

TRENDY V TECHNOLOGIÁCH PRE PODZEMNÚ VÝSTAVBU A PRE SANÁCIE PODZEMNÝCH DIEL

TRENDS IN TECHNOLOGIES FOR UNDERGROUND CONSTRUCTION AND REHABILITATION OF UNDERGROUND STRUCTURES

Adam Janíček¹, Peter Kocnár²

ABSTRAKT

Najvýznamnejším trendom v oblasti podzemnej výstavby je v poslednej dekáde bezpochyby postupný prechod od klasických tunelárskych metód k mechanizovaným ražbám. Predovšetkým v prípade ražby dlhých tunelov, alebo tunelov s nízkym nadloží, ponúka TBM a štíty nesporné výhody. V tomto medziodobí sa špecializovaným spoločnostiam, zaoberajúcim sa výrobou a dodávkou materiálov pre podzemnú výstavbu, ponúka priestor pre progresívne vylepšenie zavedených technológií a produktov, ktoré môžu byť využívané v rámci konvenčnej alebo mechanizovanej ražby. Minova, ako popredný svetový výrobca takýchto materiálov, uviedol na trh v rokoch 2015-2017 množstvo zaujímavých produktov, ktoré reflektujú známe nedostatky u niektorých štandardných výrobkov.

Striekané hydroizolácie - sú alternatívou zavedených fóliových izolácií určené pre prostredie s nižšou priepustnosťou hornín, s prítokmi s nižším tlakom vody. Ich prínos spočíva predovšetkým v jednoduchosti aplikácie. Príspevok ukazuje príklady využitia striekanej izolácie z produkcie firmy Minova - Tekflex DS-W - pri ražbe železničného tunela Skillingsmyr v Nórsku a tiež ako sanačné opatrenia pri sanácii železničného Rigelského tunela v Českej republike.

Zavrtávané výstuže - IBO horninové svorníky a IBO ihly sú v praxi používané od 90 rokov minulého storočia. Ako typický príklad je v príspevku uvedený tunel Poľana na Slovensku, kde IBO ihly R51 pomohli zabezpečiť stabilitu klenby. Avšak v určitých prípadoch je štandardné prevedenie IBO nedostatočné - Minova pre špeciálne situácie uviedla na trh IBO ihly s integrovaným injekčným obturátorom pre možnosť injektovať horninu v okolí zavrtaného prvku zvýšeným tlakom (viac ako 100 bar) a IBO horninové svorníky so zvýšenou priťažnosťou určené pre prostredie s veľkým horninovým tlakom alebo s rizikom dynamických prejavov. Oba typy IBO prvkov sú príspevkom koncepčne prezentované.

ABSTRACT

The most significant trend in underground construction in the last decade is undoubtedly a gradual transition from classic tunneling methods to mechanized excavation. Especially in case of long tunnels or tunnels with low overburden, TBMs and shields offer undeniable advantages. In the meantime, specialized companies involved in the production and supply of underground construction materials can work on progressive improvement of technologies and products that can be used for both, conventional or mechanized excavation.

¹Ing. Adam Janíček, kancelária: Minova Bohemia s.r.o., Lihovarská 1199/10, 716 00 Ostrava - Radvanice, Česká republika, tel.: +420 596 232 801, e-mail: adam.janicek@minovaglobal.com

²Ing. Peter Kocnár, Minova Bohemia s.r.o., organizačná zložka, Dlhá 923/88B, 010 09 Žilina, Slovenská republika, tel.: +421 41 5623 281, email: peter.kocnar@minovaglobal.com

Minova, as the world's leading producer of such materials, introduced many interesting products in 2015-2017 which improve the shortcomings of some standard products.

Sprayed waterproofing membranes - is an alternative to the plastic sheets waterproofing membranes intended for low-permeable environment and water inflows with lower pressure. The main benefit is in the simplicity of application. The paper shows examples of the sprayed waterproofing membrane application Tekflex DS-W (produced by Minova) – during the construction of Skillingsmyr railway tunnel in Norway, as well as a part of rehabilitation works in the Rigelsky railway tunnel in the Czech Republic.

Self-drilling reinforcing elements – SDA (IBO) rock-bolts and SDA (IBO) spiles have been in use since 90's of the last century. Paper presents a typical application example - Poľana tunnel in Slovakia, where SDA (IBO) R51 spiles helped to increase the stability of the roof. However, in some cases, the standard SDA (IBO) rock-bolt performance is insufficient - for special situations Minova introduced SDA (IBO) injection spiles with an integrated injection packer for the possibility of injection the surrounding rock with the necessary increased injection pressure (over 100 bar) and SDA (IBO) convergence rock-bolts with increased ductility for environments with expected large rock pressure/displacement or the risk of dynamic events. Both types of newly introduced SDA (IBO) rock-bolts conceptually presented in the contribution.

