

REALIZACE PODPĚRNÉ KONSTRUKCE OSTĚNÍ V OBTÍŽNÝCH PODMÍNKÁCH HISTORICKÉHO ŽELEZNIČNÍHO TUNELU QUEENSBURY VE VELKÉ BRITÁNII

IMPLEMENTATION OF SUPPORTING STRUCTURE IN DIFFICULT CONDITIONS OF THE HISTORICAL QUEENSBURY RAIL TUNNEL IN GREAT BRITAIN

ADAM JANIČEK, MARTIN THOMPSON

ABSTRAKT

Rekonstrukce tunelových staveb patří mezi běžné činnosti stavební praxe. V mnoha případech se jedná o léty prověřené postupy spočívající v provádění dodatečných hydroizolací, zastavování lokálních nebo plošných průsaků vody, či zajištění stability ostění. Každý rekonstruovaný tunel vyžaduje při řešení těchto problémů individuální přístup. Ten je často uplatňován s využitím neobvyklých postupů vycházejících z technologií používaných v jiných oblastech stavební nebo důlní činnosti. Jedním z takových případů je představený projekt zajištění stability ostění v místě vyústění větrací šachty v tunelu Queensbury ve Velké Británii.

ABSTRACT

Reconstruction of tunnel structures is a common practice in construction. In many cases, these are years-old practices of carrying out additional waterproofing, stopping local or areal water leaks or ensuring the stability of the lining. Each reconstructed tunnel requires an individual approach in dealing with these problems. This is often applied by using unusual procedures based on technologies used in other areas of construction or mining. One such case is the project presented to ensure the stability of the lining at the vent mouth of the Queensbury Tunnel in the UK.

ÚVOD

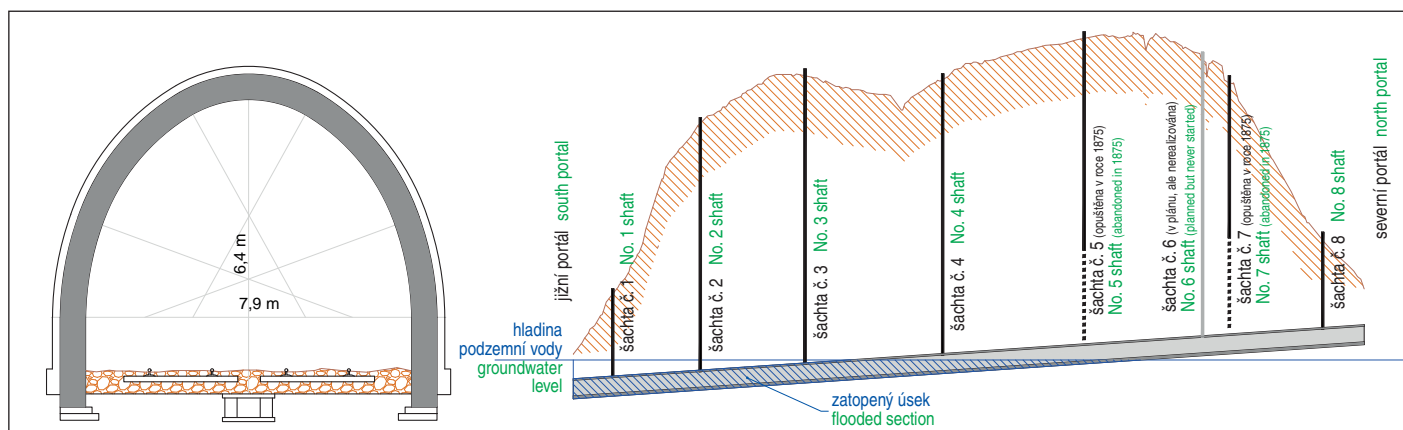
Železniční tunel Queensbury v západním Yorkshiru v Anglii, dnes již nepoužívaný, byl vystavěn společností Great Northern Railway (GNR) v letech 1874 až 1878. Ve své době byl se svojí délkou 2287 m nejdelším, který společnost realizovala. Klasicky ražený tunel s cihelnou obzdvívkou má světlou výšku 6,4 m a šířku 7,9 m (obr. 1). Průměrná výška nadloží činí 135 m. Vzhledem ke své značné délce je tunel opatřen sedmi vertikálními větracími šachtami. Oficiálně byl železniční provoz v tunelu ukončen v roce 1956, o sedm let později došlo ke snesení železničního svršku.

