



## APLIKACE STŘÍKANÉHO BETONU

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

### Souhrn

V současné době existuje ve světě vedle NRTM řada metod využívajících stříkaný beton jako dočasné či trvalé ostění. Začal se používat stříkaný drátkobeton a nejnověji se ve vyspělém tunelářském světě vylepšují receptury a odladují technologie pro trvalá a vodonepropustná tunelová ostění ze stříkaného betonu. Projekt předpokládal, že se bude v době řešení realizovat stavba tunelu v Čechách, kde by bylo možné technologii rozvíjet a pak realizovat. Vlivem všeobecné situace na stavebním trhu takové podmínky nenastaly. Realizační tým se pokoušel hledat řešení využitím staveb dálničních tunelů na Slovensku, kde se na některých stavbách podílejí i firmy zúčastněné v projektu CESTI (Metrostav a.s., HOCHTIEF CZ a.s., 3G Consulting Engineers s.r.o.). Vyhodnocením všech podmínek se došlo k závěru, že výsledky by byly neadekvátní vynaloženému úsilí a finančním prostředkům. Poté se zvážila redukovaná varianta použití stříkaného betonu v podzemní štolě Josef u Mokrska. Po prozkoumání štoly a vyhodnocení podmínek bylo konstatováno, že je nutné aplikaci stříkaného betonu na reálné konstrukci odsunout do doby, kdy bude vhodné pracoviště k dispozici.

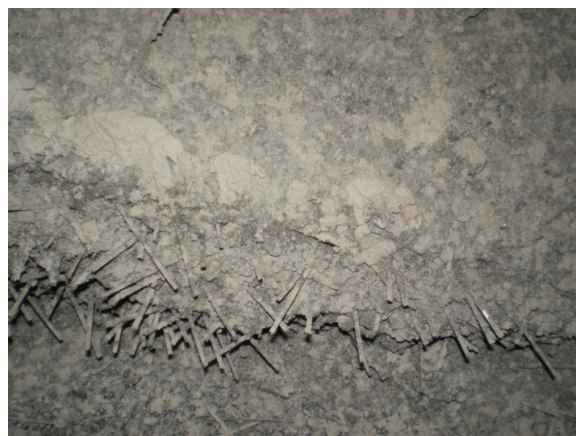
### Oblast použití

Ostění ze stříkaného betonu (SB) se osvědčilo jako ekonomicky efektivní a všestranná metoda budování podzemních staveb. Metoda NRTM byla původně vyvinuta pro tunely ve skalních horninách, nyní se již stříkaný beton hojně používá i v zeminách. I přes některé veřejně známé havárie se použití NRTM s primárním ostěním ze stříkaného betonu osvědčilo a dochází obecně k jeho inovaci jak v použitých směsích pro stříkání tak i v samotné aplikaci stříkaného betonu. V současné době existuje ve světě vedle NRTM řada metod využívajících stříkaný beton jako dočasné či trvalé ostění (například metody SCL, SEM, ADECO – RS, LaserShell, Norská tunelovací metoda, atd.). Vedle běžného stříkaného betonu se v současném tunelovém stavitelství používá stříkaný vláknobeton (stříkaný beton s rozptýlenou výztuží z ocelových drátků či uhlíkových vláken a s přídavkem polypropylenových vláken). Rozvoj receptur

betonových směsí a vlastní technologie nástřiku vedl i k prvním praktickým definitivním vodonepropustným ostěním aplikovaným stříkáním. Použití ostění ze stříkaných betonů využívajících nové poznatky se dá v ČR očekávat v budoucnu při výstavbě plánovaných tunelů (např. na dálnici D3).

### Metodika a postup řešení

V rámci projektu bylo plánováno odzkoušení a odladění technologie stříkaného betonu – tj. technologie výroby a stříkání – pro definitivní a vodonepropustná tunelová ostění ze stříkaného betonu. Plán řešení projektu počítal se skutečností, že v době řešení úkolu 4.6.1 Aplikace stříkaného betonu na reálné konstrukci bude možné vyvíjenou technologii odzkoušet na skutečné stavbě tunelu v blízkosti řešitelských pracovišť (tj. v ČR). Vlivem krize ve stavebnictví však nebyla k dispozici žádná vhodná stavba. Proběhl pokus o využití staveb dálničních tunelů na Slovensku, kde mají některé firmy podílejší se na řešení WP4 své aktivity. Například na tunelu Povážský Chlumec během výstavby docházelo k problémům, kdy nástřikovaný beton často nedržel dostatečně na podkladu, v řadě případů bylo nutné nástřikovaný beton zcela odstranit a nástřikovat vše znovu, což znamenalo zdržení a větší spotřebu materiálu. V některých případech bylo nutné použít kromě běžného betonu J2 i beton vyšší třídy J3 (zejména v místech s vyššími přítoky vody), v tunelu proběhly i pokusné nástřiky vláknobetonu s umělými vlákny – Obr. 1.