1 Striekaná hydroizolačná membrána Tekflex DS-W

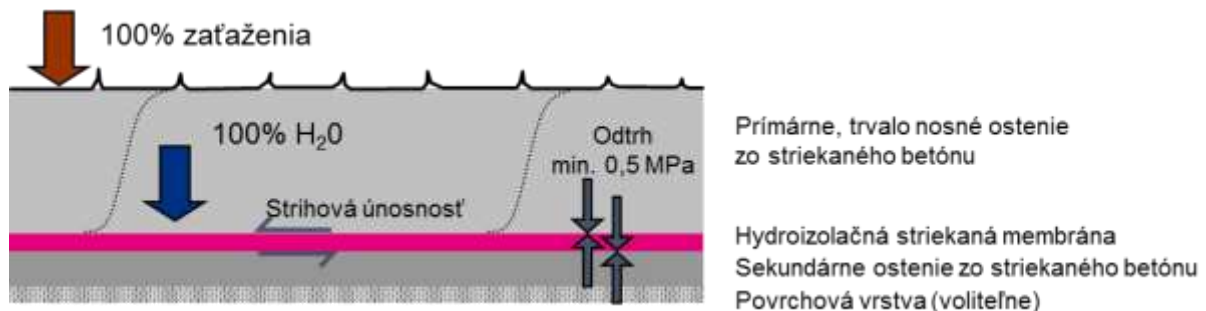
Tenké striekané membrány (TSL – Thin Sprayed Membranes) rady TekFlex® boli koncom minulého storočia vyvinuté pre použitie v baniach a v ťažobnom priemysle. Ich primárnou úlohou je stabilizácia povrchu razeného (kopaného) diela voči vypadávaniu menších skalných úlomkov horniny, zabráneniu postupnej degradácii líca horniny a pre riadenie smeru prúdenia vzduchu v podzemí. Minova produkuje širokú radu nástrekov na báze cementov a polymérom modifikovaných cementov, ktoré sú ideálne na rýchle zabezpečenie povrchovej stability hornín v náročných geologických podmienkach. Tenké striekané membrány sú vhodnou alternatívou voči striekanému betónu v aplikáciách, kde je potrebná rýchlo pôsobiaca podpora, malé požadované objemy alebo je obmedzený aplikačný priestor.

Postupne bola vyvinutá rada deviatich produktov rady TekFlex®, ktorá reflektuje rôznorodé potreby zákazníkov. Jednou z požiadaviek bol vývoj hydroizolačnej membrány, ktorý vyústil do spustenia produkcie striekanej izolácie Tekflex DS-W. Tekflex DS-W je jednozložková cement-polymérová prášková zmes navrhnutá pre kontinuálnu suchú aplikáciu. Zmes sa zmieša v špeciálnej prúdnici s vodou. Takto vytvorená suspenzia okamžite gélovatí a vytvorí na povrchu masívu membránu, ktorá následne vytvrdzuje. Výsledkom je pevná a elastická vodotesná membrána s veľmi dobrou priľnavosťou k väčšine povrchov. Tekflex DS-W sa používa na vytvorenie vodotesných membrán v sendvičových betónových konštrukciách; na zabezpečenie vodotesnosti betónu; na ochranu konštrukcií proti klimatizačným činiteľom; na bariéry proti preniknutiu plynov; na zabránenie prenikania vody do priestorov podzemných diel (konštrukcií) a pod.

Výsledný produkt je húževnatá a flexibilná membrána - schopnosť pretiahnutia a vynikajúce pevnostné charakteristiky zaisťujú jej celistvosť aj pri deformáciách horninového prostredia alebo konštrukcie. Tekflex DS-W je jednoducho aplikovateľná štandardnými aplikačnými mechanizmami. Jedná sa o nehorľavý materiál, nevyžaduje špeciálne spôsoby skladovania a nároky na ventiláciu.

Korektná aplikácia hydroizolačnej membrány Tekflex DS-W je podmienená vhodným podkladom. Podklad by mal byť prakticky suchý, prípadne len mierne kapilárne zmáčaný. Vlastnosti podkladu je možné zlepšiť lokálnou chemickou injektážou proti presakujúcej vlhkosti. Pri priesakoch nad 0,2 l/m² za deň aplikácia nie je odporúčaná.

