb v republice, což je pražské metro. Při dnešní provozní délce pražského metra, která přesahuje 50 km, tvoří nejdůležitější část tunelové stavby traťové a staniční. Jejich budování ve složitých geologických poměrech prvohorního barrandovského synklinoria nebo v pokryvných písčitéch materiálech vltavské terasy, lze hodnotit z hlediska hydrogeologického jako výstavbu v prostředí pro podzemní konstrukce spíše nevýhodné. Potvrzuje to i skutečnost, že vody jsou převážně agresivní. Vodní průsak a opatření na odvodnění a vodotěsnost konstrukcí se stala náplní všech technologických postupů a kvalitativních kritérií.

SANACE SPÁR PREFABRIKOVANÉ DÍLCOVÉ OBEZDÍVKY

Výstavba pražského metra, zahájená v sedmdesátých letech, převzala, vzhledem k politické situaci, pro technologii výstavby traťových i staničních tunelů vzory z moskevského nebo leningradského metra. Základní technologií byla prstencová metoda využívající pro obezdívku liti-
nových nebo železobetonových tubinků. Tato skládaná nosná obezdívka se sítí styčných a ložných spár byla proti průsaku vody uzavírána injektáží na bázi cementové malt. Finální úprava spár spočívala převážně v jejich zatmelování rozpínavým cementem. Následné zkušenosti ukázaly, že právě tyto styčné a ložné spáry jsou z hlediska vodotěsnosti tím nejslabším

místem konstrukce. Důvodem je malá tuhost kloubového uspořádání, která zapříčinila vytvoření mikrotrhlin, čemuž nezábránilo ani rozepnutí cementu v rozmezí od 0,32 do 1,6 mm. Situaci dále trvale zhoršoval vlastní provoz kolejových vozidel metra.

Už v té době byla v zahraničí (nám nepřístupném) na těsnění spár tubinků užívána speciální gumová těsnění či plastické rozpínavé materiály, ale sovětská technologie a její konstrukční materiály to neumožňovaly.

V závěru osmdesátých a na začátku devadesátých let bylo už nutno sanaci tunelových staveb řešit, neboť kritéria průsaků, tzv. měrný průsak v litrech na m² vnitřního prostoru, definovaný v TP 08, byl nad kritickým stavem a průsaky už někdy ohrožovaly plynulost provozu.

Byly hledány pružné těsnící materiály k sanaci už provedených tunelových úseků tubinkové obezdívky. Na nově budované trase IVB metra byl vytvořen zkušební úsek, enormě zvodněný se stálým napájením, a všechny spáry byly v 50m úsecích zainjektovány a zatěsňovány vybranými materiály s cílem dosáhnout zvýšení těsnosti oproti technickým podmínkám s doporučením německé normy STUVA.

Vyhodnocení experimentu na zkušebním úseku ukázalo, že pro zabezpečení dlouhodobé schopnosti zamezení průsaku se ukázaly nejhodnější aplikace materiálů vyrobených na bázi polyuretanu. Z hlediska odolnosti k protažení větším než 5 %, jednoduchosti opravy i cenových relací byly nejlépe vyhodnoceny materiály a technologie aplikované Metrostavem, a. s., ve spolupráci s firmou Asmedia ze Švýcarska. Jejich přednostmi byly rychlé zamezení průsaku a koncová vnější úprava spáry nátěrem vykazujícím vysokou přidržnost k povrchu s možností vnější kontroly. V průběhu dalších let se touto technologií podařilo zatěsnit několik desítek takových spár skládané obezdívky či plošných betonových konstrukcí.

Základem je použití kombinace polyuretanové injektážní hmoty Mediatan 701-I a nátěrové hmoty Mediatan 36-1. Spára, trhlinka či jinak poškozené místo konstruk-



Obr. 1 Pohled do traťového tunelu Ø 5,1/5,5 m se sanovanými ložnými a styčnými spárami železobetonových tubinků

Fig. 1 View through the line tunnel – 5.1/5.5 m with repaired bed and cross joints of reinforced concrete tubes



Obr. 2 Vlevo – nesanovaná část s průsaky, vpravo – provedená kompletní sanace spár tunelu
Fig. 2 On the left – unrepaired part with seepages; on the right – completely repaired joints of the tunnel



Obr. 3 Vlevo – aplikace první červené vrstvy Mediatan 36-1, vpravo – ošetření spáry pomocí Mediatan 701-T primer
Fig. 3 On the left – application of the first red layer of Mediatan 36-1; on the right – treatment of the joint with Mediatan 701-T primer

ce je očištěno tlakovou vodou nebo suchou cestou pomocí pískování, event. mechanicky pomocí rotačních kartáčů. Po důkladném očištění jsou místa vysušena průmyslovým fénem a na opravované místo je nanášen jednosložkový PÚ nátěr Mediatan 701T, který působí jako nátěr vysoušecí. Spáry s většími, tekoucími průsaky jsou předtím injektovány Mediata-nem 701-I.

Po vyzrání vysoušecího nátěru Mediatan 701-T je proveden dvojnásobný nátěr PÚ hmotou Mediatan M 36-1, což je dvou-

složková polyuretanová pryskyřice vykazující po ukončení polymerace vysokou odolnost proti mechanickému poškození. Tento nátěr je nanášen ve dvou vrstvách štětcem nebo válečkem ve dvou barevných odstínech umožňující kontrolu kvality prováděného nátěru. Přílnavost nátěru se ověřuje odtrhovými zkouškami, které přesahují hodnoty 2 MPa. Vedle sanací průsaků traťových tunelů byly provedeny rozsáhlé sanační práce při rekonstrukčních pracích v ražených stanicích trasy A, ve stanicích Staroměstská, Náměstí Míru a Můstek, a v podchodech dalších stanic.