Kvůli minimální údržbě tunelu po jeho vyřazení z dopravní cesty, a rovněž kvůli souběhu více negativních vlivů, kterými jsou například vysoká hladina podzemní vody a časté částečné zatopení sekcí tunelu, se stav zděného ostění a jeho stabilita postupně zhoršovaly. V posledních dekádách zde bylo zaznamenáno několik lokálních

INTRODUCTION

The Queensbury railway tunnel in West Yorkshire, England, no longer in use today, was built by the Great Northern Railway (GNR) between 1874 and 1878. At the time, at 2.287m in length, it was the longest ever built by the company. The classic brick-walled tunnel has a clear height of 6.4m and a width of 7.9m (Fig. 1). The average height of the overburden is 135m. Due to its considerable length, the tunnel is fitted with 7 vertical ventilation shafts. Officially, the railway operation in the tunnel was terminated in 1956, seven years later the railway superstructure was dismantled.

Due to the minimal maintenance of the tunnel after its removal from the service, as well as the concurrence of more negative effects such as high groundwater levels and frequent partial flooding of sections of the tunnel, the condition of the masonry lining and its stability gradually deteriorated. In recent decades, there have been



Obr. 1 Příčný a podélný řez tunelem Queensbury
Fig. 1 Cross and longitudinal section of Queensbury tunnel

zdroj: Queensbury Tunnel Report 2016 source: Queensbury Tunnel Report 2016

kolapsů ostění, které vyžadovaly odbornou sanaci. Ta spočívala v opravě cihelné obezdívky, instalaci horninových svorníků, nebo výstavbě podpěrných ráků. V posledních deseti letech došlo v několika úsecích tunelu k dalším významnějším kolapsům a tunel se stal neprůchodným (obr. 2). Tyto havárie vedly majitele objektu k razantnějším a komplexnějším opravám, které byly zahájeny v období let 2018–2019.

Přes veškeré komplikace spojené se stavem tohoto objektu existuje dlouhodobý zájem různých organizací na opětovné zprovoznění tunelu. Nově by se v rámci turisticky atraktivní oblasti měl stát součástí cyklostezky spojující Bradford a Halifax. Ať už bude budoucí účel tohoto historického tunelu jakýkoliv, je primárně nezbytné zajistit minimálně dočasnou stabilitu a bezpečnost tohoto podzemního díla.

Tunel je aktuálně v majetku ministerstva dopravy Spojeného království Velké Británie a Severního Irsku a je spravován organizací Highways England's Historical Railways Estate (HRE). V září 2019 byl Queensbury tunel zařazen do seznamu 10 nejohroženějších staveb v Anglii a Walesu.

STABILIZAČNÍ OPATŘENÍ

Nejvíce kritická místa s ohledem na jeho stabilitu jsou v blízkosti napojení vertikálních větracích šachet na ostění v klenbě a v sekcích, kde je tunel dlouhodobě zatopen. K zatopení tunelu v určitých úsecích dochází po sezónních deštích a je následkem neodborných zásahů do krajiny (vyplnění drenážních zářezů a podobně). Celková délka dlouhodobě zatopeného úseku dosahuje téměř třetiny délky tunelu, sezónnímu zatopení podléhá až jeho polovina (obr. 1).

Sanační práce započala společnost AmcoGiffen v roce 2018 u severního portálu, přičemž v té době byl kvůli zaplavení vodou jižní portál tunelu zcela nepřístupný. V detekovaných oblastech s kriticky ohroženou stabilitou ostění byly použity podpěrné výztuže tunelu systému RamArch a v místech napojení vertikálních šachet pak byla nutná kombinace podpěrného systému RamArch a stříkaného betonu. Cihelné ostění bylo ve stavu, kdy jeho sanace nebo pokus o výměnu za nové představovaly nepřiměřené riziko.

