



POSTUPY VÝSTAVBY RAŽENÝCH TUNELŮ – PŘÍKLADY HAVÁRIÍ

Zpracovali: doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., doc. Ing. Lumír Miča, Ph.D., Ing. Václav Veselý, Ph.D., Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D., Ing. Ondřej Hort (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Výzkumný úkol je zaměřený na vyhodnocení a optimalizace postupů výstavby ražených tunelů se zaměřením převážně na NRTM. Zkoumá vliv podrobnosti a etapovitosti geotechnického průzkumu, monitoring při ražbách a jeho provádění, vyhodnocování a dopad na optimalizaci výstavby, využití různých podpurných prvků (radiální kotvení, jehlování, mikropilotové deštníky, čelbové kotvy, rozšiřování pat kaloty, atd.), stavba primárního ostění, její rychlost a druh (klasická výztuž, vláknová výztuž), zhodnocení vlivu způsobu přípravy a organizace výstavby na rychlost, finanční náročnost a bezpečnost výstavby, rizika výstavby a možnosti jejich zmírnění.

V roce 2013 se výzkumná činnost zaměřila na:

- chyby v návrhu/provádění/interpretaci geotechnických průzkumů (GTP) jako zdroj budoucích rizik/problémů/havárií u různých postupů/metod výstavby v různých geotechnických (GT) podmínkách,
- chyby v návrhu/provádění/vyhodnocení geotechnického monitoringu (GTM) jako zdroj budoucích rizik/problémů/havárií u různých postupů/metod výstavby,
- analýza problémů/havárií na vybraných stavbách.
- modelování vlivu parametru beta a porovnání se zkušenostmi z některých tunelových staveb

Oblast použití

Výsledky získané formou rešerše kritických událostí na tunelových stavbách z uvedených hledisek mají za cíl definovat kritické momenty, které určují úspěšné zvládnutí rizik při výstavbě ražených tunelů. Detailní rozbor skutečných kritických momentů, které se při výstavbě tunelů odehrály, bude sloužit k definici minimálních požadavků na jednotlivé fáze projektu (GTP, projektování, nastavení smluvních vztahů, vlastní provádění stavby, GTM a řízení rizik), ke stanovení optimálního schématu řízení projektu, k optimalizaci a definici stavebních postupů a technologií a k definici optimálních smluvních vztahů, které povedou k úspěšnému řízení rizik projektu od úvodních studií proveditelnosti po

dokončení stavebního díla. Výsledkem bude vydání TP Minimalizace rizik při výstavbě tunelů

Metodika a postup řešení

V roce 2013 byla provedena rešerše a zpětná analýza kritických situací, které se odehrály během výstavby ražených tunelů v ČR, SR a Polsku. V současné fázi výzkumu proběhl sběr dostupných informací a dat o geotechnických průzkumech, rozsahu GTM a základních dat z výstavby tunelů. Bylo provedeno úvodní hodnocení vlivu jednotlivých činností na vznik kritických událostí. Do výzkumu byly doposud zahrnuty tyto stavby:

Typ stavby	Název tunelu	Stát
Silniční tunel	Královopolský, Laliki,	ČR Polsko
Železniční tunel	Březno, Jablunkovský, Krasíkovský, Turecký vrch,	ČR ČR ČR SR
Metro	Provozní úsek V. A, Línea 3 a Línea 6	ČR Chile
Kolektor	Brno (2 x)	ČR
Kanalizační sb.	Brno	ČR
Průzkumná štola	Polana	SR

Dále jsou ve stručnosti popsány jednotlivé stavby, na kterých byly provedeny úvodní analýzy:

Královopolský tunel, ŘSD, silnice I/42 Brno, VMO Brno Dobrovského B: Při prohlubování stavební jámy u královopolského portálu došlo ke dvojici sesuvů severního svahu. Dalšími nehodami bylo prolomení ostění průzkumných štól vlivem provádění tryskové injektáže a mikropilotového deštníku. Příčiny událostí byly různé, ale všem případům se mohlo předejít masivnějším nasazením monitoringu v rizikové fázi stavební operace.

Tunel Laliki, droga expresowa S69 Szare – Laliki: Po úvodních metrech ražby byly zjištěny odlišné geotechnické poměry od závěrů detailního GTP a předpokladů projektu. Byly měřeny zvýšené deformace ostění. Byl proveden doplňující GTP a naprojektovány nové vystrojovací třídy NRTM. Při odtěžování severního portálu byly měřeny zvýšené

deformace. Po zaražení tunelu do hory došlo k porušení dočasných stříkaných betonů portálových stěn. Pata portálu byla zpětně zabezpečena opěrným zeminovým klínem a bylo doprojektováno a provedeno dodatečné kotvení portálových svahů.

Tunel Březno, SŽDC, traťový úsek Březno u Chomutova – Droužkovice, část tunelu ražená Metodou Perforex (metoda obvodového vrubu s předklenbou): Při provádění zajištění portálu byly zjištěny jiné GT podmínky, než indikoval geotechnický průzkum (uhelná sloj v profilu výrubu). Bylo nutno upravit projekt zajištění portálu a úvodního úseku ražeb. V průběhu ražeb došlo ke kolapsu asi 80 metrů primárního ostění.

