APLIKACE TUNELOVÝCH PROPOJEK PŘI SPOJENÍ SEGMENTOVÉHO OSTĚNÍ POMOCÍ INJEKTOVANÝCH TRNŮ

Zpracovali: Ing. Karel Rössler, Ph.D. (Metrostav a.s.), doc. Dr. Ing. Jan Pruška (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

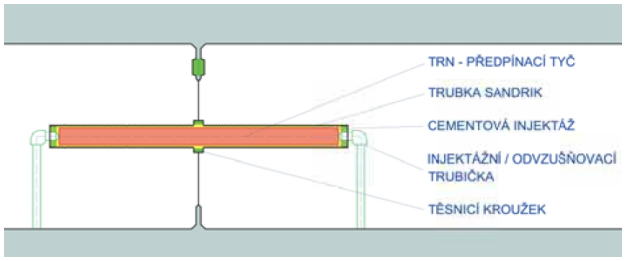
Při ražbě tunelů pomocí tunelovacích strojů a v minulosti tzv. prstencové metody tvoří definitivní ostění tunelu jednotlivé prstence kruhového tvaru, které se skládají z několika segmentů (tzv. tubingů). Počet segmentů a jejich tvar závisí na požadovaném průjezdném profilu a typu segmentového ostění (litina, železobeton, drátkobeton). V případě bočních výlomů je nutné toto segmentové ostění okolo místa prorážky vyztužit. V současné době se používají buď ocelové kruhové rámy (nevýhodou je zasahování do profilu tunelu) či spojování segmentů pomocí ocelových kapes (vysoce náročné na přesné umístění kapes v segmentu). V rámci řešení projektu bylo navrženo a vyzkoušeno řešení, kdy se jednotlivé segmenty v okolí výlomu spojí trny, které se následně zainjektují, čímž se vytvoří pevné spojení segmentů. Jedná se o jednoduché řešení s nízkými náklady při zachování průjezdného profilu v tunelu a zároveň s dostatečnou únosností i v těžkých geologických podmínkách.

Oblast použití

Spojení segmentového ostění pomocí injektovaných trnů je možné použít v místě výlomu do boku tunelu za účelem výstavby tunelové propojky, výklenku či únikové cesty. Injektované trny spolehlivě zajistí ostění okolo výlomu tak, že je schopné nejen snášet tlaky horninového prostředí, ale i zachovat vnitřní profil tj. nenarušit plynulost ražby. Mimo zahraničních zakázek je v nejbližší době možné zajištění prstenců použít pro výstavbu metra v Praze – trasa D.

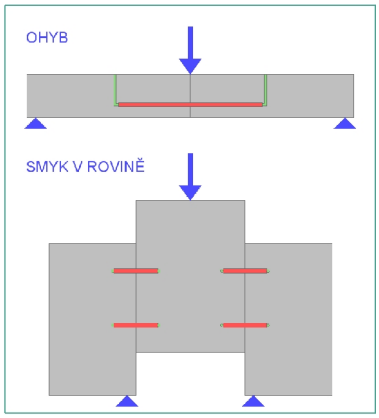
Metodika a postup řešení

Navrhované řešení je založeno na jednoduchém principu. Do sousedních segmentů jsou vloženy kanálky vstřícně proti sobě. Během montáže ostění se do kanálků vloží ocelové trny. Po ukončení montáže se trny v kanálcích zainjektují. Po zatvrdnutí injektážní hmoty dojde k pevnému propojení sousedních segmentů (Obr. 1).



Obr. 1 detail spojení segmentů pomocí zainjektovaného trnu [2]

Trny přenášejí několik druhů zatížení: ohybové namáhání, smykové namáhání ve směru střednicové plochy segmentového ostění a dále smykové namáhání ve směru kolmo na střednicovou rovinu segmentového ostění – Obr. 2.



Obr. 2 Statické schéma namáhání trnů [2]

Na základě zkoušek tahového trnu provedených v loňském roce v rámci řešení úkolu 4.7 Vývoj pokrokových tunelových ostění pro mechanizované tunelování [3] bylo rozhodnotu o provedení, kdy se ověřila únosnost trnu pro základní druhy jeho namáhání byla provedena aplikace tunelových propojek při spojení segmentového ostění pomocí injektovaných trnů.