RamArch je systém podpory ostění tunelu (obr. 3) vyvinutý britskou společností Innovative Support Systems pro správce železniční cesty Network Rail. Skládá se z panelů z předem vytvarované a galvanizované chráněné ocelové sítě, které jsou sešroubovány tak, aby vytvořily rám ve tvaru oblouku. Tento rám je pak pomocí kotev instalován a propojen se stávajícím ostěním tunelu. Během instalace je nejprve rám volně vestavěn do profilu tunelu a mechanicky rozepnut tak, aby byl docílen co nejlepší kontakt mezi rámem, resp. panely a ostěním, a teprve následně je ukotven. RamArch může sloužit jako dočasná podpěrná výztuž, nebo v kombinaci se stříkaným betonem jako podpěrná výztuž trvalá.

Popsané řešení – kombinaci vestavěných podpěrných ráků RamArch a stříkaného betonu – nebylo možné použít v místě zaústění šachty č. 3. Šachta se totiž nachází v úseku tunelu, který je dlouhodobě zaplaven. Výška hladiny vody se podle aktuálních povětrnostních podmínek pohybovala mezi 3 a 4 m nad počvou tunelu. Navzdory této překážce bylo nezbytné ostění dočasně podepřít ve velké ploše a zabránit hrozícímu kolapsu. Toho bylo dosaženo díky využití speciálních gabionových košů vyplňovaných pomocí technologie Minova – Long Distance Injection Technology (dále jen LDIT).

several local collapses of the lining, which required professional remediation. This consisted of repairing the brick lining, installing rock bolts or constructing supporting frames. In last ten years, several more significant collapses have occurred in several sections of the tunnel and the tunnel has become impassable (Fig. 2). These collapses have led the owner of the construction to more vigorous and comprehensive repairs, which started in the period 2018–2019.

Despite all the complications involved in the condition of this construction, there is a long-standing interest from various organisations in getting the tunnel back in service. It is now to become part of a cycle path linking Bradford and Halifax within the tourist attractive area. Whatever the future purpose of this historic tunnel, it is primarily necessary to ensure at least temporary stability and safety of this underground work.

The tunnel is currently owned by the Department of Transport of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland and is managed by Highways England's Historical Railways Estate (HRE). In September 2019, the Queensbury tunnel was included in the list of 10 most endangered structures in England and Wales.

STABILIZATION MEASURES

The most critical points regarding its stability are in the vicinity of the connection of vertical ventilation shafts to the lining in the vault and in sections where the tunnel is flooded for a long time. The flooding of the tunnel in certain sections occurs after seasonal rains and is the result of unprofessional interventions in the landscape (filling of drainage ditches and the like). The total length of the long-term flooded section is almost a third of the length of the tunnel, up to half of it is subject to seasonal flooding (Fig. 1).

Remediation work started by AmcoGiffen in 2018 at the northern portal, at which time the southern portal of the tunnel was completely inaccessible due to water flooding. In detected areas with critically compromised lining stability, the RamArch system's tunnel support reinforcement was used and in the vertical shaft connections a combination of the RamArch support system and sprayed concrete was required. The brickwork was in a state where its remediation or an attempt to replace with new ones posed a disproportionate risk.

RamArch is a tunnel lining support system (Fig. 3) developed by the British company Innovative Support Systems for Network Rail. It consists of panels of pre-formed and galvanised steel mesh, which are screwed together to form an arch-shaped frame. This frame is



Obr. 2 Kolaps tunelového ostění v místě větrací šachty
Fig. 2 Collapse of the tunnel lining in ventilation shaft mouth

zdroj: ForgottenRelics source: ForgottenRelics

LDIT – LONG DISTANCE INJECTION TECHNOLOGY

Principem zvoleného řešení bylo vytvoření dočasné, na místě vytvořené podpěrné konstrukce připomínající gabionové koše. Podpěrná konstrukce musela být dostatečně únosná, schopna svým tvarem co nejpřesněji vyplnit profil tunelu v potřebné délce v blízkosti šachty č. 3 a rozebíratelná pro možnost následných sanačních prací. Problematický úsek se nacházel cca 500 m od nejbližšího trvale suchého úseku tunelu. Z toho vyplýval nutný a atypický požadavek na technické řešení – způsob dopravy podpěrné konstrukce plavením a její instalace pod hladinou vody o teplotě 8–10 °C.