**SANACE KONSTRUKCÍ
HLOUBENÝCH OBJEKTŮ METRA**

Technologie sanací tunelových staveb se rozšířila i na sanační práce na železobetonových konstrukcích hloubených objektů vestibulu stanice IB Florenc. Tato stanice byla dostavěna v roce 1985. Jedná se o železobetonový objekt s pěti podzemními podlažními. Byl postaven v jámě pa-

Obr. 4 Provozní objekt stanice IB Florenc
Fig. 4 Operation work of station IB Florenc



Obr. 5 Tentýž prostor po těsnící sanaci s protipožárním nátěrem

Fig. 5 The same space after packing repair with fire-protection coating





Obr. 6 Provozní objekt stanice IB Florenc po provedení zatěsnění stěn a stropu

Fig. 6 Operation work of station IB Florenc after packing the walls and ceiling

žené podzemními stěnami s vodotěsnou izolací provedenou na tyto stěny. Průsaky na stropěch i na stěnách v objektech provozně-technologického zabezpečení silně ovlivňovaly provoz a ohrožovaly i statiku některých částí. Celá léta provozovatel řešil situaci prováděním provizorních deštní-

ků nad zařízeními, organizovanými svody do kanalizace či prováděním lokálních nátěrů Xypexem.

Při generální opravě byla posunuta hydroizolace na vnitřní líc konstrukce vzhledem k tomu, že vnější izolaci nešlo pro nepřístupnost provést. Po lokalizaci průsaků bylo navrženo sanování průsaků materiály firmy Asmedia po dobrých zkušenostech s jejich užitím pro těsnění tunelových konstrukcí. Po úspěšných testovacích zkouškách se přistoupilo k vlastní aplikaci. Plošnou sanační injektáží Mediatan 701-I byla zastavena proudící voda. Následný penetrační nátěr vytvořil podklad pro aplikaci dvou vrstev stěrky Mediatanem 36-I, který byl opět nanášen válečkem nebo štětkem. Pro dodržení stupně hořlavosti „A“ (nehořlavé“) byl na stěrku nanesen protipožární transparentní nátěr H.C.A.WL od firmy Flora Guard.

Závěrečná hodnocení prokázala výhody dané technologie:

- aplikace na vnitřní stěny a strop umožní kontrolu a snadnou případnou opravu,
- dostatečná odolnost proti vodnímu tlaku,
- spolehlivé přechody kolem otvorů a dilatačních spár,
- možnost snadného protipožárního nátěru,
- při poměrně malých nákladech a rychlosti provádění lze prostory provozně využívat i při vlastních sanačních pracích bez přerušení.

Dodavatel, Středisko speciálních prací, Divize 5, Metrostav, a. s., které zvítězilo ve výběrovém řízení na dodávku komplexní rekonstrukce, aplikoval polyuretanové materiály jako nepropustný nátěr. Díky silné přilnavosti kapilární tenze se vnitřní stěny pokrývaly optimálním způsobem, což vede ve spojení s vysokou odolností k dokonalosti systému proti pronikání vody.

Charakteristika použitých materiálů:

- Injektážní hmota Mediatan 701-I je jednosložková polyuretanová pryskyřice polymerující v přítomnosti vody. Hmota

při plošné sanační injektáží zastavuje proudící vodu v blízkosti aplikace.

- Penetrační nátěr Mediatan 701-T je také jednosložková polyuretanová pryskyřice. Složení je upraveno k natírání na předem očištěné od proudící vody zbavené plochy.
 - Stěrka Mediatan 36-1 je dvousložková polyuretanová pryskyřice vykazující vysokou odolnost proti poškození, trvalou přilnavost, pružnost i pro překlenutí trhlin. Je nanášena ve dvou vrstvách a je vysoce odolná proti agresivním vodám.
 - H.C.A.WL je ekologický protipožární nátěr zpenovatelný a je nanášen stěrkou, válečkem nebo stříkáním.
- Celý systém byl aplikován dle zásady :
- povrch konstrukce musí být homogenní, čistý, odmaštěný a vysušený,
 - nanesení nátěrů Mediatan 701-T jako podkladní první vrstvy,
 - dvousložkový Mediatan 36-1 nanášený postupně ve dvou vrstvách vytváří nosnou izolační vrstvu,
 - protipožární nátěr.

ZÁVĚR

Dopady z porušení konstrukcí z hlediska vodotěsnosti na provozovatele rozsáhlého dopravního komplexu, jakým je pražské metro, jsou značné. Důsledkem není jen čerpání zvýšené proniklé vody, ale hlavně zarostlé odvodňovací systémy, poškozené prvky pohledových pláštů, zkorodované nosníky, lávky na kabely či ohrožené betonové konstrukce. Nápravy těchto nedostatků jsou vždy velmi pracné, finančně nákladné a vzhledem k takřka nepřetržitému provozu metra i velmi organizačně náročné.

Několikaleté zkušenosti s prováděním sanací v traťových tunelech a stanicích Staroměstská, Malostranská, Můstek, I. P. Pavlova či Florenc, prokázaly, že v současnosti existují kvalitní materiály a technologie, kterými lze opravit tyto podzemní stavby k zabezpečení provozuschopného stavu.



Obr. 7 Eskalátorový objekt stanice IB Florenc po provedení sanace

Fig. 7 Escalator facility of station IB Florenc after the repair completion

Ing. Petr Vozarik
Metrostav, a. s., Divize 5
Na Zatlance 13/1350, 150 00 Praha 5
tel.: 251 015 576, fax: 251 015 528
e-mail: Vozarik@metrostav.cz
Ladislav Vodháněl
Metrostav, a. s., Divize 5
Povltavská 2, 170 00 Praha 7
tel.: 283 110 228