

Stavba nových železničních tunelů pro letiště Heathrow

V současné době je v Londýně budován nový terminál 5 pro letiště Heathrow. Pro zajištění napojení nového terminálu na stávající infrastrukturu letiště bylo nutné postavit sedm nových tunelů (obr. 1). Jeden tunel je vodovodní (SWOT), dva tunely jsou silniční (ART) a čtyři nové tunely jsou železniční. Následující článek je zaměřen na stavbu nových železničních tunelů včetně jejich napojení na stávající tunely.

Dva z těchto tunelů budou sloužit pro prodloužení londýnského metra k budově nového terminálu (prodloužení trasy Piccadilly), další dva budou sloužit pro připojení podzemní železnice Heathrow Express k budově terminálu. Veškeré ražby byly úspěšně dokončeny v roce 2006, v současné době již probíhá v tunelech zkušební provoz. Tunely budou uvedeny do provozu v roce 2008, kdy je plánováno otevření nové budovy terminálu.

PRODLOUŽENÍ TRASY PICCADILLY (PiccEx)

Letiště Heathrow je spojeno se sítí londýnského metra trasou Piccadilly, která tvoří smyčku se dvěma stanicemi pod stávajícími terminály. Účelem PiccEx je prodloužit londýnské metro k budově terminálu 5. Jedná se o dva 1,6 km dlouhé tunely, které mají vnitřní průměr 4,5 m. Napojení nových tunelů na stávající smyčku metra bylo zajištěno postavením hloubené betonové konstrukce realizované z povrchu (obr. 2).

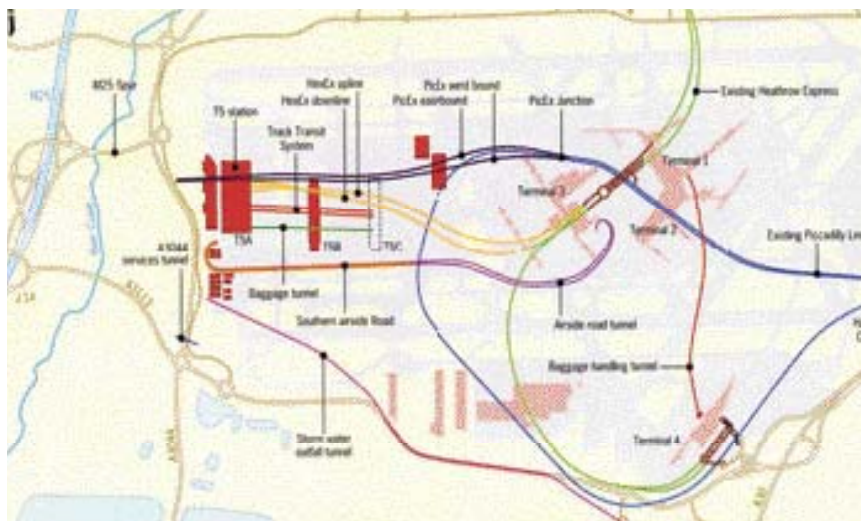
Tunely byly raženy pomocí štítu Dosco (obr. 3), který již byl použit v minulosti na stavbě trasy metra Piccadilly. Rameno osazené na štítu bylo vybaveno rotační frézou. Po dokončení jednoho záběru ražby byl štít pomocí hydraulických lisů opřených o ostění za ští-



Obr. 3 – Tunelovací štít pro ražbu tunelů PiccEx



Obr. 2 – Realizace hloubené napojení nových tunelů na trasu Piccadilly



Obr. 1 – Umístění tunelů na letišti Heathrow

tem posunut o 1 m vpřed. Frézou vyražený profil byl přibližně o 100 mm menší než průměr štítu, takže přední hrana stroje se při posouvání štítu vpřed zařezávala do horniny. Potom byly lisy zasunuty zpět a byl sestaven prstenec ostění. Průřez výrubu se řídil velikostí řezací lišty osazené na přední hraně. Velikosti používaných lišt se pohybovala od 0 mm do 20 mm, tak aby se sedání horniny přizpůsobovalo rychlosti ražby a horninovým poměrům. Větší rozměr lišty znamenal na jednu stranu snadnější řízení, na druhou stranu ale i větší ztrátu objemu (tj. větší sedání).