V úzké spolupráci se společností AmcoGiffen a správcem tunelu byl společností Minova zpracován návrh řešení a následně provedena i samotná realizace, využívající technologii

LDIT. Principem přijatého řešení bylo použití klasických gabionových košů rozměru 0,6 × 1,0 × 1,0 m až 1,0 × 1,0 × 1,0 m, do kterých byly upevněny pomocí vázacích ok výplňové vaky typu ADIPOL s plnicím a odvětrávacím ventilem. Každý gabionový koš s vakem byl na prámu po hladině zatopeného úseku dopraven a uložen na předem stanovené místo. Pro uložení košů s vakem bylo použito týmu školených potápěčů. Kromě usazení košů pod hladinou vody v tunelu zajistil potápěčský tým i napojení plnicí hadice na ventily, kontrolu plnění vaků a přepojování hadice mezi jednotlivými ventily (vaky). Aby bylo navrhované řešení vůbec proveditelné, byla páteří návrhu technologie LDIT, která jako jediná dovolila dopravu a začerpávání výplňové směsi v daných podmínkách, které rozhodně nešlo označit za snadné.

LDIT – technologie čerpání dvoukomponentních injekčních směsí na dlouhé vzdálenosti – je známá především z uhlénohorního a rudného hornictví. V principu se jedná o použití velkokapacitního čerpadla strategicky umístěného na dobývacím patře, případně na povrchu dolu (u dolů s nízkým nadložím). V blízkosti čerpadla jsou situovány velkoobjemové zásobníky injekčních složek a z čerpadla



Obr. 3 Podpěrná konstrukce RamArch ostění tunelu
Fig. 3 Tunnel lining support structure RamArch

zdroj: archiv AmcoGiffen source: AmcoGiffen archive

then installed by means of anchors and connected to the existing tunnel lining. During the installation, the frame is first loosely built into the tunnel profile and mechanically expanded to achieve the best possible contact between the frame or panels and the lining, before being anchored. RamArch can serve as a temporary support reinforcement or, in combination with sprayed concrete, as a permanent support reinforcement.

The described solution – a combination of built-in RamArch support frames and sprayed concrete – could not be used at the mouth of shaft 3. The shaft is located in a section of the tunnel that is flooded for a long time. The water level was between 3 and 4m above the tunnel floor, depending on the current weather conditions. Despite this obstacle, it was necessary to temporarily support the lining in a large area and prevent the impending collapse. This was achieved thanks to the use of special gabion baskets filled with Minova Long Distance Injection Technology (furthermore as LDIT).

LDIT – LONG DISTANCE INJECTION TECHNOLOGY

The principle of the chosen solution was the creation of a temporary, locally erected, supporting structure resembling gabion baskets. The supporting structure had to be sufficiently bearable, able to fill the tunnel profile as accurately as possible with its shape in the required length near shaft No. 3 and disassemblable for the possibility of subsequent remediation works. The problematic section was located about 500 m from the nearest permanently dry section of the tunnel. This resulted in a necessary and atypical requirement for a technical solution – a method of transport of the supporting structure by floating and its installation under water at a temperature of 8–10°C.

In close cooperation with AmcoGiffen and the tunnel caretaker, the design of the solution was elaborated by Minova and then the actual implementation, using LDIT technology, was carried out. The principle of the adopted solution was the use of classic gabion baskets of dimensions 0.6 × 1.0 × 1.0m to 1.0 × 1.0 × 1.0m, into which ADIPOL filling bags with filling and venting valves were fixed by means of binding straps. Each gabion basket with a bag was transported on the raft along the flooded section and stored in a predetermined place. A team of trained divers was used to place the baskets with the bag. In addition to settling the baskets under



zdroj: archiv AmcoGiffen source: AmcoGiffen archive

Obr. 4 Čerpací centrum LDIT v tunelu Queensbury
Fig. 4 LDIT pumping station in Queensbury tunnel

jsou vedeny rozvody pro injekční směs do jednotlivých pracovních úseků (obr. 4). Maximální délka dopravní cesty může být až 3 000 m, běžně se pohybuje mezi 1 000 a 1 500 metry. Injekční komponenty A a B jsou dopravovány v samostatných hadicových tazích až na místo použití a tam jsou teprve aktivovány ve směšovací pistolí. Dvoukomponentní směs nepotřebuje zvláštní přípravu a proces vytvrzení je zahájen po smíchání komponent v objemovém poměru 1:1. Typickou aplikací LDIT jsou opakující se nebo dlouhodobě prováděné kotevní práce, anebo zpevňující injektáže na více pracovních úsecích, kdy je nevýhodné transportovat pro každý úsek zvlášť injekční směs a čerpadlo. Naopak je snazší pouze zkracovat nebo prodlužovat přírodní hadice, případně měnit jejich směrové uložení podle aktuální potřeby. Hadice komponent jsou stále naplněny, takže je injekční směs ihned k dispozici, a to v přesně požadovaném objemu.

