



POSTUPY VÝSTAVBY RAŽENÝCH TUNELŮ – SOUHRN

Zpracoval: doc. Dr. Ing. Jan Pruška (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V prvním roce řešení projektu proběhly základní práce nutné k přípravě řešení činnosti 4.1.2 Postupy výstavby ražených tunelů (součást WT 4.1 Příprava TP minimalizace rizik při výstavbě tunelů), tj. rešeršní činnost v oblasti rizik při návrhu a výstavbě ražených liniových podzemních staveb a základní analýza informací o významných haváriích při výstavbě ražených dopravních tunelů v ČR (tunelový komplex Blanka, železniční tunely Březno a Jablůnkov, silniční tunel Mrázovka), havárie při výstavbě kolektorů ve Vodičkově ulici v Praze a problémy s výstavbou kolektorů v Brně a vybraných tunelů ve světě (např. tunel A na dálnici M6 v Maďarsku, železniční tunel Wienerwald v Rakousku, metro v Lausanne ve Švýcarsku, tunel Polana na Slovensku, tunel Laliki v Polsku, atd.). S ohledem na cíl řešené úlohy, charakteru analyzovaných děl a snaze o provedení objektivního hodnocení byla zkoumána nejen ražba tunelů, ale také příprava výstavby a projektová dokumentace. Připravené materiály budou využity pro vyhodnocení používaných postupů při výstavbě ražených tunelů, jako výchozí informace pro přípravu Technických podmínek vedoucích k minimalizaci rizik při výstavbě tunelů a jako podklad k řešení úloh WP7.

Oblast použití

Připravené materiály budou sloužit pro vyhodnocení používaných postupů při výstavbě ražených podzemních staveb (dokončení 2014) a následně budou informace využity jako podklad pro přípravu Technických podmínek vedoucích k minimalizaci rizik při výstavbě tunelů. Katalog nebezpečí (rizik) pro Tunely je podkladem pro práci WP7, neboť v sobě zahrnuje obecný seznam rizik (tj. nejen rizika projekční a prováděcí). Nově vzniklé doplnění doporučení pro zpracování statických výpočtů ražených tunelů dle Eurokódu využijí projekční firmy pracující v oboru podzemních staveb v České republice a Česká tunelářská asociace ITA - AITES, která sdružuje organizace, vysokoškolská a vědecká pracoviště, firmy i jednotlivce zainteresované v podzemním stavitelství a ve vědních oborech s ním souvisejících.

Metodika a postup řešení

V roce 2013 byla zahájena činnost na části 4.1.2 Postupy výstavby ražených tunelů. Metody zpracování odpovídají charakteru řešeného problému a vycházejí jednak ze shromažďování informací o haváriích a nebezpečných událostí při výstavbě tunelů v České republice a tunelů ve světě a dále z podrobné analýzy vybraných dopravních tunelů. Vzhledem k tomu, že řešení tohoto tématu je podkladem pro přípravu TP Minimalizace rizik při výstavbě tunelů, byla zvolena jednotná metodika posuzování ražených staveb z osmi hlavních fází přípravy a výstavby tunelů, během kterých je možné rizika různými prostředky redukovat. Fáze jsou následující: 1. Koncepční návrh trasy, 2. Geotechnický průzkum, 3. Projektová dokumentace, 4. Zadávací dokumentace, 5. Realizace tunelu, 6. Technický dozor investora, 7. Geomonitoring a geotechnická služba, 8. Sledování tunelu po uvedení do provozu. Zvolený způsob jednotné metodiky zajišťuje komplexní vyhodnocení a možnosti porovnání ražených podzemních děl v různých lokalitách.

Postup řešení v roce 2013 se dá shrnout do následujících bodů:

- a) shromáždění informací o haváriích ražených tunelů ve světě s využitím rešeršní činnosti – odborné časopisy, konferenční příspěvky apod. (přes 65 tunelů)
- b) podrobná analýza vybraných děl v ČR:
 - propady nadloží při výstavbě tunelového komplexu Blanka raženého NRTM
 - propady nadloží železničního tunelu Březno raženého metodou obvodového vrubu a sekvenční metodou
 - železniční tunel Jablůnkov – zvýšené deformace slovenského portálu; dva nadvýlomy s vykomínováním; kolaps ostění při dobírce tunelu
 - významné deformace během výstavby silničního tunelu Mrázovka
 - Královopolský tunel – dva kolapsy portálového svahu; poškození ostění štol vlivem tryskové injektáže a vlivem mikropilotového deštníku

