

**Ing. Zdeněk Cigler , Bc. Martin Melichařík**, Minova – Bohemia s.r.o., divize Grouting,  
Lihovarská 10, 716 03 ,Ostrava – Radvanice, tel. 00420 596 232803, fax. 00420596 232 993  
E- mail: [zdenek.cigler@minovaint.com](mailto:zdenek.cigler@minovaint.com), [martin.melicharik@minovaint.com](mailto:martin.melicharik@minovaint.com)

## **PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI ZÍSKANÉ PŘI ZAJIŠŤOVÁNÍ OSTĚNÍ BOHUSLAVICKÉHO TUNELU**

### **Abstract**

Authors in their paper present the way of realisation and practical experince from repair work of extremely destroyed brick-work tunnel lining. The railway tunnel was completed in 1868. There were used glass fibre reinforcing nets, glass fibre rod anchors and injection self-drilling anchors.

### **Anotace:**

Autoři ve svém příspěvku seznamují se způsobem provádění a s praktickými zkušenostmi získanými při provádění opravy značně narušeného zděného ostění železničního tunelu, který byl dostavěn v roce 1868. Při opravě byly použity sklolaminátové výztužné sítě, sklolaminátové kotevní tyče a injekční zavrtávané kotevní tyče.

### **Úvod**

Jednokolejný železniční tzv. Bohuslavický tunel se nalézá na trati Jaroměř – Královec v obci Bohuslavice u Trutnova. Jedná se o tunel, jehož stavba byla dokončena v roce 1868. Ostění tunelu je zděné z pískovcových kvádrů a kopáků. Délka tunelové trouby činí 187,5 m, tunelová trouba není stavebně rozdělena na tunelové pasy , rozdělení na pasy je evidenční na 19 pasů s délkami 18 x 10m + výjezdový portál v délce 7,5 m. Během 140 let existence tunelu zde byly provedeny významnější sanace a opravy v letech 1874, 1926 a 1973. V roce 1973 bylo z důvodu velmi špatného stavu ostění provedeno jeho podskružení ocelovými kolejnicovými oblouky s dřevěným pažením. Po dalších téměř 35 letech provozu tunelu byl však technický stav podskružení i ostění natolik nevyhovující , že bylo nutné provést kompletní výměnu podskružení a zásadní sanaci ostění . Generálním projektantem této opravy byla společnost Amberg Engineering Brno a.s.

### **1.Projekční řešení opravy ostění**

Projektant navrhl kompletní výměnu podskružení a jeho náhradu přikotvenými výztužnými sítěmi v cca 30 % pohledové plochy klenby, lokálně také přikotvení vyjíždějících a

uvolněných pískovcových kvádrů . Ve zbývající ploše poškozeného ostění předepsal projektant hloubkové spárování zdiva. Na základě požadavku dlouhodobé trvanlivosti použitých materiálů požadoval projekt použití materiálů sklolaminátových , konkrétně sklolaminátových výztužných sítí z pásů profilu 30 x 4 mm , okatost 300 x 300 mm. Pro kotvení výztužných sítí byly požadovány sklolaminátové kotevní tyče typu Rockbolt, lepené ampulemi Lokset, délky tyčí 3,0m , vzájemná rozteč 1,5 x 1,5 m. Projektant předpokládal, že nebude možné provést ve všech místech kotevní tyče lepené , a proto byla připravena i varianta použití injekčních zavrtávaných kotevních tyčí.

V úseku tunelu u výjezdového portálu se vyskytovaly četné průsaky vody , a proto zde bylo požadováno provedení dvoufázové chemické těsnící injektáže.

## **2. Provedení opravy ostění**

Požadované práce byly realizovány na jaře roku 2008 ve dvou etapách. V etapě první byla provedena náhrada stávajícího podskružení v úseku km 42, 016 30 – 42, 092 70, v etapě druhé pak bylo provedeno utěsnění průsaků vody a náhrada podskružení v pasu výjezdového portálu .

### **2.1. Náhrada stávajícího podskružení v úseku km 42, 016 30 – 42, 092 70**

V této etapě prací byly prováděny následující činnosti:

- odstranění stávajícího dřevěného pažení
- dočasné vyklínování ocelového podskružení
- očištění ostění otryskáním
- osazení geodetických bodů
- hloubkové spárování zdiva
- odstranění stávajícího ocelového podskružení
- nové zajištění stability tunelové trouby přikotvenými sklolaminátovými sítěmi

#### **2.1.1. Postup prací , projektová změna**

Po odstranění stávajícího dřevěného pažení a po provedení dočasného zaklínování kolejnicových oblouků a očištění obezdívky otryskáním jsme provedli několik průzkumných vrtů v délkách 3,0 m , 5,5 m a 7,5 m o průměrech 32, 42 a 64 mm. Po provrtání zděného kamenného ostění docházelo k propadům vrtné tyče do kaveren o hloubce 0,3 až 0,8 m. Dále

bylo zjištěno, že skalní masiv za ostěním a za drenážní kamennou rovnaninou je značně rozrušený .