V případě tunelu Queensbury byl pracovní úsek jen jeden, nicméně bylo nutné vytvořit relativně masivní podpěrnou konstrukci s využitím velkého objemu výplňové hmoty. Především však byla příprava injekčního materiálu a pozice plnicího čerpadla dostupná ve významně velké vzdálenosti od místa samotné aplikace.

V předmětném úseku byl nejprve instalován 500 m dlouhý osvětlený plovoucí pontonový chodník, který umožňoval pracovníkům přecházet od okraje zatopeného úseku až k místu sanace (obr. 5). Ponton chodníku měl malý výtlak a jeho nosnost se omezila pouze pro pohyb osob. Veškeré vybavení pro práci, zahrnující např. tlakové lahve pro potápěče, injekční a montážní příslušenství, ale především zkompletované výztužné gabionové koše, bylo na místo instalace plaveno na prámech. Vedení dopravních hadic injekční směsi bylo zavěšeno na konzolových držácích přikotvených na ostění tunelu.

Jednotlivé gabionové koše byly manuálně montovány mimo zatopený úsek z pozinkovaných sítí s velikostí ok 50 × 50 mm a drátu tloušťky 10 mm. Do každého ze 78 gabionových košů (již dříve

the surface of the water in the tunnel, the diving team ensured the connection of the filling hose to the valves, the control of filling the bags and the transfer of the hose between the individual valves (bags). To make the proposed solution even feasible, the LDIT technology was backbone of the design, being the only one that allowed the transport and filling mixture to be pumped in given conditions, which certainly could not be described as easy.

LDIT – the technology of pumping two-component injection mixtures over long distances – is known mainly from coal and ore mining. In principle, it involves the use of a large-capacity pump strategically located on the mining floor or on the surface of the mine (in the case of mines with a low overburden). Large-volume reservoirs of injection components are situated near the pump and distribution lines for the injection mixture are routed from the pump to the individual work sections (Fig. 4). The maximum length of the transport journey can be up to 3 000m, normally between 1 000 and 1 500m. Injection components A and B are transported in separate hose lines to the place of use, where they are only activated in a mixing gun. The two-component mixture does not need special preparation and the hardening process is started after mixing the components in a volume ratio of 1:1. Typical applications of LDIT are repetitive or long-term anchoring works, or strengthening injections on multiple work sections, where it is disadvantageous to transport the injection mixture and pump separately for each section. Conversely, it is easier just to shorten or lengthen the feeding hoses, or to change their directional positioning according to the actual need. The feeding hoses are still filled, so the injection mixture is immediately available, in the exact required volume.

In the case of the Queensbury Tunnel, there was only one working section, however, it was necessary to create a relatively massive supporting structure, using a large volume of filling material. Above all, however, the preparation of the injection material and the position



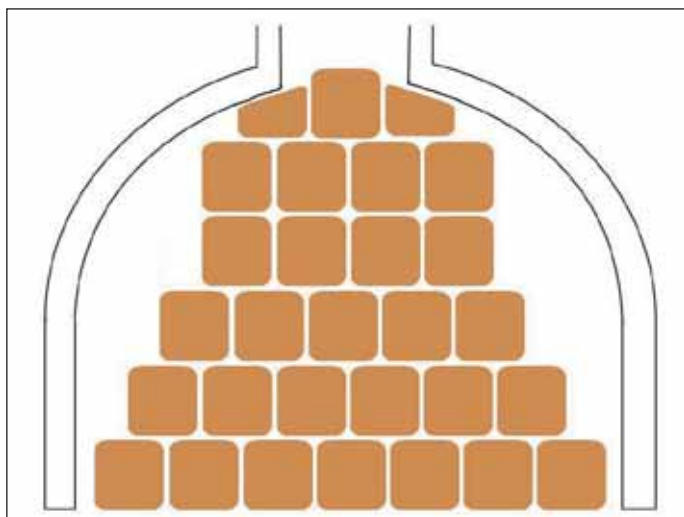
zdroj: archiv AmcoGiffen source: AmcoGiffen archive