Mechanické vlastnosti hydroizolačnej membrány Tekflex DS-W je možné využiť pri modifikácii ostenia novobudovaných podzemných diel. Bežne používaný model – primárne ostenie, fóliová izolácia, sekundárne ostenie je možné nahradiť kompozitným ostením typu CSL – tzv. Composite Shell Linings (Obr. 1).



*Obr. 1 Ostenie typu CSL.
Fig. 1 CSL Linings.*

V tomto prípade sa s primárnym ostením počíta ako s trvalo nosným. Mechanické vlastnosti a povrchová štruktúra striekanej hydroizolačnej membrány umožňujú priamu aplikáciu sekundárneho ostenia zo striekaného betónu (spravidla vystuženého vláknami). Tieto tri vrstvy sú potom posudzované ako jeden kompozitný celok. Povrchová vrstva môže byť aplikovaná vo funkcii ochranej, prípadne protipožiarnej.

Ďalšou používanou variantou kompozitného ostenia je ostenie typu SSL - Single shell lining. V prípade SSL je kompozitné ostenie tvorené dvoma základnými vrstvami – trvalo nosným jednovrstvovým ostením a striekanou hydroizolačnou membránou.

Ostenia, ktoré využívajú mechanické vlastnosti striekaných hydroizolačných membrán, redukujú počet technologických krokov pri realizácii a tým aj zrýchľujú priebeh prác.



*Obr. 2 Ostenie typu SSL v tuneli Skillingsmyr.
Fig. 2 SSL Linings in Skillingsmyr tunel.*

Jedna z prvých aplikácií materiálu Tekflex DS-W bola realizovaná v roku 2015 počas výstavby prístupového tunela pre rozrážku železničného tunela Skillingsmyr v Nórsku. Ostenie bolo typu SSL - kompozitné ostenie tvorené dvoma základnými vrstvami. Jednovrstvové ostenie zo striekaného betónu 80 až 100 mm bolo vystužené PE vláknami. Sústredené priesaky vôd z ostenia boli sanované chemickou injektážou. Na ostenie bola následne priamo aplikovaná striekaná hydroizolačná membrána. Hydroizolačná membrána

bola aplikovaná v klenbe a na stenách tunela vo výške 2 m nad dnom (Obr. 2). Priebežne bola kontrolovaná jej hrúbka. Z ostenia boli odobrané vzorky na celú hrúbku, ktorých mechanické parametre boli predmetom laboratórnych skúšok. Aplikácia materiálu Tekflex DS-W bola úspešná. Výsledky skúšok naplnili očakávania, čo otvorilo cestu aplikácii tohto systému pri výstavbe tunelov v Nórsku.

Železničný Rigelský tunel v Českej republike bol uvedený do prevádzky v roku 1855. Ostenie tunela je kamenné – žulové. Počas sanácie bolo na celom úseku tunela zrealizované na staré kamenné ostenie nové ostenie zo striekaného betónu, vystuženého kari sieťami. V miestach s prítokmi vody bola pod ostenie zo striekaného betónu použitá hydroizolačná membrána Tekflex DS-W. V prvom kroku boli zastavené priesaky vody pomocou chemickej injektáže dvojzložkovou polyuretánovou živicom CarboPur WF. Ostenie bolo ďalej zjednotené nástrekom betónu jemnej frakcie na ktoré sa aplikoval Tekflex DS-W (Obr. 3).



*Obr. 3 Aplikácia membrány v Rigelskom tuneli.
Fig. 3 Membrane application in Rigelsky tunel.*

2 Injekčné zavrtavacie ihly SDIL

V bežných prípadoch sú injekčné zavrtavacie kotevné prvky IBO aplikované predovšetkým v podmienkach so zníženou stabilitou okolitej horniny – v porušených alebo tlačivých horninách, teda v prostredí, kedy je problematické prevedenie predvrtu pre osadenie iného typu horninového svorníka. Avšak práve v takýchto prípadoch je obyčajné osadenie prvkov len časť úspechu - hornina v okolí prvku je porušená a bez kvalitnej a precíznej injektáže horniny v okolí je kotevný výkon kotviaceho prvkov znížený.