Rubanina byla vyvážena z tunelu pomocí pásového dopravníku napojeného na dopravník pro velké dopravní úhly instalovaného ve startovací komoře štítu. Betonové dílce 150 mm silné a 1 m dlouhé pro ostění s klínovým zámekem se dopravovaly na čelbu úzkorozchodnými vlakovými soupravami (obr. 4). Ražba tratových tunelů skončila asi 100 m před stávající trasou Piccadilly. Před štítem byla vyražena komora vystrojená stříkaným betonem. Potom se štít rozebral a odvezl novým tunelem na povrch. Plášť štítu zůstal v tunelu a po odvezení štítu se uvnitř tohoto pláště smontovaly prstence ze šroubo-

vaných betonových segmentů. Průměrná rychlost ražby byla přibližně 50 m za den. Směrové a výškové navádění štítu bylo realizováno pomocí laserového řídicího systému ZED.

Mocnost nadloží na trase PiccEx je od 12,5 m do 25,5 m. Na začátku ražby bylo sedání značně ovlivněno geologickými poměry nadloží (ne plně konsolidované navážky). Sedání nad zbytkem traťových tunelů se pohybovalo kolem 10 mm, s maximem 14 mm. Tyto hodnoty odpovídají ztrátě objemu 1 až 1,5 %. Při podcházení pod tunelem smyčky trasy Piccadilly byla mezi tunelem smyčky a tunelem PiccEx vzdálenost 3,9 m. Sednutí stávající trasy nepřesáhlo 12 mm, takže nedošlo k narušení provozu na této trase.

PRODLOUŽENÍ PODZEMNÍ ŽELEZNICE HEATHROW EXPRESS (HEXEx)

Heathrow Express (HEX) je vysokorychlostní železniční trať spojující letiště Heathrow se stanicí Paddington v Londýně. Podobně jako v případě trasy metra Piccadilly, obsluhuje tunel všechny stávající letištní terminály, takže bylo potřebné tunely prodloužit k budově nového Terminálu 5. Ve srovnání s trasou Piccadilly byla trať Heathrow Express budována teprve nedávno (koncem 20. století), takže komory pro spojení HEXEx byly již připravené. Oba tunely HEXEx, dlouhé 1,8 km a 1,4 m, mají vnitřní průměr 5,675 m.



Obr. 4 – Úzkokolejná železnice pro dopravu betonových dílců



Obr. 5 – Tunelovací štít pro HEXEx před zahájením ražby

Stavba traťových tunelů se velmi podobala stavbě tunelů prodloužení trati Piccadilly, tj. s použitím renovovaného štítu Dosco (obr. 5), vybaveného rotační frézou (dříve byl štít použit na stavbě trati Heathrow Express). Rubanina byla z tunelu dopravována pomocí pásového dopravníku (obr. 6), spojeného s dopravníkem pro velké dopravní úhly, který byl umístěn ve startovací komoře.

Segmenty ostění systému se zkoseným zámkovým dílcem (tloušťka 220 mm, délka 1 m) byly na čelbu dopravovány pomocí silničních dopravníků Paulo de Nicola, původně používaných na stavbě silničního tunelu ART. Pro navádění štítu byl použit systém ZED. Po prorážce do stávajících tunelů HEXEx byl štít demontován a odvezen, jeho plášť opět zůstal pohřben v podzemí. Obě ražby HEXEx musely podejít tunel trasy Piccadilly v hloubce 6,8 m pode dnem stávajícího tunelu. Velká část tunelu HEXEx byla ražena pod budovou terminálu 3. Průměrná rychlost ražby byla asi 40 m za den.

Mocnost nadloží tunelů HEXEx se pohybuje od 13,5 m do 28,5 m. Podobně jako u tunelů PiccEx sedání zjištěná monitoringem na začátku ražby byla značně ovlivněna konsolidací navážek v nadloží (oblast, ve které se nevyskytují žádné povrchové stavby). Maximální monitorované sednutí nad zbylou částí traťových tunelů dosáhlo hodnoty 23 mm. Ztráta objemu zůstala pod 2 % u převážné části obou ražeb. Maximální naměřené sedání u stávajícího tunelu na trase Piccadilly bylo 25 mm.