Obr. 5 Pontonový chodník v tunelu Queensbury
Fig. 5 Pontoon walkway in Queensbury tunnel



zdroj: archiv AmcoGiffen source: AmcoGiffen archive

Obr. 6 Gabionový koš s instalovaným vakem
Fig. 6 Gabion basket with installed filling bag



zdroj: archiv AmcoGiffen source: AmcoGiffen archive

Obr. 7 Schéma podpůrné konstrukce
Fig. 7 Support structure scheme

uvedených rozměrů $0,6 \times 1,0 \times 1,0$ m a $1,0 \times 1,0 \times 1,0$ m) byl umístěn plnicí vak ADIPOL odpovídajícího rozměru (obr. 6). Vaky měly pozitivní rozměrovou toleranci (větší než objem samotného koše), a to za účelem zcela vyplnit prostor výztužného koše při uvažování hydrostatického tlaku vody. Vaky byly ušité z nepropustné tkaniny a osazené plnicím a odvěšovací ventil s bezpečnostním uzávěrem proti úniku injekčního média. Po transportu gabionového koše opatřeného vakem (hmotnost koše s instalovaným vakem činila 40–70 kg) byl koš spuštěn z prámu a ponořen postupným plněním vodou na místo určení. Jeho pozice byla vizuálně kontrolována potápěčem. Tak byly postupně usazeny všechny koše tvořící základnu, resp. jednotlivá patra podpůrné konstrukce. Koše byly navzájem spojeny kovovými pozinkovanými svorkami.

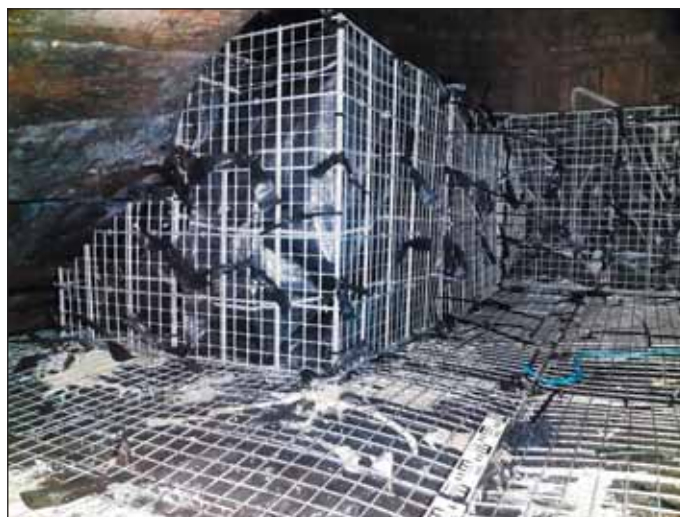
Dalším krokem bylo postupné vyplňování vaků. Potápěč spojil plnicí hadici se závitovým plnicím ventilem každého vaku. LDIT čerpadlo bylo ovládáno z konce pontonového chodníku, a to otevřením, resp. zavřením kohoutů na aplikační pistolí. Díky poklesu, resp. nárůstu tlaku v dálkovém rozvodu hadic, bylo čerpadlo spuštěno, resp. zastaveno. Po naplnění každého vaku na 95 % jeho kalkulované kapacity přepojil potápěč hadici na ventil dalšího vaku a proces se opakoval. Po vyplnění všech vaků v koších tvořících základnu se stejným postupem vytvořila další vrstva. Každá z navazujících vrstev byla půdorysně menší, čímž se postupně vytvořila konstrukce podpůrné pyramidy (obr. 7).

Celkový počet instalovaných vrstev byl šest, základna podpůrné konstrukce v místě šachty měla rozměr $7,2 \times 7,5$ m. V rámci páté a šesté vrstvy pak byly použity tvarově upravené koše pro zajištění optimálního kontaktu konstrukce s ostěním tunelu (obr. 8). Šestá vrstva košů pak byla doplněna volně uloženými vaky ADIPOL pro zajištění maximálního kontaktu kontury vyústění šachty v ostění s vytvořenou konstrukcí.

