



SPŘAŽENÉ PRIMÁRNÍ A SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ

Zpracovali: Doc. Dr. Ing. Jan Pruška (Fakulta stavební ČVUT v Praze) a kolektiv řešitelů

Souhrn

V současné době se v ČR primární ostění uvažuje pouze jako dočasná konstrukce, která zajišťuje stabilitu výrubu do okamžiku, kdy je nosnou funkcí schopno zajistit monolitické definitivní ostění. V rámci aktivity je řešen průkaz životnosti primárního ostění a jeho částečné či plné nosné funkce po dobu normou stanovené životnosti tunelu – 100 let. Úkol řeší problematiku životnosti a spolupůsobení s definitivním ostěním ve dvou rovinách. V první se prokazuje životnost ostění v různě agresivním prostředí a vlivy této agresivity na ostění. Výsledkem této části úkolu je stanovení zbytkové únosnosti primárního ostění v čase 100 let. Ve druhé rovině se úkol zabývá případným spolupůsobením primárního a sekundárního ostění. Jedná se o vyvinutí matematického modelu spolehlivě modelujícího chování dvouplášťového ostění. Matematický model přitom simuluje tři nejčastější případy zajištění vodonepropustnosti ostění, tj. použití mezilehlé fóliové nebo stříkané izolace nebo použití betonu odolného proti průsakům pro definitivní ostění. Matematický model testujeme na datech získaných na reálných tunelových konstrukcích (ČR a Rakousko) a z laboratorních měření na vývrtech.

Oblast použití

Nové poznatky získané při řešení zadaného úkolu lze obecně využít u všech konvenčně ražených podzemních děl s dvouplášťovým ostěním – tedy u NRTM, ADECO-RS a metody obvodového vrubu. V některých případech jsou získané výsledky aplikovatelné i u kontinuální ražby tunelů (ražba pomocí TBM se zajištěním stability výrubu stříkaným betonem. Maximálních úspor bude s největší pravděpodobností dosaženo v případě tunelů ražených pod zástavbou citlivou na poklesy nadloží a v prostředí s nízkou agresivitou.

Metodika a postup řešení

Úspěšná realizace úkolu Spřažené primární a sekundární ostění vyžaduje výzkum v následujících oblastech: 1. problematika životnosti primárního ostění v různých typech a stupních agresivity

prostředí, 2. zkoumání chování a zjišťování vlastností primárního ostění v reálném prostředí (in-situ), 3. vytvoření metodiky pro numerické modelování dvouplášťových ostění, 4. informovanost odborné veřejnosti a využití výsledků výzkumu jako podkladů pro aktualizaci závazných podkladů pro projektování a realizaci tunelových staveb (TP, TKP ...).

Problematika agresivity prostředí. Pro agresivitu prostředí s obsahem chloridů byly na základě odvozeného algoritmu určeny vlastnosti primárního ostění ze stříkaného betonu ve stáří 100 let. V dalším výzkumu se řeší problematika predikce vlastností betonu pro síranovou agresivitu a agresivitu vod se sníženou hodnotou pH. Pro lepší aproximaci jsou dosažené výsledky konfrontovány s výsledky z měření pevnostních charakteristik betonů získaných in-situ na již provedených stavbách. Dobrou příležitostí je přístup k primárnímu ostění v souvislosti výstavbou druhých tunelových trub rakouských dálničních tunelů. V této oblasti plánujeme spolupráci s rakouským investorem ASFINAG.

Určení chování primárního ostění v reálném prostředí (in-situ). Pro stanovení modulu pružnosti betonu primárního ostění se mohou získat vzorky provedením odvrtní. Z hlediska dlouhodobé predikce vlastností betonu ostění je však nutné znát kontinuální vývoj napětí v ostění (ideálně i měření teploty ostění). Z tohoto důvodu byly na tunelu Sudoměřice osazeny tenzometry do primárního ostění a bylo započato s měřením vývoje napětí v ostění v závislosti na čase.