RAŽBA ŠACHET A PROPOJEK

Pro všechny nové železniční bylo třeba postavit řadu šachet a propojek. Práce na HEXEx zahrnovaly hloubení tří šachet (šachta T5C HEXEx o průměru 6 m, mezilehlá šachta T5C o průměru 8,5 m, a šachta T5D HEXEx o průměru 10,5 m). Součástí realizace tunelů PiccEx byla též šachta T5C PiccEx, která má vnitřní průměr 12,5 m. Šachty jsou až 30 m hluboké. Šachty a systém jejich propojovacích chodeb s traťovými tunely budou sloužit jako únikové cesty pro cestující a pro větrání traťových tunelů. Veškeré ražby šachet a propojovacích chodeb (obr. 7) byly provedeny pomocí metody LaserShell.

Koncepce metody LaserShell byla vyvinuta společnostmi Morgan Est



Obr. 6 – Tunel HEXEx během ražeb



Obr. 7 – Propojka do šachty T5D

(Británie) a Beton-und Monierbau (Rakousko) pro stavbu terminálu 5. Jedná se o jednoplášťové ostění ze stříkaného drátkobetonu. Prakticky veškerý nastříkaný beton tvoří součást trvalého vodotěsného ostění. Tunelové ostění tvoří beton bez ocelových sítí a bez příhradových rámců. Tvary výrubu a ostění jsou kontrolovány pomocí laserového dálkoměru TunnelBeamer, kterým je měřena poloha libovolných bodů na povrchu výrubu nebo na vnitřním líci ostění. Údaje dálkoměru jsou průběžně ukládány do počítače umístěného v blízkosti provádění měření. Počítač obsahuje informace o prostorovém tvaru tunelu. Na monitoru se zobrazuje porovnání teoretické a skutečné polohy výrubu či ostění. Počítač ovládá inženýr, který komunikuje s obsluhou tunelbagru nebo či s operátorem trysky. Čelba je ukloněná a vyklenutá, což zvyšuje stabilitu ve srovnání s klasickou svislou čelbou.

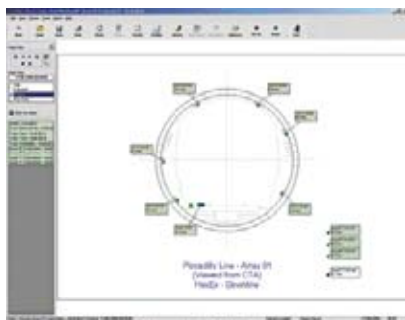
Jednoplášťové ostění bylo provedeno ve třech vrstvách. Počáteční vrstva (tloušťka 75 mm, vyztužená ocelovými drátky) slouží pro okamžité konstrukční zajištění nově vzniklého výrubu a pro zlepšení vodotěsnosti ostění. Konstrukční vrstva (obecně tloušťky 200 – 250 mm, vyztužená ocelovými drátky) slouží pro vytvoření trvalé nosné konstrukce. Dokončující vrstva stříkaného betonu (tloušťka 50 mm, bez ocelových drátků) byla aplikována po dokončení ražeb a její povrch byl upraven ručně, aby bylo dosaženo hladkého profilu ostění.

RAŽBY POD TUNELEM SMYČKY TRATI PICCADILLY

Smyčka trati Piccadilly tvoří podzemní železniční spojení mezi stanicemi Hatton Cross, Terminal 4 a Central Terminal Area (CTA) na Heathrow. Jedná se o tunel s vnitřním průměrem 3,8 m, který byl vybudován v roce 1983 a jde především o prefabrikované betonové ostění s klínovým zámekem. Dílce ostění jsou z prostého betonu a ostění není po obvodu injektováno. Pod tunelem Piccadilly bylo nutné podejít ve velmi malé vzdálenosti s ražbou tří železničních tunelů: PiccEx Westbound (WB), HExEx Downline (DL) a HExEx Upline (UP). Mezi dnem tunelu Piccadilly a vrcholy klenby nových tunelů byla projektovaná vzdálenost 3,9 m (tunel PiccEx) a 6,9 m (tunely HExEx).

Rozsah zóny sedání na trať Piccadilly byl uvažován do 30 m na každou stranu od místa křížení osy tunelů HexEx a 40 m na každou stranu od místa křížení osy tunelů PiccEx (šikmé křížení). Schéma měřících přístrojů zahrnovalo dvojnásobek délky zóny sedání. Referenční body byly umístěny na obou stranách o dalších 36 m dále. Systém dálkově řízeného monitoringu umožnil měření v reálném čase, takže byly získány podrobné informace o deformacích jak při provozu tak v době údržby metra.