Pro vyplnění instalovaných vaků byla použita vysokopevnostní silikátová dvoukomponentní pryskyřice řady Geoflex s prodlouženou dobou reakce. Speciální receptura běžně používaného injekčního materiálu musela zohlednit vlivy chladné vody (cca $8\text{ }^{\circ}\text{C}$) zpomalující počátek reakce tuhnutí a vzdálenosti více než 500 m při dopravě komponent tunelem s nízkou teplotou.

ZÁVĚR

Sanační práce společnosti AmcoGiffen v tunelu Queensbury obsáhly v letech 2018 až 2021 více než 78 000 pracovních hodin. Zahrnovaly rovněž instalaci rozsáhlého větrání více než 1 500 m tunelu postačujícího k tomu, aby bylo možné provádět bez rizika



zdroj: archiv AmcoGiffen source: AmcoGiffen archive

Obr. 8 Detail instalace košů v ústí větrací šachty
Fig. 8 Detail of basket installation at ventilation shaft mouth

of the filling pump were only available at a significant distance from the application site itself.

In the section of interest, a 500m long illuminated floating pontoon walkway was first installed, allowing workers to walk from the edge of the flooded section to the site of the remediation (Fig. 5). The pontoon of the walkway had a small displacement and its carrying capacity was limited to the movement of persons only. All equipment for the work, including e.g. pressure cylinders for divers, injection and assembly accessories, but especially the assembled gabion reinforcement baskets, was floated to the installation site on rafts. The lines of the transport hoses of the injection mixture were suspended from brackets anchored to the tunnel lining.

Individual gabion baskets were manually assembled outside the flooded section from galvanized nets with a mesh size of 50×50 mm and a wire thickness of 10mm. In each of the 78 gabion baskets (previously mentioned dimensions of $0,6 \times 1,0 \times 1,0$ m and $1,0 \times 1,0 \times 1,0$ m) the ADIPOL filling bag corresponding to the dimension was placed (Fig. 6). The bags had a positive dimensional tolerance (larger than the volume of the basket itself) in order to completely fill the space of the reinforcement basket when considering the hydrostatic water pressure. The bags were sewn from impermeable fabric and fitted with a filling and venting valve with a safety cap against leakage of injection medium. After transporting the gabion basket fitted with the bag (weight of the basket with the bag installed 40–70kg) the basket was lowered from the raft and immersed by a gradual filling of water to its position. Its position was visually checked by a diver. In such manner all baskets forming the base or individual floors of the support structure were gradually installed. The baskets were connected to each other by metal galvanized clamps.

The next step was the gradual filling of the bags. The diver connected the filling hose to the threaded filling valve of each bag. The LDIT pump was controlled from the end of the pontoon walkway by opening or closing the taps on the application gun. Due to the decrease or increase of pressure in the long distribution hoses, the pump was started or stopped. After filling each bag to 95% of its calculated capacity, the diver switched the hose to the valve of the next bag and the process was repeated. After filling all the bags forming the base, another layer was created by the same process. Each of the successive layers was smaller in size, which gradually created the structure of the supporting pyramid (Fig. 7).

The total number of layers installed was six, the base of the support structure at the shaft site was $7,2 \times 7,5$ m. Within the fifth and sixth layer, shaped baskets were used to ensure optimal contact of the structure with the tunnel lining (Fig. 8). The sixth layer of

stříkaný beton, ale především stabilizaci více než 300 bm ostění tunelu potenciálně ohroženého kolapsem. Provedení těchto prací, tj. vytvoření podpůrné konstrukce v místě šachty, trvalo 13 týdnů.

Kromě běžnější technologie osazení podpěrných rámu a aplikace stříkaného betonu prosadila AmcoGiffen s podporou společnosti Minova unikátní technické řešení dočasného podepření ostění tunelu pomocí košů s výplňovými vaky. Pro jejich usazení bylo nutné nejen nasazení specializovaných potápěčských posádek, ale i specificky navrhnout a vytvořit chemickou pryskyřici, optimalizovanou pro dané použití. Pro aplikaci této hmoty byl využitý dopravní systém Minova LDIT, nasazený ve Spojeném království vůbec poprvé.