Na základě těchto zjištění bylo nutné změnit technologii provádění opravy. Původní projektem navrhované řešení zajištění stability tunelové trouby počítalo s tím , že sklolaminátové sítě budou kotveny sklolaminátovými kotevními tyčemi typu Rockbolt K 60 – 25 osazovanými do vrtů průměru 32 mm a lepenými ampulemi Lokset. Pro tento způsob kotvení však musí být vrt pro kotevní tyč v celé své délce proveden v pevném skalním masivu. .

Proto byly před zahájením vrtných a injekčních prací projednány a schváleny tyto změny :

- sklolaminátové kotevní tyče Rockbolt K 60 – 25 budou nahrazeny ocelovými injekčními zavrtávanými kotevními tyčemi typu R 25
- pro dosažení lepšího účinku vyztužování klenby tunelu budou sklolaminátové sítě Glasspre net o rozměru 2200 x 4000 mm s rozměrem ok 300 x 300 mm kladeny vždy s přesahem o 2,5 oka tj cca o 750 mm tak, aby kotevní tyče v krajích sítí byly vždy umístěny až za druhým krajním páskem sítě.
- výztužné sítě v jejich okrajových částech budou ještě doplněny přídatným sklolaminátovým profilem 40 x 5 mm tak , aby bylo vždy zajištěno kvalitní přichycení sítě k ostění pomocí plastové podložky kotevní tyče .

### **2.1.2. Popis provádění prací**

V první řadě se prováděla montáž výztužných sítí na ostění tunelu. Sítě byly před jejich definitivním přikotvením provizorně přichyceny k ostění pomocnými ocelovými svorníky délky 500 mm. Sítě byly kladeny na klenbu tunelu vždy delším rozměrem v podélném směru. Vrtání vrtů pro kotevní tyče bylo prováděno hydraulickou vrtací soupravou Morath osazenou na housnicovém minibagru Kobelco. Minibagr s vrtací soupravou byl umístěn na plošinovém vagónu, na tomto vagonu byla v podstatě umístěna celá potřebná technologie , tj. ostatní strojní zařízení a nářadí , zásoba potřebného materiálu a pracovní lešení. Vrty pro kotevní tyče byly vrtány vždy do středu pískovcového kvádrů. Po zavrtání injekčních zavrtávaných kotevních tyčí R 25 délky 3000 mm se provedlo utěsnění ústí vrtu plstí . Následně byl proveden krátký pomocný injekční boční vrt průměru 14 mm směřovaný z boku přímo do vrtu injekční zavrtávané tyče R 25 . Do pomocného injekčního vrtu byl

osazen mechanický jednoduchý pakr a čerpadlem DV 97 byla provedena zálivka ústí vrtu polyuretanovou pryskyřicí CarboPur WFA, spotřeba pryskyřice na zálivku cca 4 kg/vrt.



Vrtací souprava Morath na minibagru Kobelco umístěná na plošinovém vagonu



Vrtání injekčních zavrtávaných tyčí typu R 25

Po takovéto přípravě kotevní tyče byla pneumatickým injekčním čerpadlem S 35 PU provedena dvojfázová injektáž. V první fázi bylo nutné provést výplňovou injektáž volných prostor, pro kterou byla zvolena silně napěňující výplňová pěna WilkiFoam T, ve druhé fázi pak byla provedena injektáž polyuretanovou pryskyřicí CarboPur WFA. Spotřeba pryskyřice WilkiFoam T činila 60 – 75 kg/ kotvu a 16 – 20 kg pryskyřice CarboPur WFA. Po vytvrzení obou směsí byla klenba očištěna od zbytků pryskyřic a následně byla dokončena montáž výztužných sítí, na tyče R 25 byly osazeny plastové podložky a matice. Nutno ještě zmínit, že v několika místech, kde byla při vrtání vrtů pro kotevní tyče zjištěna za ostěním pevná hornina, byly pro kotvení použity původně projektované sklolaminátové tyče Rockbolt K 60-25 lepené ampulemi Loket.