Tunel Jablunkov, SŽDC, trať. úsek Mosty u Jablunkova – státní hranice SR: Při odtěžování slovenského portálu docházelo ke zvýšeným deformacím a k porušení dočasných stříkaných betonů. Byl upraven projekt zajištění portálu. V průběhu ražeb kaloty došlo ke dvěma nadvýlomům s vykomínováním. Během dobírky opěří tunelu došlo ke kolapsu primárního ostění kaloty v délce cca 80 metrů.

Tunel Krasíkovský, SŽDC, traťový úsek Česká Třebová – Zábřeh na Moravě: Během výstavby tunelu byly průběžně konfrontovány výsledky geotechnického monitoringu s předpoklady projektu. Rozdíly byly podrobeny zpětné analýze, byly upraveny geotechnické vstupní parametry do matematických modelů, provedena analýza vlivu koeficientu odlehčení beta a následně optimalizován technologický postup a třídy vystrojení NRTM.

Tunel Turecký vrch, ŽSR, trať. úsek Nové Mesto nad Váhom – Trenčianské Bohuslavice: Ražba tunelu probíhala ve vápencích náchylných na tvorbu krasových jevů – dutin a kaveren. Při ražbě bylo několik kaveren nafáráno na čelbě. Existovalo riziko, že se kaverny vyskytují i pod počvou tunelu s pevnou jízdní dráhou. Detailním geofyzikálním doprůzkumem byly kaverny přesně lokalizovány a následně injektovány.

Metro V. A, Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost, provozní úsek V. A (Dejvická - Motol): na několika stavebních oddílech byly zjištěny jiné GT podmínky, než indikoval GTP, musel být proveden doplňující GTP a projekt ražeb musel být upraven. Během ražeb NRTM ve stavebních oddílech 09 a 08 došlo k několika nadvýlomům, postup ražeb musel být upraven. Při strojní ražbě EPB TBM ve stavebním oddíle 02 došlo k ražbou nezaviněnému propadu vozovky ulice Evropská. Existovalo riziko, že v důsledku oslabeného podloží Evropské ulice se propad může opakovat. Proto byl proveden podrobný geofyzikální a vrtný průzkum podloží Evropské ulice, sanace jejího podloží a

projekt ražeb byl upraven, aby se toto riziko minimalizovalo.

Kolektory a kanalizační sběrač, Brno: rešeršemi podkladů k haváriím evidovaným na OBÚ Brno jsou analyzovány hlavní příčiny těchto nehod.

Metro Línea 3 a Línea 6, Santiago de Chile, Chile: Ve fázi projektování byla provedena parametrická analýza doporučených konstitučních modelů, uvedených v závěrech GTP. Výsledkem byla optimalizace výpočetních postupů, která vedla k finančním úsporám již ve fázi projektování.

Průzkumná štola Polana, NDS, dialnica D3 Svrčinovec – Skalité: Při ražbě průzkumné štoly došlo ke ztrátě stability přístropí, tvorbě nadvýlomu a vykomínování. Dále docházelo k extrémním přítokům podzemní vody do profilu průzkumné štoly.

Výsledky

Výzkum se v uplynulém roce zaměřil zejména na kompletaci dostupných dat a detailní popis jednotlivých událostí. Dále byly provedeny předběžné analýzy zaměřené zejména na úvodní fáze projektů, tedy rozsah a kvalitu geotechnických průzkumů a jejich vliv na následné kritické události. Z hlediska řízení a zvládnutí rizik při výstavbě tunelů lze konstatovat, že geotechnický průzkum je podceňován jak z hlediska samotného rozsahu a použité metodiky, tak z hlediska jeho etapovitosti od předběžných rešeršů po podrobný či doplňující průzkum. Hlavní příčinou je jednak snaha minimalizovat finanční náklady na stavbu, tedy i na projektovou přípravu, jejíž součástí geotechnický průzkum je, tak i tlak na urychlení přípravné fáze projektu, kdy jsou některé logicky a chronologicky uspořádané etapy geotechnického průzkumu opomíjeny z důvodu nedostatečné časové rezervy.

Literatura

- [1] TKP, část 28. *Geotechnický monitoring pre tunely a prieskumné štolne*. Bratislava: NDS a.s., 2010. 79 p.
- [2] TKP ČD, kapitola 20,24 - Tunely. *Třetí aktualizované vydání ve znění změny č. 2*. Praha: ČD, s.o., DDC o.z., 2002. 54 p.
- [3] TKP ČD, kapitola 24 - Zvláštní zakládání. *Třetí aktualizované vydání ve znění změny č. 4*. Praha: ČD, s.o., 2003. 28 p.
- [4] TP, 76 Část C: *Geotechnický průzkum pro navrhování a provádění tunelů pozemních komunikací*. Praha: MD, 2007. 64 p.
- [5] TP, 237: *Geotechnický monitoring tunelů pozemních komunikací*. Praha: MD, 2011. 88 p.