

## Bohuslavický tunel – zajištění ostění

Ing. Jaroslav Lacina, Ing. Jiří Matějčík, Amberg Engineering Brno, a.s.

*Tunel z roku 1868 na trati Jaroměř – Královec byl počátkem 70. let minulého století zajištěn podsružením z důvodu deformací klenby a vypadávání kamenů z ostění. Efektivním sanačním zásahem se podařilo dlouhodobě zajistit poškozené ostění tunelu ve třech dílčích etapách v celkové délce 107,5 m. Při sanaci byly použity metody spárování zdiva speciální maltou, chemické injektáže, kotvení kovovými a nekovovými svorníky a zajištění ostění nekovovými sítěmi.*

### Popis konstrukce

Stavba je situována mezi stanicemi Malé Svatoňovice (6 km) a Trutnov - Poříčí Tunel, jehož stavba byla dokončena v roce 1868, je dlouhý 187,5 m. Tunel je vyražen v celé své délce ve shodném prostředí permských sedimentů trutnovského souvrství. Konkrétně se jedná o rudohnědé až fialovo-hnědé, jemně až středně zrnité pískovce s karbonátovým nebo jílovitokarbonátovým tmelem. Vjezdový a výjezdový portál má zdivo kyklopské z pískovcového kamene. Tunelová trouba má zdivo klenby z pískovcových kvádrů (Častoňovický lom), zdivo tunelových opěr je z kvádrů a kopáků také z pískovce. Zdivo opěr je řádkové, místy kyklopské. V nepravidelných menších plochách jsou v opěrách výchozy skály. Tunelová trouba není stavebně rozdělena na tunelové pasy. Rozdělení na pasy je evidenční, celkem má tunel 19 pasů, s délkami 18x10 m + 7,5 m (výjezdový portál).



Obr. 1 Stav tunelu před sanací – podsružení

## **Předchozí stavební zásahy**

Sanační úpravy a rozsáhlejší opravy byly vykonány v letech 1874, 1926 a 1973. Tunel byl totiž zčásti bez obezdívky; postupné zvětrávání pískovce bylo příčinou provádění dodatečné obezdívky v některých pasech Nejvýznamnějším stavebním zásahem bylo podskružení z roku 1973, které bylo provedeno z důvodů nevyhovujícího až kritického stavu obezdívky. Při této úpravě bylo provedeno podskružení tunelu ocelovými rámy (kolejnicemi typu A) a zapažení obezdívky dřevěnými pažinami s vyklínováním. Celkem takto bylo zajištěno 57 % délky tunelu. V klenbě bylo provedeno příložné pažení v 100 % plochy, v opěrách pak v cca 50 % plochy (mezerovité pažení). V dalších částech bez podskružení byly evidovány stavební poruchy ve stavu některých kvádrů a zejména spárování obezdívky.

## **Navržená sanace**

V rámci přípravy podskružení v roce 1973 bylo konstatováno, že stav obezdívky v dotčeném úseku je havarijní – vypadané spárování, deformace klenby, vyjíždění kamenů obezdívky. Jelikož byla celá oblast zakryta příložným pažením a nebyly k dispozici výluky pro jakékoliv průzkumné práce, nebylo možno vizuálně posoudit aktuální stav ostění před zahájením sanačních prací. Sanace byla navržena rovněž s ohledem na požadavek provádění prací po etapách v kratších výlukách. Sanační práce byly navrženy v dílčích krocích:

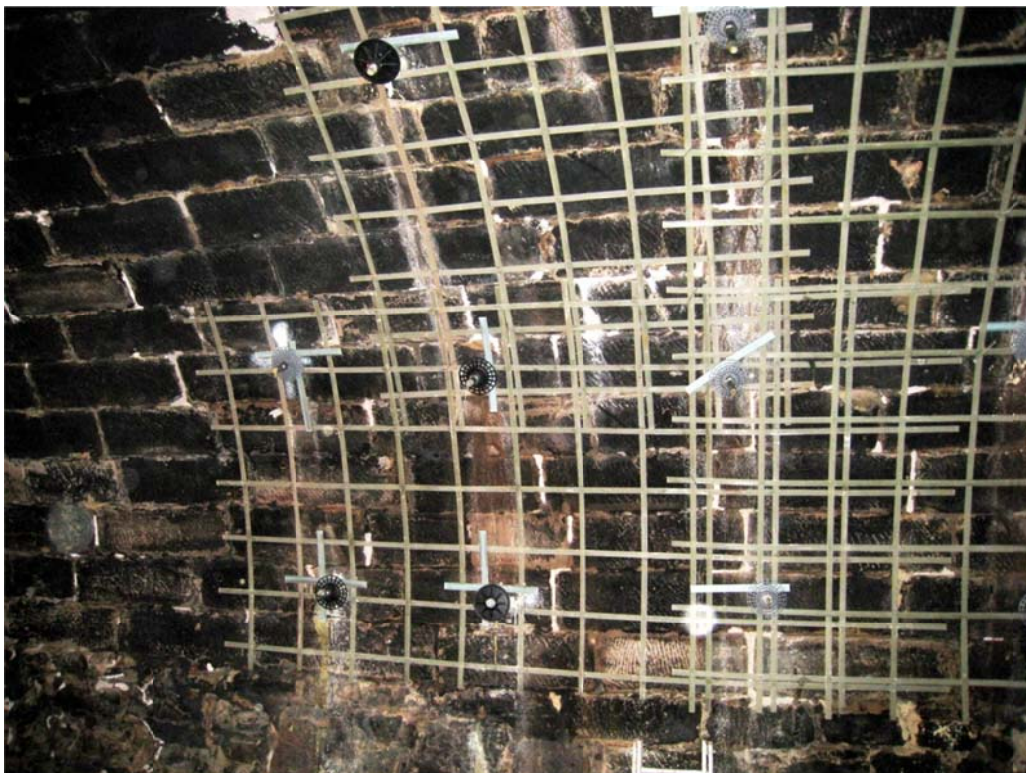
- postupné odstranění příložného pažení. Skruže bylo navrženo ponechat co nejdelší dobu z důvodu zajištění stability poškozené klenby, po dobu nutnou bylo navrženo jejich provizorní vyklínování
- očištění obezdívky otryskáním. Stávající povrch ostění byl zanesen zplodinami z provozu parních a zejména dieselových motorů. Tyto saze výrazně ovlivňují degradaci obezdívky a spárování. Po odstranění původní výdřevy a osazení podpůrných hranolů byl povrch ostění očištěn otryskáním (tlakovou vodou nebo pískováním).
- osazení geodetických bodů. Na základě vizuálního zhodnocení stavu ostění byly vybrány kritické profily pro konvergenční měření, které stále probíhá. Jsou měřeny horizontální a vertikální posuny měřících bodů se zaměřením postavení totální stanice, tedy je prováděno relativní měření v absolutních souřadnicích. Nulté měření (nulové čtení) bylo provedeno ihned po osazení měřících bodů, před započítím jakýchkoliv prací, které by mohly ovlivnit stav klenby (vrtání, apod.). První měření bylo provedeno po odstranění skruží. Četnost dalších měření byla určena na základě výsledků prvních dvou měření. V současnosti probíhá měření kvartálně.
- hloubkové spárování zdiva. Výběr spárovací hmoty probíhal s ohledem na požadované vlastnosti této hmoty - spárovací hmota musí být mrazuvzdorná, musí mít objemovou roztažnost (z důvodu kvalitního vyplnění spar), nesmí být zcela vodonepropustná, jinak by docházelo ke zvýšené degradaci pískovce kolem spar, nesmí mít vyšší pevnost než kámen obezdívky. Z uvedených požadavků vyplynula po konzultacích a technické pomoci Akademie věd ČR, institutu teoretické a aplikované mechaniky, výsledná receptura této malty. Byla použita pojivová směs na bázi směsného hydraulického vápna VAPO. Jako plnivo byl použit čistý křemičitý písek. Tento typ pojiva nahrazuje původní receptury, používané v době výstavby. Pro svoje vlastnosti se používá při sanacích památkových objektů. V tunelu bylo spárováno cca 30 % celkové plochy sanovaných úseků. Zajištěním spár bylo odstraněno nebezpečí vypadávání uvolněných kamenů obezdívky při statickém zajištění klenby v dalším kroku
- postupné odstranění skruží za současného zajištění stability klenby. Zajištění bylo provedeno zavrtávanými svorníky IBO, injektovanými dvousložkovou polyuretanovou pryskyřicí Jako alternativní řešení v místech, kde byla při vrtání zjištěna zdravá

