

TUNEL BÔRIK – ZAHÁJENIE VÝSTAVBY VYRAZENÍM PILIEROVÉ ŠTÔĽNE

BÔRIK TUNNEL – CONSTRUCTION COMMENCEMENT BY DRIVING THE PILLAR ADIT

MIROSLAV ŽÁK, MAREK FÁBRY

ÚVOD

Stavba tunela Bôrik je súčasťou úseku diaľnice D1 medzi Mengusovcami a Jánovcami a nachádza sa neďaleko mesta Svit. Tunel je situovaný v rovnomennom horskom kopci Bôrik – výbežku Kozích chrbtov do mierne zvlnenej Popradskej kotliny. Tunel je projektovaný pre diaľničnú dopravu s dvoma tunelovými rúrami tak, aby zabezpečoval požiadavky ochrany krajinného prostredia prírodnej rezervácie Bôrik v ochrannom pásme chránenej krajiny TANAP.

V medzinárodnom výberovom konaní, ktoré prebiehalo začiatkom roku 2006, bolo ako víťaz vybrané slovensko-švajčiarske konzorcium Inžinierske stavby, a. s. – Marti Contractors Ltd.

Samotná výstavba tunela Bôrik prebieha od mesiaca máj 2006. Ako prvé boli budované portálové úseky výkopmi a zaistovaním svahov. Samotné razenie pilierových štôľni bolo započaté v mesiaci novembri 2006 na východnom portáli a v mesiaci decembri 2006 na západnom portáli.

ZÁKLADNE INFORMÁCIE

Tunel je projektovaný pre diaľničnú dopravu s dvomi tunelovými rúrami, každá pre jeden smer dopravy: Dĺžka tunelových rúr je 999 m, resp. 993 m pričom hlbené portálové úseky sú na východnom portáli 49 m a na západnom portáli 15 m dlhé. Smerovo je trasa vedená v dvoch protichodných oblúkoch prepojených prechodnicou. Výškovo prebiehajú rúry prevažne v sklone 0,92 % v ľavej tunelovej rúre



Obr. 1 Vrtanie pilotovej steny v úseku západného portálu
Fig. 1 Drilling for the pile wall in the western portal section

INTRODUCTION

The construction of the Bôrik tunnel is part of the D1 motorway section between Mengusovce and Jánovce; it is found near the town of Svit. The tunnel is located at a hill of the same name, Bôrik, which is an offshoot of Kozí Chrbty highland extending to the moderately undulated Poprad Basin. The twin-tube tunnel is designed for the motorway traffic to comply with the requirements of the protection of TANAP protected landscape area.

The international tender, which took place at the beginning of 2006, was won by a Slovak-Swiss consortium consisting of Inžinierske stavby a.s. and Marti Contractors Ltd.

The construction of the Bôrik tunnel itself has been in progress since May 2006. It started by the work on the portal sections, namely by excavation and implementation of slope supporting measures. The excavation of the pillar adits started in November 2006 and December 2006 at the eastern and western portals respectively.

BASIC INFORMATION

The tunnel is designed for motorway traffic, to have two tubes, each for one direction of traffic: The tunnel tubes are 999 m and 993 m long respectively, whilst the cut and cover portal sections at the eastern portal and western portals are 49 m and 15 m long, respectively. The horizontal alignment consists of two reverse curves interconnected by a transition curve. In terms of the vertical alignment, the tubes run mostly on 0.92 % and 1.05 % gradients in the left tunnel tube and right tube, respectively. To comply with the requirement for minimisation of the plan area of permanent works, the two tunnel tubes are tightly close to each other in the portal sections, thus a central rock pillar is not formed and a central reinforced concrete pillar is necessary between the tubes.

The central reinforced concrete pillar is 1.80 m wide at the portals and the width gradually grows with the increasing distance between the two tunnel tubes. When the distance between the tunnels reaches 3.8 m, the reinforced concrete pillar is replaced by a rock pillar. The driving of the tunnel tubes themselves was therefore preceded by the driving of a pillar adit at a length of 120 m and 60 m from the western portal and eastern portal respectively, and the casting of the central pillar, in a shape very similar to that of the primary lining of the main tunnel tubes. The rock environment in the area under the central reinforced concrete pillar has been strengthened by means of micropiles.

ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITIONS

Dolomites of the Choč Nappe dominate along the tunnel route and its surroundings. They are expected to be in a broken and crushed condition, interwoven with a dense network of tectonic fissures. Regarding the portal sections, there are Quaternary sediments at the western portal, while deluvial sediments are found at the eastern portal. Owing to the fact that the eluvial, diluvial and glacial sediments covering the slopes of Borik are permeable, the water table is found under the bottom of the tunnel tubes. The dolomite complex of the Bôrik mountain ridge features karstic-fissure permeability. It is expected that the standing level of the water table in the middle of the massif will also be found under the bottom of the tunnel tubes.

According to geological documentation, it is possible to expect two systems of faults, with the filling of joints consisting of brecciated clay, primarily at the first third of the tunnel length (measured from the eastern portal), where the tunnel passes across the clayey Lunz Shale.

a 1,05 % v pravej tunelovej rúre. Z dôvodu požiadavky minimalizovať trvalé zábery pozemkov sú obe tunelové rúry v priortálových úsekoch tesne vedľa seba, čím nie je vytvorený stredný horninový pilier a majú vybetónovaný stredový železobetónový pilier.

Šírka stredového železobetónového piliera na portáloch je 1,80 m a postupne sa zväčšuje podľa narastania vzájomnej vzdialenosti medzi oboma tunelovými rúrami. Pri vzájomnej vzdialenosti tunelov 3,8 m je železobetónový pilier ukončený a nahradený horninovým prostredím. Samotnému razeniu jednotlivých objektov tunelových rúr tak predchádza vyrazenie pilierové štôľni zo západného portálu v 120 m dĺžke a z východného portálu v 60 m dĺžke a vybetónovanie stredového piliera v tvare približujúcom sa tvaru primárneho ostenia hlavných tunelových rúr. Horninové prostredie v oblasti pod stredovým železobetónovým pilierom je zosilnené mikropilotami.

INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ POMERY

Dominantné zastúpenie v trase tunela a jeho okolí majú dolomity chočského príkrovu. Očakávajú sa porušené a drvené dolomity s hustou sieťou tektonických puklín. V portálových úsekoch – na západnom portáli sa nachádzajú kvartérne sedimenty, na východnom portáli sa nachádzajú deluviálne sedimenty. Eluviálne, deluviálne a glaciáluálne sedimenty na svahoch Bôrika s ohľadom na ich zloženie sú priepustné, hladina podzemnej vody sa nachádza pod niveletou tunelových rúr. Komplex dolomitov horského chrbta Bôrik sa vyznačuje krasovo-puklinovou priepustnosťou. Predpokladá sa, že v strede masívu bude taktiež trvalá hladina podzemných vôd pod dnom tunelových rúr.

Z geologických podkladov sa dajú očakávať 2 systémy tektonických zlomov, ktorých výplň môže byť brekciovitá-ílovitá najmä v prípade prechodu cez luské ílovité bridlice v tretine dĺžky tunela zo strany východného portálu.

TECHNOLÓGIA VÝSTAVBY TUNELA

Tunel Bôrik sa razi novou rakúskou tunelovacou metódou. Postup výstavby tunela vychádza z zásady, že najskôr bude vybudované primárne ostenie celého tunela a následne po zriadení medziláhlej izolácie sa vybetónuje definitívne – sekundárne ostenie. Primárne ostenie je zo striekaného betónu vystuženého priehradovými oblúkmi so sieťovinou a kotvami. Razenie je z hľadiska geológie a s tým súvisiaceho spôsobu rozdelené do 7 výrubových tried – trieda VI, VI-P, V, V-P, IV, III a II. Horizontálne je razenie členené na kalotu, lavicu a dno v triedach VI, VI-P, V, V-P a IV a na kalotu a lavicu v triedach III a II.

Vnútorne ostenie je železobetónová monolitická koňštrukcia betónovaná pomocou oceľového posuvného debnenia. Medziláhla izolácia proti vode je neuzavretá, voda je odvádzaná cez bočné drenáže do hlavnej odvodňovacej drenáže v dne tunelovej rúry.