- Metro V. A - nadměrné poklesy v oddíle SOD 02; propad na ulici Evropská; nadvýlomy v oddíle SOD 08
 - Brněnský kolektor (Masarykova – Panská) – havárie během ražby způsobená ztekucením spraší/sprašových hlín v důsledku dlouhodobých masivních úniků z vodovodního potrubí
 - Brněnský kolektor (nám. Svobody – Rašínova) – havárie během ražby způsobená nepříliš vhodným stavebním postupem v kombinaci se zatížením tramvajovou dopravou při nízkém nadloží.
 - Běleč – štola VOV – havárie provozované vodovodní štoly způsobená kombinací přírodních vlivů (hornina, p. v.) a ne zcela kvalitního provedení stavby.
- c) podrobné vyhodnocení havárií některých zahraničních tunelů, např.:
- Polana (Slovensko) – ztráta stability přístropí s tvorbou nadvýlomů a vykomínováním; extrémní přítoky na čelbu
 - Turecký vrch (Slovensko) – ražba ve vápencích s krasovými jevy
 - Laliki (Polsko) – zvýšené deformace severního portálu
 - dálniční tunel na dálnici M6 v Maďarsku – kolaps pilíře mezi dvěma tunelovými troubami a následný rozsáhlý propad nadloží
 - významné nadvýlomy během NRTM a TBM ražeb železničního tunelu Wienerwald v Rakousku
 - propad nadloží při ražbě metra v Lausanne ve Švýcarsku
- d) Vyhodnocení výstavby podzemního díla porovnáním výsledků geomonitoringu a predikce numerických modelů na bázi MKP u vybraných podzemních děl. Toto porovnání je zcela přijatelné vzhledem k tomu, že jejím cílem je zohlednění specifiky statiky podzemních děl, která není zahrnuta v Eurokódu 7, Eurokódu 2 a ani v dalších souvisejících předpisech. Základní cíl statického výpočtu přímo ovlivňuje postup výstavby podzemního díla tím, že predikuje vlivy ražby a stanovuje údaje, podle kterých se navrhuje opatření na ochranu nadzemních objektů, inženýrských sítí apod.

Cílem všech provedených prací bylo především objektivní vyhodnocení hlavních příčin havárií, nebyl zkoumán pouze proces výstavby, ale i ostatní důležité fáze projektu (např. geotechnický průzkum, projektová příprava, atd.). Do vyhodnocování zkušeností s haváriemi během výstavby tunelů byly zapojeny všechny organizace pracující ve WP4 (Tunely).

Výsledky

Na základě provedené rešerše zpráv o haváriích unelů ve světě (přes 65 tunelů) a v ČR byl doplněn Katalog nebezpečí tunelů o rizika spojená s raženými tunely. Tento katalog slouží k další činnosti pracovní skupiny WP7 tohoto projektu. Výsledky podrobné analýzy vybraných ražených tunelů byly zpracovány do analýzy snížení rizik havárií konvenčně ražených tunelů v ČR formulujících doporučení a poznatky pro budoucnost s důrazem jak na geotechnický monitoring a geotechnickou službu tak i na projekční činnost a samotnou výstavbu.

Doplnění doporučení pro zpracování statických výpočtů ražených tunelů dle Eurokódu vyplňuje prostor, který Eurokód nepokrývá a je tak podkladem pro zajištění korektního postupu při zpracování statického výpočtu tunelové konstrukce. Toto doporučení by mělo eliminovat rizika při výstavbě spojená s chybou ve statickém návrhu konstrukce zavedením jednotného a uceleného postupu zohledňujícího specifika statiky ražených tunelových staveb.

Na základě nových poznatků z výzkumné aktivity byl vytvořen Soupis rizik spojených s výstavbou ražených tunelů, kde je ke každému riziku připojen komentář. Tento komentář je cílen směrem k projekční činnosti a obsahuje stručný popis rizika a možný způsob jeho zhodnocení, u vybraných rizik je uvedena i návaznost na další možné související vlivy spojené se zohledňovaným rizikem.

Literatura

- [1] BARTÁK, J., ŠOUREK, P., KARLÍČEK, J. (ed.). *Podzemní stavitelství v České Republice*. 1st ed. Praha: Satra, 2007. ISBN 978-80-239-8568-9
- [2] KLEPSATEL, F., KUSÝ, P., MAŘÍK, L. *Výstavba tunelů ve skalních horninách*. 1st ed. Jaga, 2003. ISBN 80-88905-43-5
- [3] CAMPOS E MATOS, A., RIBERIO E SOUSA, L., KLEBERGER, J. *Geotechnical risk in rock tunnels*. 1st ed. Jaga, 2004. ISBN 0-415-400005-8.
- [4] TATIA RATAN, R. *Surface and underground excavations*, 1st ed. A A Balkema, 2005. ISBN 90-5809-627-0
- [5] SPIEGL, M., SANDER, P., PELLAR, A., MAIDL, U., et al. The conclusion of risk analyses as a basis for deciding between variants through the example of Contract H8.. *Geomechanics and Tunnelling*, 2011, vol. 4, August, p. 295–304.