pevná hornina za ostěním byly použity sklolaminátové svorníky RockBolt K 60-25 délky 3 m, upínané do horniny lepením pomocí lepicích ampulí LOKSET. Pro zajištění celkové stability obezdívky byly osazeny speciální síť GlassPree 300x300 mm (z plochých profilů 30x4 mm), vyráběných ze skelných vláken o pevnosti 1000 MPa, lepených vzájemně pomocí vinylesterové pryskyřice.

- v portálovém pasu bylo provedeno těsnění klenby proti průsakům vody rubovou dvoustupňovou injektáží. V první fázi byla provedena výplňová injektáž napěňující hmotou WilkitFoam, tato injektáž minimalizuje spotřeby materiálu pro injektáž těsnící. Ve druhé fázi pak byla vytvořena těsnící clona z injektážní hmoty CarboPur.

### Poznatky z realizace

Z důvodu nepřístupnosti povrchu ostění před zahájením sanačních prací byl rozsah jednotlivých technologických kroků, popsaných v projektové dokumentaci, určován na stavbě při postupném odstraňování pažení. Proto byl při sanaci prováděn trvalý dozor projektanta. Při zahájení kotevních prací byly vyzkoušeny lepené svorníky. S ohledem na nízkou pevnost a rozpukanost masivu bylo však nutno dále používat svorníky kotvené injektáží. Jejich délky rovněž určoval projektant ve spolupráci s technikem realizační firmy. Minimální délka dle projektu – 3m – byla použita jen v pevných pískovcích bez větších puklin. Místy však bylo nutno provést svorníky délky až 9 m v místech, kde díky rozpukanosti skalního masivu docházelo k propadu vrtného náradí. Zajištění povrchu ostění sklolaminátovými sítěmi bylo použito jen v místech s deformací klenby nebo s vysunutými kameny ostění, převážně v místech s chybějícím spárováním. Naštěstí stav klenby nevyžadoval žádná speciální opatření k dočasnému zajištění stability během provádění prací.



Obr. 2 Pohled na zajištěné ostění

## Závěr

Tato poněkud netradiční forma realizace ukázala, že stálý dozor projektanta na stavbě může přinést úspory v nákladech stavby tím, že se rozsah sanačních zásahů určuje podle skutečnosti. Tento model je vhodný především u technologicky náročných sanací, kde je obtížné projektem přesně stanovit výkazy jednotlivých položek sanace. Vyžaduje to však zkušenosti jak na straně dozorujícího projektanta, tak i na straně realizační firmy. Především je nutná jistá míra odvahy a důvěry ze strany investora. V uvedeném případě se podařilo ve třech etapách z provozních prostředků správce trati zajistit trvale ostění tunelu za poměrně nízkých nákladů tak, že nedošlo ke zmenšení průjezdného profilu tunelu. Takto provedená sanace umožní následné opravy a rekonstrukce trati i v budoucnosti.



Obr. 3 Výjezdový portál po dokončení sanace