PAŽENIE A STABILIZOVANIE PORTÁLOVÝCH SVAHOV

Stabilizácia stavebnej jamy západného portálového úseku bola zo severozápadnej strany navrhnutá pomocou vrtanej pilótovej steny D880 mm v osovej vzdialenosti 1,2 m (obr. 1). Počet zrealizovaných pilót bol 46 ks, dĺžky od 10,5 m do 17 m. Samotná pilótovej stena bola zaistená trvalými lanovými kotvami 4øLp 15,5 mm, dĺžky 20 m ukon-



Obr. 3 Pohľad na východný portál tunela
Fig. 3 View of the eastern portal of the tunnel



Obr. 2 Pohľad na západný portál tunela
Fig. 2 View of the western portal of the tunnel

TUNNEL CONSTRUCTION TECHNIQUE

The Bôrik tunnel has been driven using the New Austrian Tunnelling Method. The construction procedure is based on the rule that the primary lining of the entire tunnel will be built first, and the final concrete lining will be cast subsequently, once the intermediate waterproofing has been installed. The primary lining consists of shotcrete reinforced with lattice arches, mesh and anchors. With respect to the geology, the excavation is divided into 7 support classes, i.e. classes VI, VI-P, V, V-P, IV, III and II. The excavation face of the tunnel driven through rock mass support classes VI, VI-P, V, V-P a IV is divided horizontally to the top heading, bench and invert, while the division into top heading and bench is used for classes III and II.

The internal lining is a reinforced concrete structure cast in situ behind a traveller formwork. The intermediate waterproofing is an unclosed system; water is evacuated via side drains to the main drainage duct embedded in the tunnel bottom.

SUPPORT AND STABILISATION OF PORTAL SLOPES

A bored pile wall (piles D880 mm at 1.2 m spacing) was designed for the stabilisation of the construction trench for the western portal section on the north-western side (see Fig. 1). A total of 46 piles 10.5 to 17 m long were installed. The pile wall was supported by permanent cable anchors 4øLp 15.5 mm, 20 m long, terminating in reinforced concrete walers. The anchors (27 in total) were installed in 1 to 3 tiers, concurrently with the installation of dowels and application of shotcrete to the other slopes of the construction trench. The gap between individual piles was filled with shotcrete. The front end slope (the north-eastern slope) was designed to be at a gradient of 5:1 and stabilised by a 150 mm thick layer of shotcrete, steel mesh 150/150/8 and 3-12 m-long dowels ø 25 mm (see Fig. 2).

The front end slope as well as the entire construction trench for the eastern portal section were stabilised using shotcrete (a 150 mm-thick layer), steel mesh 150/150/8 and 3-12m-long dowels ø 25 mm.

When the partial stabilisation of the side slopes and front end portal walls had been completed, canopy tube pre-support was installed at both the eastern and western portals of the Bôrik tunnel to make trouble-free passage through the loosened rock environment possible. A total of 122 and 93 boreholes were drilled around the perimeter of the future tunnel profile at the western and eastern portal respectively (see Fig. 3), concurrently with inserting of the load-bearing structure, i.e. D 114/6,3 mm, high-strength, ST 52 grade steel pipes. The designer required the length of the canopy tube pre-support to be 20 m. Once the tube had been inserted, a grouting head (an adaptor) was mounted on its end and high-pressure grouting took place using a cement suspension. The excavation of the pillar adit could start when the canopy tube pre-support had been completed over the profiles of the future tunnel tubes and the support of the slopes of the construction trench had been finished up to the bottom.



Obr. 4 Vrtanie mikropilotového dáždnika v tuneli
Fig. 4 Drilling for the canopy tube pre-support in the tunnel

čenými v železobetónových kotviacich prahoch. Kotvy boli realizované v 1 až 3 radoch za súčasného stabilizovania ostatných svahov výkopu klincovaním a torkrétovaním. Celkovo bolo zrealizovaných 27 ks lanových kotiev. Medzera medzi jednotlivými pilótami bola vyplnená striekaným betónom. Čelný svah (severovýchodný) bol navrhnutý v sklone 5:1 so stabilizáciou striekaným betónom hr. 150 mm a oceľovou sieťovinou 150/150/8 a klincami \varnothing 25 mm dĺžky 3–12 m (obr. 2).

Čelný svah ako aj stabilizácia celej stavebnej jamy východného portálového úseku bola vybudovaná striekaným betónom hr. 150 mm a oceľovou sieťovinou 150/150/8 a klincami \varnothing 25 mm dĺžky 3–12 m.