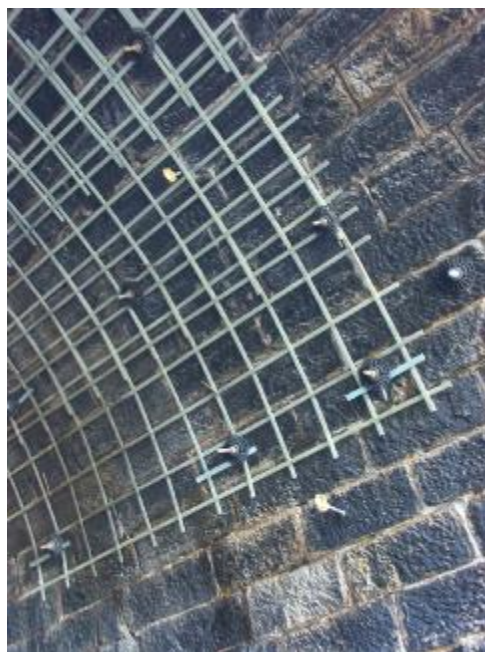
Montáž výztužných sítí



Přikotvené sítě před demontáží podsružení

## 2.2. Utěsnění průsaků vody a náhrada podsukružení v pasu výjezdového portálu

V druhé etapě prací byla provedena výměna podsukružení v celé délce pasu výjezdového portálu. Tento pas byl jediný, ve kterém docházelo k průsakům vody do tunelu, bylo zde nutné provést výplňovou injektáž volných prostor za ostěním a těsnicí injektáž. Provedením těchto injektáží se podařilo odstranit nežádoucí a nebezpečné průsaky vody do tunelu.



Výztužné sítě v klenbě po odstranění podsukružení

### 2.2.1. Popis provádění prací

Náhrada stávajícího podsukružení sklolaminátovými výztužnými sítěmi Glasspree net byla provedena shodným, výše popsaným způsobem.

Pro výplňovou injektáž volných prostor za ostěním byly využity průzkumné vrty, do nichž byly osazeny jednoduché mechanické pakry, injektáž byla provedena silně napěňující výplňovou pěnou WilkitFoam T pomocí pneumatického čerpadla S 35 PU. Celková spotřeba pěny WilkitFoam T v tomto portálovém pasu činila 1680 kg. Tím se minimalizovaly spotřeby pryskyřice CarboPur WFA pro utěsnění lokálních průsaků vody. Přímou v místech průsaků se navrtalo pomocí ručních elektrických kladiv celkem 60 injekčních vrtů průměru 14 mm, délky dle potřeby 300 – 800 mm. Do těchto vrtů byly osazeny jednoduché mechanické pakry různých délek a čerpadlem DV 97 se provedla těsnicí injektáž. Spotřeba pryskyřice CarboPur WFA činila 6,5 – 8,0 kg /vrt. Celkově bylo v pasu výjezdového portálu

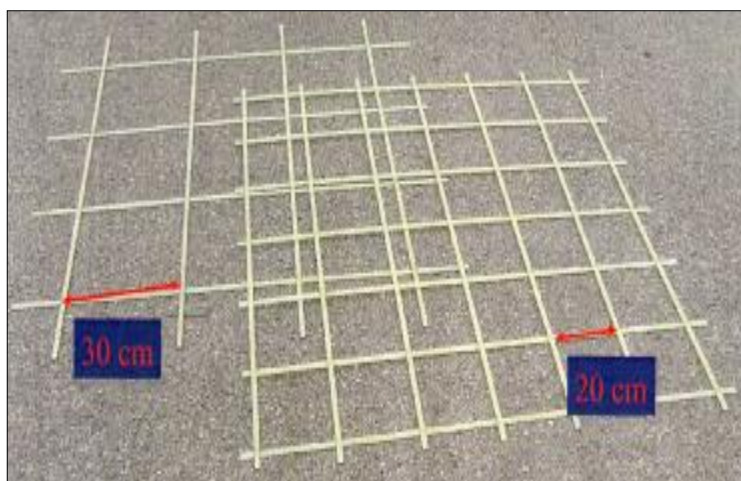


spotřebováno 480 kg pryskyřice . Na závěr se po vytvrzení injekčních směsí provedlo očištění ostění a zapravení vrtů rychletuhnoucí cementovou směsí.

### 3. Popis a technické parametry nově použitých materiálů:

#### Výztužné sklolaminátové sítě Glasspree net a Durglass net

Výztužné syntetické sítě Glasspree net a Durglass net jsou určeny pro dodatečné vyztužování stavebních konstrukcí a podzemních staveb. Sítě jsou tvořeny sklolaminátovými plochými profily volitelného rozměru a průřezové plochy, vyráběných ze skelných vláken o vysoké pevnosti navzájem spojovaných vinylesterovou respektive polyesterovou pryskyřicí.