Injekčný zavrtavací systém SDIL je inovatívnym riešením injekčných zavrtavacích kotevných tyčí typu IBO R 25 a R 32 umožňujúci vysokotlakovú injektáž. Utesnenie priestoru vrtu je docielené špeciálnym koncovým elementom tvoreným priebežnou injekčnou zavrtavacou tyčou opatrenou mechanickým obturátorom. Systém SDIL nachádza svoje uplatnenie predovšetkým v podzemnom staviteľstve ako zavrtavacie injekčné ihly alebo radiálne svorníky. Ďalej je možné systém použiť pri sanáciách stavebných konštrukcií, napríklad vodohospodárskych objektov. Pre injektáž systému SDIL je možné použiť polyuretánové alebo organicko-minerálne živice a cementy.

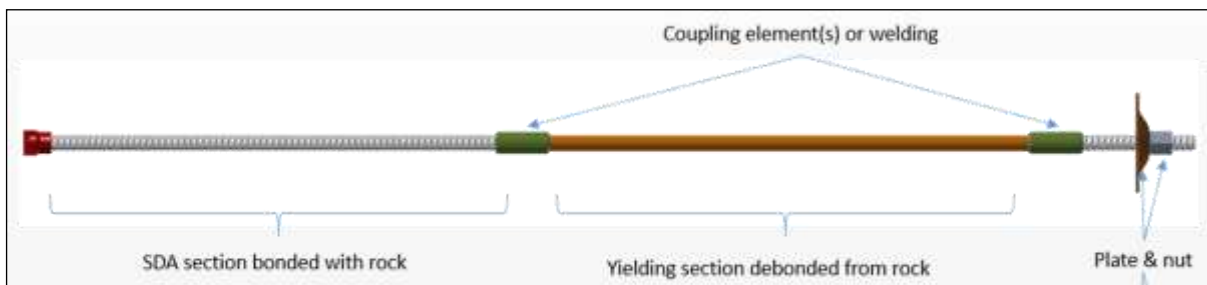


Obr. 4 Injekčné zavrtavacie ihly SDIL.
Fig. 4 Injection boring needle SDIL.

Pri inštalácii systému SDIL slúži v prvej fáze tyč ako vrtné náradie a následne ako injekčná rúrka. Princípom je priame zavrtávanie IBO tyčí R 25 alebo R 32 do horninového prostredia prostredníctvom stratenej korunky. Na požadovanú dĺžku sa tyče spájajú pomocou spojníkov. Posledná tyč (voliteľnej dĺžky 1 alebo 2 m), je vybavená špeciálnym mechanickým obturátorom, ktorý sa rozoprie vo vnútri vrtu doťahovaním matice pri ústí vrtu. Následne môže byť cez injekčný adaptér vykonávaná injeckáž. Po injeckáži a vytvrdnutí injekčného materiálu je potom možné s injekčnou zavrtavacou tyčou uvažovať ako s výstužou. Prednosťou systému SDIL sú vysoké dosiahnuteľné injekčné tlaky - v ideálnych podmienkach a pri dostatočnom upnutí obturátora až 100 bar; rýchlosť inštalácie - jednotlivé fázy inštalácie na seba bezprostredne nadväzujú; použitie v nesúdržnom alebo narušenom prostredí - priamym zavrtávaním kotevných tyčí odpadá nutnosť stabilizácie vývrtu; variabilná dĺžka tyče - zavrtavacie tyče môžu byť vďaka priebežnému závitú podľa potreby nastavované pomocou spojníkov alebo krátené bez straty možnosti osadenia kotevnou podložkou a maticou; jednoduchá manipulácia - možnosť spájania kotevných tyčí spojníkmi umožňuje inštaláciu veľmi dlhých prvkov aj v obmedzenom pracovnom priestore (razené štôlne, kanalizácie, tunely s čiastkovým delením výrubu, suterény budov, a pod.); možnosť voľby zvýšenej protikoróznej ochrany - prvky môžu byť opatrené galvanizovanou protikoróznou ochranou zvyšujúcou životnosť v agresívnom prostredí.