Po čiastočnom zabezpečení bočných svahov a čelných portálových stien bol ako na východnom, tak aj na západnom portáli tunela Bôrik zrealizovaný mikropilotový dáždnik pre bezproblémový prechod rozvolneným horninovým prostredím. Po obvode budúceho profilu bolo navrtaných 122 ks mikropilot na západnom a 93 ks mikropilot na východnom portáli (obr. 3). Za súčasného vrtania bola osádzaná trvalá nosná konštrukcia mikropiloty D 114/6,3 mm z pevnostnej ocele rady ST 52. Projektantom navrhnutá dĺžka mikropilotového dáždnika bola 20 m. Po zavrtaní mikropiloty bola na jej koniec osadená injekčná hlava (adaptér) a následne zriadená vysokotlaká injektáž cementovou suspenziou. Po zrealizovaní ochrany budúceho profilu tunelových rúr mikropilotovým dáždnikom a následnom dokončení paženia svahov na dno stavebnej jamy bolo možné zahájiť samotné raziene pilierové štôlni.

RAZENIE PILIEROVÉ ŠTÔLŇI A BETONÁŽ PILIERA

Postup pre raziene a vystrojenie výrubu bol v súťažných podkladoch stanovený pre dve výrubové triedy VI – P a V – P. Rúry mikropilotového dáždnika z portálovej steny na východnom portáli boli DVP na základe geologických poznatkov z výkopov predĺžených z pôvodných 15 m na 20 m. Mikropilotový dáždnik bol jednoradový z rúr \varnothing 114/6,3 mm. Následne sa razilo pod ochranou hnaných ihliel. Pilierová štôlna a železobetónový pilier mali konštantnú výšku.

Na západnom portáli z dôvodu horšej geologickej situácie bol navrhovaný mikropilotový dáždnik v 6 etapách, pričom mal byť vrtaný vždy z postupne zväčšovaného profilu kaloty. Z dôvodu dosiahnutia jednotnej rovnakej výšky stredového piliera v celej dĺžke pilierové štôlni bolo projektom DVP navrhnuté vrtanie dáždnika z profilu pilierové štôlni aj za cenu odpaľovania v prvých troch po sebe idúcich krokoch raziene, pokiaľ nevystúpili mikropiloty mimo profil (obr. 4). Dopredu bolo pripravené materiálove riešenie ako reagovať na geologické prostredie a rozhodnutia zástupcov vykonávajúcich a vyhodnocujúcich geotechnický monitoring.

Raziene vo vystrojovacej triede VI – P na oboch portáloch prebiehalo pod ochranou mikropilotového dáždnika. Ostenie kaloty bolo zhotovované striekaným betónom triedy C25/30 hrúbky 250 mm. Výstuž tvoril priehradový nosník 180/32/22 mm a oceľová sieť 8/100 x 8/100 mm pri oboch povrchoch (obr. 5). Dočasné dno kaloty bolo vybetónované striekaným betónom hrúbky 200 mm a vystužené jednou radou oceľovej sieťoviny 8/100 x 8/100. V pätách kaloty sa osádzali tyčové kotvy únosnosti 330kN dĺžky 4 m s vrtnou korunkou 51 mm. Stabilita čela bola zaistená 8 m dlhými samozávrtnými kotva-

PILLAR ADIT EXCAVATION; CASTING OF THE PILLAR

The procedure for the excavation and installation of excavation support which was required by the tender documents specified two excavation support classes: VI – P and V – P. The canopy tube pre-support at the eastern portal wall was extended by the detailed design from the original 15 m to 20 m, on the basis of new information on the geology obtained during the excavation. The canopy pre-support consisted of one tier of steel tubes \varnothing 114/6,3 mm. The subsequent excavation was carried out under a forepoling umbrella. The height of the pillar adit and the reinforced concrete pillar was constant.

The canopy tube pre-support for the western portal side was designed, because of worse geological conditions, to consist of six stages; the drilling for the pipes of each stage was to be carried out from a gradually enlarged profile of the top heading. With the aim of achieving a uniform height of the central pillar throughout the length of the pillar adit, the detailed design required that the drilling for the canopy be carried out from within the pillar adit profile, at the expense of the necessity for removing the tubes away from the profile of the pillar adit by flame-cutting in the initial three consecutive excavation stages, until they rose above the profile (see Fig. 4).