Použitý systém automaticky měřil deformace a dával číselné i grafické výstupy ve speciálním vyhodnocujícím softwaru (obr. 8). Tento software umožňoval vložení konkrétních varovných hodnot pro jednotlivá čtení. Kromě to-



Obr. 8 – Zobrazení výsledků automatického monitoringu



Obr. 9 – Napojování nových tunelů na trasu Piccadilly

ho byly v systému zahrnuty i výpočty relativních deformací mezi přístroji, což sloužilo jako další kritérium. Systém se skládal elektrických trámových vodováh, sklonoměrů a potenciometrických dilatometrů.

V době ražeb pod provozovanou trasou Piccadilly systém pravidelně shromažďoval údaje o deformacích v intervalech po 15 minutách. Data naměřená pomocí automatického monitorovacího systému byla navíc každý den ověřována pomocí manuálních měření. Manuálně prováděný monitoring zahrnoval přesnou nivelaci trati, lože a vrcholy klenby ostění, měření tvaru oblouku trati, konvergenční měření pásmovými extenzometry a geodetická měření konvergenčních bodů. Maximální deformace tunelu Piccadilly byly 25 mm.

ZÁVĚR

Nové železniční tunely pro letiště Heathrow se podařilo úspěšně vyrazit pod místy stání letadel a pojezdovými drahami, pod budovou terminálu 3, pod sklady pohonných hmot s nádržemi na letecký benzin, pod inženýrskými sítěmi i pod tunelem trasy metra Picca-

dilly. Systém automatického monitoringu, použitý pro monitorování provozovaného tunelu trasy Piccadilly, splnil veškeré požadavky ze strany provozovatele metra. Robustní a spolehlivý režim monitoringu zajistil přesnost s chybami v rozsahu 0,5 mm, navíc systém umožnil trvalou dostupnost všech požadovaných dat.

Všechny výsledky monitoringu, zjišťované ve skutečném čase, velmi dobře odpovídaly každodenním manuálním měřením. Naměřené deformace trasy Piccadilly byly nižší, než byly očekávané hodnoty veškeré ražby pod provozovanou trasou metra Piccadilly byly dokončeny bez narušení jízdního řádu vlaků. Provoz metra byl zastaven pouze během plánované přestávky, při které bylo provedeno napojení nových tunelů metra na stávající tunely trasy Piccadilly (obr. 9).

Autor článku se podílel na výstavbě popisovaných tunelů jako zaměstnanec britské firmy Mott MacDonald Ltd.

Matouš Hilar,
D2 Consult Prague s. r. o.

V současné době je v Londýně budován nový terminál 5 pro letiště Heathrow. Pro zajištění napojení nového terminálu na stávající infrastrukturu letiště bylo nutné postavit sedm nových tunelů. Jeden tunel je vodovodní (SWOT), dva tunely jsou silniční (ART) a čtyři nové tunely jsou železniční. Následující článek je zaměřen na stavbu nových železničních tunelů včetně jejich napojení na stávající tunely.

SILNICE, MOSTY, INŽENÝRSKÉ SÍTĚ

DOPRAVOPROJEKT Ostrava spol. s r. o. je projektová, inženýrská a konzultační firma se specializací a zkušenostmi při výstavbě a rekonstrukcích dálniční a silniční sítě, v projektování dopravní sítě měst, v řešení problematiky v oboru dopravního inženýrství a v projektování vodohospodářských staveb. Projekty jsou řešeny komplexně, včetně inženýrské činnosti.

Držitel certifikátů systému jakosti dle ČSN EN ISO 9001:2001 a ČSN EN ISO 14001:2005

Projektová, inženýrská a konzultační organizace

DOPRAVOPROJEKT Ostrava spol. s r. o.
Masarykovo náměstí 6/6
702 00 Ostrava – Moravská Ostrava
tel.: +420 596 132 011
fax: +420 596 132 081
s.bjok@dpova.cz, info@dpova.cz
www.dpova.cz


DOPRAVOPROJEKT
OSTRAVA
spol. s r. o.