3 IBO horninové svorníky s vysokou priet'aznosťou

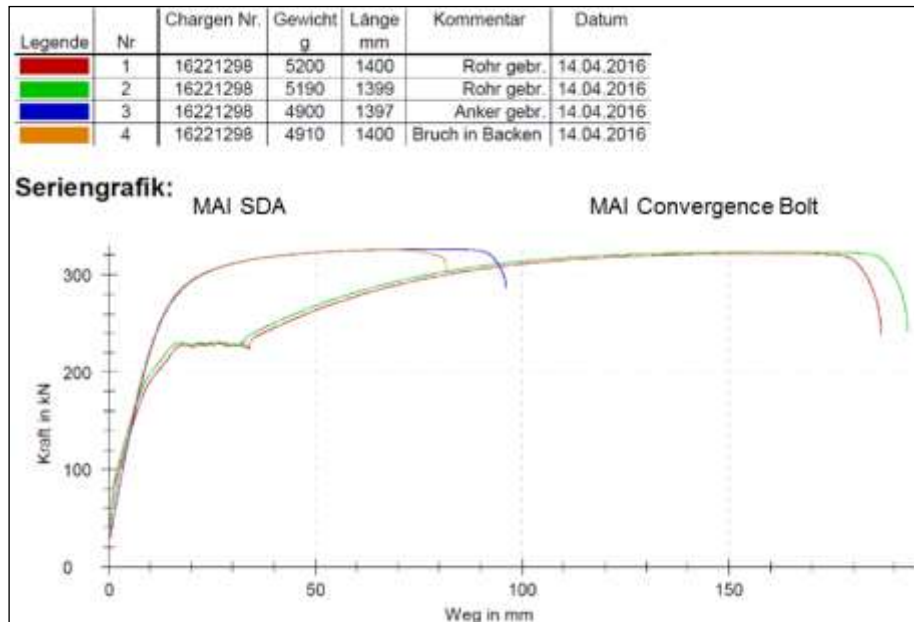
V prípade hlbokých banských diel a hlbšie razených tunelov, kde možno predpokladať zvýšené horninové napätia a prípadne aj dynamické prejavy, môže byť vysoká tuhosť nevýhodou - svorníky majú obmedzenú schopnosť sa pretvárať pri zvýšenom statickom a (alebo) dynamickom zaťažení.



Obr./Fig. 5 Minova MAI Convergence bolt.

Poddajné horninové svorníky v takýchto prípadoch umožnia hornine sa pretvoriť a znížiť kontrolovaným spôsobom napätia v hornine. V prípade tunelov povedie kontrolovaná deformácia horniny k mobilizácii napätia a vytvorenie nosnej horninové klenby bez rizika pretrhnutia primárnych radiálnych svorníkov.

Minova MAI Convergence Bolt (Obr. 5) kombinuje výhody IBO (injekčných zavíťavacích) svorníkov a poddajných svorníkov. V komplikovaných podmienkach dovoľuje osadiť poddajný svorník bez nutnosti predvrtávať vývrt. Jedná sa o štandardný MAI SDA svorník a vložený element s vysokou prietlačnosťou. Element s vysokou prietlačnosťou môže byť so štandardnými elementami spojený spojníkmi, prípadne aj zvaraním. Porovnanie pracovných diagramov štandardného MAI SDA svorníka a svorníka s elementom s vysokou prietlačnosťou MAI Convergence Bolt môžete vidieť na obr. 6.



Obr. 6 Porovnanie MAI SDA a MAI Convergence Bolt.

Fig. 6 Comparison MAI SDA a MAI Convergence Bolt.

Z pracovných diagramov je zrejmé, že u MAI Convergence Bolt nedochádza k rýchlej strate únosnosti po dosiahnutí medze klzu. Naopak, svorník dokáže absorbovať zvýšené statické alebo dynamické zaťaženie svojou zvýšenou deformáciou (voči štandardnému svorníku) a pritom stále prenášať vysoké zaťaženie. Dĺžky štandardných aj poddajných elementov a ich pozície v dĺžke horninového svorníka je možné upravovať podľa potreby. Tým sa zabezpečí „uštie“ svorníka na mieru zastihnutým podmienkam pri ražbe.

Svorníky s vysokou prietlačnosťou nie sú uvažované ako náhrady štandardných typov svorníkov, ale ako ich doplnenie. Pre zložité horninové podmienky ponúkajú lepšie pretvárne charakteristiky a predstavujúce významný prínos pre bezpečnosť práce v baníctve a podzemnom staviteľstve.

4 Záver

Napriek pokročilej „dobe technologickej“ sa ukazuje, že je stále dostatok priestoru na zavádzanie nových technológií do stavebnej praxe alebo na významné vylepšenia zavedených materiálov. Novinky môžu neraz zásadným spôsobom zmeniť filozofiu prípravy, projekcie a realizácie diela, zvýšiť bezpečnosť, zefektívniť, zrýchliť a zlacniť postup výstavby.

Poskytnutie priestoru na skúšanie „nových vecí“ v rámci budovaných diel by mala byť prioritou všetkých zainteresovaných. Rutinné opakovanie zabehnutých postupov je slepá ulička vývoja.

Literatúra

Archív spoločností Minova a Orica.