The procedure had to be modified in advance and respond to the actual geological conditions and the decisions made by the representatives who carried out the monitoring and assessment of its results.

The excavation through VI – P support class rock mass was carried out at both portals under the protection of the canopy tube pre-support. The lining of the top heading consisted of a 250 mm thick layer of C25/30 sprayed concrete reinforced with 180/32/22 mm lattice girders and a layer of steel mesh 8/100 x 8/100 mm on each surface (see Fig. 5). The temporary bottom of the top heading consisted of a 200mm-thick layer of sprayed concrete reinforced with one layer of steel mesh 8/100 x 8/100. Rod-type anchors (4 m long, the capacity of 330 kN, with a 51 mm drill bit) were installed at the toes of the top heading. The stability of the excavation face was provided by 8m-long self-drilling IBO anchors and a supporting rock wedge. The lining of the bench and bottom excavation carried out in this support class conditions consisted of a 250 mm thick layer of shotcrete with steel mesh on both surfaces. Grouted rod-type anchors with the capacity of 150 kN were installed to the sidewalls of the top heading and bench. The advance per cycle was 1.0 m at the top heading and 2.0 m at the bench and invert (see Fig. 6).

The excavation in support class V-P was carried out under the protection of forepoling (forepoles \varnothing 32 mm, 4,0 m long). SN 25 rock-bolts with the capacity of 150 kN were installed around the entire perimeter of the lining. The lining of the top heading was the same as that for the support class VI – P, i.e. a 250 mm thick C25/30 shotcrete structure reinforced with lattice girders 149/32/22 and steel mesh 8/100 x 8/100 at both surfaces. The advance per cycle at the top heading was 1.0 – 1.50 m; at the bench and invert it was 2,0 – 3,0 m.



Obr. 5 Vystužovanie ostenia tunela sieťovinou
Fig. 5 Reinforcing of the tunnel lining with steel mesh



Obr. 6 Výlom lavice a dna tunela
Fig. 6 Bench and invert excavation

mi IBO a prítiažená oporným jadrom. Ostenie lavice a dna pilierové štôlni v tejto výrubovej triede bolo tvorené striekaným betónom hrúbky 250 mm s výstužou z ocelových sieť 8/100 x 8/100 pri obidvoch povrchoch. V bokoch kaloty a lavice sa osádzali tyčové maltovacie kaloty únosnosti 150kN. Dĺžka záberu bola v kalote 1 m, v lavici a dnu 2 m (obr. 6).

Razenie vo výstrojovacej triede V-P prebiehalo pod ochranou hnaných ihliel v čele výrubu profilu \varnothing 32 mm a dĺžky 4 m. V celom obvode ostenia sa osádzali svorníky SN 25 dĺžky 4 m s únosnosťou 150 kN. Ostenie kaloty je tak ako vo výstrojovacej triede VI. – P tvorené striekaným betónom triedy C25/30 hrúbky 250 mm. Výstuž tvorí priehradový nosník 149/32/22 a ocelová sieť 8/100 x 8/100 pri obidvoch povrchoch. Dĺžka záberu (kroku) v kalote je 1 – 1,50 m, v lavici a dnu 2 – 3 m.