Obr. 1 Detail stříkaného vláknobetonu pokusně aplikovaného na tunelu Povážský Chlumec (foto M. Hilar).

Pro výzkum v současné době připadají pouze tunely stavěné na Slovensku, kde jsou vyšší finanční nároky (např. vzdálenost od řešitelského centra) a v neposlední řadě i legislativní rozdíly. Proto bylo konstatováno, že využití těchto staveb pro účely projektu CESTI je značně rizikové.

Kolektiv řešitelů dílčího úkolu se pokoušel hledat řešení i v modelovém výzkumu v redukováném měřítku. Protože stříkání betonu vyžaduje určitý podzemní prostor, výroba menších vzorků (např. nástřik do forem) není příliš směrodatná. Protože vhodná podzemní stavba ve výstavbě v ČR není momentálně k dispozici, byla navázána spolupráce s výzkumným pracovištěm ČVUT kde je k dispozici podzemní pracoviště „Štola Josef“ u Mokrsko. Pracoviště bylo prozkoumáno na místě a byla vybrána některá potenciální místa, kde by bylo stříkání možné realizovat. Následovalo vyšetření podmínek, jak experimenty realizovat. Zvažovaly se následující skutečnosti:

1. tvar stříkaného tělesa,
2. podmínky nástřiku (přístup, úhel nástřiku, vzdálenost trysky od podkladu),
3. možnosti ověření vodonepropustnosti nastříkaného ostění (zavedení tlakové vody za ostění, realizace tlaku, zamezení obtékání na kontaktu skalní podloží – ostění),
4. stříkací zařízení, pronájem, doprava na místo, prostorové podmínky pro stříkání, dodávka energie,
5. doprava betonové směsi na místo v podzemí (systém štol má délku v řádu km),
6. výroba betonové směsi na místě, popř. výroba ve stabilní betonárně a doprava do Mokrsko.

Vyhodnocením všech podmínek, včetně vynaložených nákladů, se došlo k závěru, že výsledky, které by bylo možné dosáhnout, budou neadekvátní vynaloženému úsilí a finančním prostředkům. Na základě tohoto vyhodnocení bylo doporučeno tuto problematiku odsunout v čase do doby, kdy bude vhodné pracoviště k dispozici a kdy řešitelský tým bude mít reálnou možnost efektivně pracovat na vývoji technologie.

## Výsledky

Vzhledem k tomu, že se i přes značné úsilí nepodařilo najít stavbu v Čechách a na Slovensku, kde by bylo možné technologii rozvíjet a pak realizovat (a to ani v redukované variantě pro štolu), bylo řešení této problematiky posunuto do doby, kdy bude vhodné pracoviště k dispozici. Nicméně řešitelský tým získal velké množství cenných poznatků z aplikace stříkaného betonu na současných stavbách dálničních tunelů na Slovensku.

## Závěr

Po prozkoumání možnosti aplikace stříkaného betonu na tunelových stavbách v Čechách a na Slovensku a návazně i použití podzemní štoly pro redukované podmínky aplikace bylo konstatováno, že práce na vývoji nové technologie by nyní překročila finanční možnosti, navíc by nepřinesla dostatečně adekvátní výsledky. Z těchto důvodů bylo řešení úkolu odsunuto do doby, kdy bude k dispozici vhodné pracoviště.

## Literatura

- [1] Mařík, L. Tunel Považský Chlmec na dálnici D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) od projektu k realizaci. *Tunel 2015*, 1/24 (3), 88–103.
- [2] Valko, M.; Fučík, M.; Korba, A.; Zwiling, R. Tunel Považský Chlmec na dálnici Tunel Žilina – projektovanie, výstavba a geotechnický monitoring. *Tunel 2015*, 1/24 (3), 40–47.
- [3] Benoit, J.; et al. Evaluation of innovative sprayed-concrete-lined tunnelling. In *Proceedings ICE - Geotechnical Engineering*, 2008; pp 137–149.
- [4] Hilar, M.; Srb, M.; Zmítko, J.; Pastrňák, V.; Petráš, V. Optimalizace ražeb tunelu Povážský Chlmec na D3. *Sborník konference Tunely a podzemné stavby 2015, Žilina*.