Výsledky

Oba tubusy železničního tunelu Ejpovice spojí osm ražených asi 30 m dlouhých únikových propojek, které jsou od sebe vzdálené zhruba 500 m. Razí se z

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

hotové jižní trouby tak, že s pomocí kotoučové pily vyřeže 40 cm silné tunelové ostění v místě prostupu – Obr. 3.

Obr. 3 Řezání segmentového ostění (foto Metrostav a.s.)

Železobetonové segmenty jsou zajištěné pomocí injektovaných trnů – Obr. 4. Výhoda tohoto řešení je, že je zachován volný prostor v tubusu tunelu – Obr. 5.

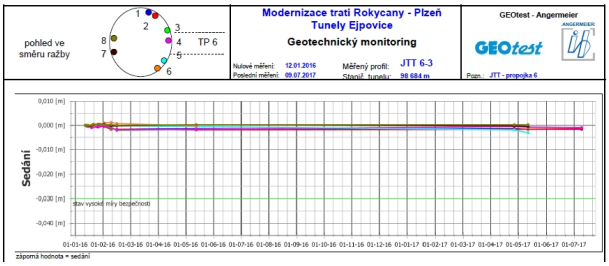
Obr. 4 Osazování trnů (foto P. Hybský)

Obr. 5 Pohled na výstavbu propojky z tubusu tunelu (foto Metrostav a.s.)

Chování ostění při budování propojek bylo monitorováno – Obr. 6. Z monitoringu vyplynulo, že spojovací trny splnily předpokládanou funkci zpevnění segmentového ostění v okolí výlomu pro propojku. V žádném z 16 výlomů v segmentovém ostění nedošlo k vzájemnému pohybu mezi jednotlivými segmenty. To znamená, že nedošlo k posuvu těsnících pryžových pásů a tedy nedošlo k porušení vodotěsnosti segmentového ostění vlivem deformace v okolí výlomu.

Měření potvrdila, že trny neumožnily pohyb mezi jednotlivými segmenty a přenesly smykové i ohybové namáhání do sousedních prstenců. Měření pro každý výlom se skládalo ze tří profilů. Jeden z nich byl v místě výlomu a dva z nich byly po stranách výlomu. Obr. 6 ukázal měření na jednom z bočních profilů. Velká většina změřených deformací byla nulová.

Pouze v propojce číslo 1 byly naměřeny v jižním tunelu hodnoty deformace až 25 mm. Tím, že stejné deformace byly naměřeny jak ve výlomu, tak i na sousedních prstencích, bylo potvrzeno, že se nejednalo o posuv jednoho segmentu a potvrdilo to funkčnost trnů. Trny spojily mezi sebou jednotlivé segmenty a díky tomuto spojení se deformace naměřená v jednom profilu rovnoměrně projevuje v sousedních profilech v podélném směru tunelu. Tím nedošlo k posuvu v těsnící spáře a vodotěsnost nebyla porušena.



Obr. 6 Výstup z monitoringu na propojce č. 6

Závěr

Spojení pomocí trnů je patentem firmy Metrostav a.s. č. 305588 (výsledek CESTI v roce 2015). Toto spojení bylo v roce 2017 realizováno a ověřeno na tunelu Ejpovice při ražbě propojek mezi jednotlivými tunelovými troubami. V rámci ověření bylo vyhodnoceno spolupůsobení segmentů v těchto oblastech s uvážením statických a technologických možností metody.

Literatura

[1] Metrostav a.s., Vítek, P.; Karel, R. Patentový spis č. 305588, 11. 11, 2015.

[2] VÍTEK, J. Zajištění segmentového ostění TBM tunelů v okolí propojek. Beton, 2014, vol. 6, p. 46–49.

[3] Rössler, K. Spojení segmentového ostění pomocí injektovaných trnů, [on-line], 2016_WP4_TL4_07.pdf [citováno 14,12, 2017) dostupné na http://www.cesti.cz/technicke_listy/tl2016/Seznam_TL_2016.htm

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168