Vytvoření metodiky pro numerické modelování dvouplášťových ostění. Na základě provedených výzkumů, exaktního stanovení životnosti primárního ostění a laboratorního ověření spolupůsobení primárního a definitivního ostění bude vytvořena metodika pro konstrukci matematického modelu a provádění statických výpočtů zohledňujících spolupůsobení primárního ostění v případě použití mezilehlé fóliové izolace či mezilehlé stříkané izolace s definitivním ostěním. Tato metodika bude ověřena na základě měření získaných na vybraných podzemních stavbách. Konečným cílem je najít

optimální postup výpočtu spolupůsobení s pomocí 2D numerického modelování metodou konečných prvků.

Informovanost odborné veřejnosti. Cílem řešeného projektu je umožnit investorům a projektantům na základě dosažených výsledků korektně a úsporně navrhovat tunelová ostění se zohledněním zbytkové únosnosti primárního ostění v závislosti na stupni agresivity prostředí a s využitím spolupůsobení primárního a definitivního ostění. Na základě uznání tohoto přístupu zavést výsledky výzkumu do stavební praxe prostřednictvím závazných podkladů pro navrhování podzemních staveb (např. TP).

Výsledky

V rámci projektu bylo navázáno na výsledky zkoušek stříkaného betonu a oceli odebraných z primárního ostění tunelu, který byl uveden do provozu v 80. letech. Byla provedena extrapolace výsledků pro stáří ostění 100 let.

Byly osazeny extenzometry do primárního ostění dvoukolejného železničního tunelu Sudoměřice u Tábora za účelem dlouhodobého sledování napjatosti primárního ostění.



Obr. 1 Osazené extenzometry – tunel Sudoměřice.

Na tomtéž tunelu byly odebrány vzorky stříkaného betonu (suchý způsob stříkání) a započalo jejich zkoušení. Laboratorně byly testovány smykové parametry na kontaktu primárního a definitivního ostění s použitím stříkané mezilehlé izolace.

Na základě jednání s Povodím Labe s.p. je připraven odběr vzorků z protržené přehrady Desná (z podzemní štoly). Dále byla domluvena další spolupráce s rakouskou správou dálnic ASFINAG o možnosti odběru materiálu na tunelu v Rakousku v roce 2016. Dále proběhla jednání s řešiteli grantu „Investigation of long-term behaviour of support elements in tunnelling“ v Rakousku (Montanuniversität Leoben a Graz University) o možnosti získání některých jejich výsledků. V rámci

revize textu TKP – D kapitola 7 – Tunely, podzemní objekty a galerie - byla do kapitoly 7.2.2.3 *Návrh definitivního ostění* zavedena možnost počítat s tím, že část trvalého zatížení přeneseme primární ostění.



Obr. 2 Vzorek stříkaného betonu – tunel Sudoměřice.

Závěr

V průběhu práce byly získány vzorky z primárních ostění z tunelů v ČR i Rakousku, probíhá jejich zkoušení a extrapolace výsledků pro uvažované stáří primárního ostění 100 let. Dále probíhá dlouhodobé sledování napjatosti primárního ostění dvoukolejného železničního tunelu Sudoměřice u Tábora. Byla navázána spolupráce s universitami v Leobenu a Grazu, které se podílejí na výzkumu dlouhodobého chování nosných prvků při tunelování (na 9 tunelech v Rakousku). Pro realizace odběru vzorků z podzemní štoly přehrady Desná je nutné dohledat v archivech materiál popisující použitý beton (bez této znalosti je velmi obtížné provést laboratorní zkoušky, numerické modelování a zejména extrapolaci naměřených hodnot pro normou stanovenou životnost tunelových ostění). V dalších krocích by bylo vhodné se zaměřit na metodiku statických výpočtů zohledňujících spolupůsobení primárního ostění v případě použití mezilehlé stříkané izolace s využitím výsledků z laboratorních zkoušek vzorků odebraných na trase metra V.A.

Literatura

- [1] LORENZ, S.; GALLER, R. Untersuchungen zur mechanischen Beständigkeit von Tunneldichtungsbahnen im Verbund mit Spritzbeton in Tunnelschalen. BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 2015, (11).