Po vyrazení pilierovej štôlnie nasledovala betonáž stredového piliera. Na základe horších skutočných geologických pomerov v pilierovej štôlni na VP, ako predpokladala tendrova dokumentácia, bolo nutné prehodnotiť spôsob zakladania piliera v staničení 0 – 40 m. Boli zrealizované presiometrické skúšky za účelom overenia deformačných vlastností základovej pôdy, ktoré preukázali nutnosť zmeniť spôsob zakladania z jednoduchého založenia na plošnom základe na založenie piliera na mikropilotovom základe. Celková dĺžka mikropilot dosiahla 1475 m. Celý pilier bol betonovaný na 2 etapy, a to v prvej fáze spodná časť piliera do výšky cca 1,5 m a následne s malým časovým odstupom cca 4 dní horná časť piliera. V najvrchnejšej časti piliera boli do primárneho ostenia uchytené injektážne hadičky na doinjektovanie priestorov vzniknutých vo vrcholku piliera nedostatočným dotlačením betónu a jeho zmrštením a dotvarovaním. Realizácia mikropilot značne komplikovala práce na pilieroch v zadnej časti štôlnie (st. 60 – 40), kde prebiehali práce na armovaní a betonáži piliera a bolo nutné zrealizovať podvesnú drážku na dopravu materiálu ponad už zrealizované mikropiloty a mechanizmy pracujúce na zostávajúcich mikropilotoch (obr. 7). Ďalšie komplikácie hlavne v komunikácii a dorozumievaní sa pracovníkov spôsobovala zvýšená hlučnosť a prašnosť v tuneli, ktoré spôsobovala vrtná súprava. Napriek všetkým spomenutým problémom je momentálne pilier vo východnej pilierovej štôlni zrealizovaný a začali sa práce na razení hlavných tunelových rúr. Obdobný postup bol použitý pri betonáži piliera zo západného portálu.

ZÁVER

Príspevkom sme chceli oboznámiť s výstavbou tunela Bôrik v jej úvodnej časti. Vyrazenie pilierovej štôlni a betonáž piliera preukázali odbornosť všetkých zúčastnených firiem a zvládnutie technológie výstavby, aj keď práve nepredvídateľné udalosti, permanentné problémy a ich zdolávanie potvrdzujú naozajstnú silu pracovného tímu. Veríme, že to bude možné konštatovať po vybudovaní celej stavby a že sa budeme môcť podeliť s čitateľmi časopisu Tunel s novými poznatkami či už pozitívnymi ako aj negatívnymi.

ING. MIROSLAV ŽÁK, zak@mcl.sk,
MARTI CONTRACTORS Ltd., BRATISLAVA
ING. MAREK FÁBRY, fabry@tubau.sk,
TUBAU, a. s., BRATISLAVA



Obr. 7 Železobetónový pilier je založený na mikropilotách s hlavicami
Fig. 7 The reinforced concrete pillar is founded on micropiles with heads

When the pillar tunnel excavation had been finished, the casting of the central pillar followed. The design of the central pillar foundation at 0.0 – 40.0 chainage had to be re-assessed on the basis of actual geological conditions in the pillar tunnel at the eastern portal, which were worse than those expected in the tender documents. The pressuremeter tests, which were conducted with the aim of verifying the deformational properties of the foundation ground, proved that the foundation method had to be changed from the simple spread foundation to micropile foundation of the pillar. The aggregate length of the micropiles reached 1475 m. The casting of the pillar was divided into two stages. The lower part of the pillar, up to the level of 1.5m from the bottom, was cast in the first stage; the casting of the upper part followed after a short break of about 4 days. Grouting tubes were fixed at the top of the pillar, in the primary lining. They allowed filling of voids which originated at the top of the pillar as a result of insufficient pressing of concrete to the rock surface and shrinking and yielding of the concrete.

The work on the micropiles meant a serious complication for the work on the pillars behind (at 60.0 – 40.0 chainage), where the concrete reinforcement and casting operations had to proceed. It was necessary to install a roof-suspended monorail for transportation of materials over the completed micropiles and the equipment used for the remaining micropiles (see Fig. 7). Other complications, above all in communication between workers, were caused by an increased noise level and dust formation in the tunnel generated by the drilling rig. Despite all of the above-mentioned problems, the pillar in the eastern pillar tunnel was completed successfully and the excavation of the main tunnel tubes started. A similar procedure was applied to the casting of the pillar have starting from the western portal.

CONCLUSION

The purpose of this paper was to inform the readers about the initial phase of the Bôrik tunnel construction. The excavation of the pillar adit and casting of the concrete pillar has become proof of professional competence of all companies participating in the construction and mastering of the construction technique; the fact that the unpredictable events and permanent problems were successfully coped with is the best proof of the real strength of the working team. We are confident that it will be possible to make this statement even after the completion of the entire project and we will be able to share our experience, positive and negative, with TUNEL readers.

ING. MIROSLAV ŽÁK, zak@mcl.sk,
MARTI CONTRACTORS Ltd., BRATISLAVA
ING. MAREK FÁBRY, fabry@tubau.sk,
TUBAU, a. s., BRATISLAVA