O finálním využití tunelu se stále jedná a definitivní rozhodnutí v době psaní článku nepadlo. Nicméně popsání řešení pomohlo stabilizovat problematické místo a v budoucnu, kdy bude znovu obnoven vnější drenážní systém a tunel bude odvodněn, může být konstrukce rozebrána a odstraněna. Vytvrzená pryskyřice nepředstavuje ekologickou zátěž a může být buďto deponována nebo recyklována pro výplňové účely. Již v průběhu roku 2023 došlo k poklesu vodní hladiny v tunelu na úroveň, kdy byla celá konstrukce obnažena a bylo možné neplánovaně ověřit její celistvost a celkový stav (obr. 9).

Projekt byl proveden zcela v rámci legislativních nařízení platných ve Velké Británii o práci ve stísněných prostorech se středním rizikem, přičemž všichni operátoři pracovali neustále v ochranných maskách s filtrací vdechovaného vzduchu. Veškeré tyto práce navíc probíhaly za přísných omezení spojených s epidemií Covid-19, které již tak komplikované práce dále organizačně ztěžovaly.

Ing. ADAM JANÍČEK,

adam.janicek@minovaglobal.com, Minova International,

MARTIN THOMPSON,

Martin.Thompson@amcogiffen.co.uk, AmcoGiffen

Recenzoval *Reviewed: Ing. Petr Hybský*

baskets was then supplemented with loosely stored ADIPOL bags to ensure maximum contact of the shaft opening in the lining with the created structure.

The high-strength silicate two-component resin of the Geoflex series with extended reaction time was used to fill the installed bags. The special recipe of the commonly used injection material had to consider the effects of cold water (about 8°C) slowing the start of the resin curing and distances of more than 500m when transporting components through a low temperature tunnel.

CONCLUSIONS

AmcoGiffen's remediation works in Queensbury Tunnel covered more than 78,000 working hours between 2018 and 2021. They also included the installation of extensive ventilation of more than 1,500m of tunnel sufficient to allow spraying concrete without risk, but above all the stabilisation of more than 300m of tunnel linings potentially at risk of collapse. These works, i.e. the creation of a support structure at the shaft site, took 13 weeks to complete.

In addition to the more common technology of installing support frames and application of sprayed concrete, AmcoGiffen, with the support of Minova, pushed through a unique technical solution of temporary support of tunnel lining by means of baskets with filling bags. In order to place them, it was necessary not only to deploy specialist diving crews, but also to specifically design and create a chemical resin, optimised for the given application. Minova's LDIT transport system, deployed in the UK for the first time ever, was used for the application of this material.

The final use of the tunnel is still under negotiation and no final decision has been made to date. However, the solution described has helped to stabilise the bottleneck and, in the future, when the external drainage system is restored and the tunnel is drained, the structure can be disassembled and removed. The hardened resin

does not represent an environmental burden and can either be deposited or recycled for filling purposes. Already during 2023, the water level in the tunnel has fallen to a level where the whole structure was exposed, and its integrity and general condition could be checked unplanned (Fig. 9).

The project was carried out entirely within the legislative regulations in force in the UK on work in confined spaces of medium risk, with all operators working constantly in protective masks with filtration of breathed air. In addition, all this work was carried out under the strict restrictions associated with the Covid-19 epidemic, which made the already complicated work even more difficult organisationally.

Ing. ADAM JANÍČEK,

adam.janicek@minovaglobal.com,

Minova International,

MARTIN THOMPSON,

Martin.Thompson@amcogiffen.co.uk,

AmcoGiffen



zdroj: QueensburyTunnelSociety source: QueensburyTunnelSociety

Obr. 9 Obnažená podpůrná konstrukce šachty č. 3 po poklesu vodní hladiny
Fig. 9 Exposed support structure of shaft No. 3 after decrease of water level

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Interní materiály společnosti AmcoGiffen [Internal materials of AmcoGiffen](#)
- [2] Interní materiály společnosti Minova [Internal materials of Minova](#)
- [3] Webové stránky <http://www.queensburytunnel.org.uk/> Website <http://www.queensburytunnel.org.uk/>
- [4] Webové stránky <http://www.forgottenrelics.co.uk/> Website <http://www.forgottenrelics.co.uk/>