Pro účely dlouhodobé jsou používány sítě s označením **Glasspree net** , u nichž jsou vlákna spojována vysoce odolnou vinylesterovou pryskyřicí. V Bohuslavickém tunelu byly použity sítě Glasspree net z plochého profilu 30x4 mm, rastr sítě 30x30 cm, síť o velikosti 2,2 x 4 m

Pevnost skelných vláken v tahu	1 000 MPa
Pevnost plochého profilu	120 kN
Hmotnost sítě o rozměru 2,2 x 4 m	18,5 kg

#### Sklolaminátové kotevní tyče typu Rockbolt K 60 – 25

kotevní tyče Rockbolt jsou vyrobené ze skelných vláken navzájem spojených polyesterovou, nebo epoxidovou pryskyřicí. Tyče vykazují výborné mechanické vlastnosti , mají vysokou odolnost vůči chemickým vlivům a nepodléhají korozi. jsou opatřeny po celé své délce průběžným závitem zvyšujícím spolupůsobení mezi kotevním tmelem a kotevní tyčí a současně umožňující nastavování nebo zkracování tyčí v libovolném místě, součástí kotevních tyčí jsou podložky a matice v provedení ocel nebo plast.



Sklolaminátové kotevní tyče typu Rockbolt

Vnější průměr tyče	25 mm
Celková průřezová plocha tyče	430 mm <sup>2</sup>
Únosnost na mezi pevnosti (tah)	> 350 kN
Střihová pevnost ( střih 90 <sup>0</sup> )	160 kN
Poměrné protažení na mezi pevnosti	2,5
pevnost spoje (kotevní malta)	10 MPa
pevnost spoje ( syntet. Pryskyřice )	13 MPa
hmotnost tyče	0,9 kg/m

#### 4. Získané poznatky a zkušenosti

- osvědčilo se umístění celé technologie a potřebných materiálů na plošinovém vagonu, při práci tak vznikaly minimální časové ztráty
- pro vrtání vrtů pro kotevní tyče a injektáže se nám velice osvědčila vrtací souprava Morath na minibagru Kobelco , kinematika stroje umožňuje velmi dobře vrtat i různě směřované vrty v klenbě tunelu
- vzhledem k tuhosti a nepoddajnosti sklolaminátových výztužných sítí bylo dobré pro prvotní přichycení sítí ke klenbě tunelu použít provizorní pomocné montážní svorníky , definitivní přikotvení sítí bylo prováděno až později po dokončení instalace kotevních tyčí R 25
- aby se předešlo případným deformacím ostění a pro zvýšení bezpečnosti práce byl oproti projektu změněn montážní postup, nejprve byla provedena montáž sítí a jejich definitivní přikotvení , teprve poté byla provedena demontáž stávajícího podskružení

- opětovně jsme se přesvědčili, že při sanacích letitých podzemních děl a zejména při provádění kotvení do horninového masivu za ostěním je prospěšné provést provozní vrtný doprůzkum a ověřit si tak skutečný stav masivu a proveditelnost projektovaného řešení
- je důležité , aby zhotovitelé a projektanti byli připraveni na rychlé změny řešení a použití více technologií, sanace tunelů ale i jiných podzemních liniových staveb jsou zpravidla prováděny v časově omezených výlukách , ve kterých nezbyvá příliš času na pomalé hledání jiného řešení
- při sanacích stavebních konstrukcí je v zájmu zajištění kvalitního provedení díla trvale potřebné , aby investoři a jiní zadavatelé sanačních prací tyto plánovali do období s příznivými klimatickými podmínkami tak, aby práce nemusely být prováděny při teplotách nižších než 5<sup>0</sup> C nebo dokonce při teplotách pod bodem mrazu, bohužel se u nás velmi často setkáváme s požadavky provádět takovéto sanace v zimním nebo velmi chladném podzimním či jarním období
- vývoj nových materiálů neustále pokračuje, v současné době by již neměl být velký problém nahradit původně projektované sklolaminátové kotevní tyče sklolaminátovými injekčními zavrtávanými tyčemi typu Spinmax , které představují novou generaci zavrtávacích injekčních sklolaminátových tyčí se zvýšenou odolností na krut a tahovou pevností. Tyče jsou určeny pro přímé zavrtávání do horniny s použitím ztracené vrtací korunky, vnější závit tyče odpovídá standardu R 32 dle EN ISO 1720. Tyče jsou určeny pro rotační vrtání do zemin a hornin do pevnosti maximálně 60 MPa. sou již dodávány

## **Závěr**

Závěrem je možné konstatovat, že se díky snaze hledat a najít smysluplné a spolehlivé řešení a rovněž díky slušné vzájemné komunikaci a spolupráci všech zúčastněných subjektů podařilo splnit úkol i při nutnosti postupně během realizace prací upravovat a měnit projektové řešení. Měřením konvergencí v opravovaných úsecích tunelu nebyly zjištěny žádné významné deformace , to zajisté potvrzuje , že zajištění stability ostění Bohuslavického tunelu se podařilo.