

TUNEL OKRUHLIAK – TUNEL KTORÝ SPOJÍ SEVER A JUH SLOVENSKA

OKRUHLIAK TUNNEL – A TUNNEL WHICH WILL INTERCONNECT THE NORTH AND SOUTH OF SLOVAKIA

JURAJ ORTUTA, VIKTOR TÓTH

ABSTRAKT

Prešov, mesto na východe Slovenska, je tretie najväčšie mesto na Slovensku a jeho názov sa v médiách dosť často spomína. Je to z dôvodu jeho zložitej dopravnej situácie vyplývajúcej z nedostatočnej infraštruktúry. Prešov sa nachádza na križovatke ciest I/18 v smere na Poprad a Michalovce, I/68 v smere na Starú Lubovňu, I/20 v smere na Košice, II/545 v smere na Bardejov a D1 v úseku Poprad – Košice. A práve tento uzol tvorí každodennú moru nielen miestnych obyvateľov, ale aj šoférov tranzitnej dopravy. Preto sa už dlhší čas tvorí koncepcia na vyriešenie problémov tohto významného dopravného uzla. Jednou z jeho častí je aj rýchlостná cesta R4 Prešov – severný obchvat s tunelom Okruhliak. Článok sa bude venovať stručnému opisu stavebných častí tohto diela.

ABSTRACT

Prešov, a town in the east of Slovakia, is the third largest town of Slovakia and its name is quite frequently mentioned in the media. The reason lies in the complicated traffic conditions following from insufficient infrastructure. Prešov is located at the intersection of the I/18 road heading toward Poprad and Michalovce, the I/68 road heading toward Stará Lubovňa, road I/20 heading toward Košice, road II/545 heading toward Bardejov and the D1 motorway in the Poprad – Košice section. It is this node what poses the everyday problem not only for local residents, but also for transit transport drivers. For that reason the concept solving the problems of this important traffic junction has been worked on for quite a long time. The R4 fast highway section Prešov – the northern by-pass with the Okruhliak tunnel – is one of its parts. The paper will dedicate itself to a brief description of construction parts of this project.

1. ÚVOD

Tunel Okruhliak je časťou navrhovanej rýchlостnej cesty R4 Prešov – severný obchvat, ktorá je súčasťou severo-južného dopravného prepojenia rýchlостnou cestou v úseku štátna hranica SR/PR – Vyšný Komárnik – Milhošť – štátna hranica SR/MR. Rýchlостná cesta má zabezpečiť prepojenie medzi diaľnicou D1 a rýchlостnou cestou R4 Kapušany – Giraltovce. Aj touto stavbou sa zabezpečí plynulé cestné spojenie od štátnej hranice Slovenská republika – Poľsko cez Vyšný Komárnik až po štátnu hranicu Slovenská republika – Maďarsko cez Milhošť. Navrhovaný úsek rýchlостnej cesty R4 – severný obchvat v dĺžke 14,68 km sa začína na západe mesta Prešov napojením

1. INTRODUCTION

The Okruhliak tunnel is part of the R4 fast expressway between Prešov and the northern by-pass, which is part of the north-south transport connection through the fast highway in the section starting at the border between the SR and the PR – Vyšný Komárnik – Milhošť and ending at the border between the Slovak Republic and Hungary. The proposed section of the R4 fast highway – the 14.68km long northern by-pass – begins west of the town of Prešov by the connection to the D1 motorway at the Prešov-West (Vyдуманec) grade-separated intersection and ends by the connection to the prospective section of the R4 fast highway Kapušany – Giraltovce.

The Okruhliak tunnel is located in a rural area and is solved in the final design (for construction permit) as a twin-tube structure carrying unidirectional traffic. The tunnel is located in the above-mentioned section of the R4 motorway – northern by-pass (see Fig. 1) at highway chainage km 5.041 (entrance from the western portal) to chainage km 6.881 (exit at the eastern portal).

2. GEOLOGICAL COMPOSITION OF THE AREA OF INTEREST

The Okruhliak tunnel is situated at Okruhliak hill (390.7m a.s.l.), in its south-western to south-eastern part, which is characterised



Obr. 1 Ortofotomapa úseku cesty R4 Prešov – severný obchvat – Tunel Okruhliak
Fig. 1 Orthophotography map of the Prešov – northern by-pass section of R4 highway – the Okruhliak tunnel

na diaľnicu D1 v mimoúrovňovej križovatke Prešov západ (Vydumanec) a končí napojením na výhľadový úsek rýchlostnej cesty R4 Kapušany – Giraltovce.

Tunel Okruhliak sa nachádza v extraviláne a v dokumentácii pre stavebné povolenie je riešený ako dvojúrovňový s jednosmernou premávkou. Tunel je na spomenutom úseku rýchlostnej cesty R4 – severný obchvat (obr. 1) situovaný od km 5,041 (výjazd zo západného portálu) až po km 6,881 (výjazd na východnom portáli).

2. GEOLOGICKÁ SKLADBA ZÁUJMOVÉHO ÚZEMIA

Tunel Okruhliak je situovaný v masíve Okruhliak (390,7 m n. m.) v jeho juhozápadnej až juhovýchodnej časti, ktorý je reprezentovaný miernym, pahorkatinovým charakterom, rozčleneným širokými depresiami na výrazné a priebežné chrbty orientované v základnom smere S–J až SSZ–JJV. Okrem dielčích chrbtov je masív rozčlenený rôzne širokými a rôzne orientovanými depresiami. Svahy hlbokých, erózných rýh, ktoré rozčleňujú plochý reliéf Okruhliaka, sú porušené svahovými deformáciami. Svahovými deformáciami je výrazne porušený aj východný okraj masívu v okolí osady Surdok.

V celom koridore tunela Okruhliak je horninový masív budovaný komplexom aleuriticko-pelitických hornín, ktorý reprezentuje súvrstvie neogénnych hornín – spodný miocén, vek egenburg. Podložie neogénnych sedimentov tvoria vrstvy paleogénu. Neogénne horniny sú v celom koridore prekryté kvartérnymi sedimentami. Formácie kvartérnych sedimentov sú zastúpené najmä litologickými typmi zemín deluviálneho komplexu, ale okrajovo do koridoru zasahujú aj zeminy zosuvnej genézy – zosuvné delúvia. Genéza kvartérnych zemín je podmienená procesmi zvetrávania, svahovej modelácie, eróznej a akumuláčnej činnosti povrchových tokov. Na celej ploche masívu v koridore tunela nie sú registrované vývery podzemnej vody. Ploché depresie vo vrcholových častiach a depresie v údoliach sú zamokrené, s akumuláciou zrážkových vôd. Povrch územia je dlhodobo zamokrený z dôvodu nepriepustnosti povrchovej vrstvy ílov. Lokálne silne rozptýlené vývery vôd sú registrované v čiastkovej depresii orientácie SZ–JV v JZ svahu západne od Surdoku v rozsiahlom masíve blokových zosuvov. Na základe podrobného inžinierskogeologického prieskumu bola zistená hodnota objemového napúčania $Bo = 0,1\text{--}3,6\%$ (priemer 2,01 %).

Územie pred portálmi, ako aj v trase tunela má charakter lesov a lúk. Nad tunelom ani v blízkosti portálov sa nenachádza žiadna povrchová zástavba. Pri raziacich prácach tunela Okruhliak a jeho portálových častí budú zasiahnuté rozložené, až silno zvetrané ílovce charakteru zemín triedy F2, F4 až F8, G5 a hornín s veľmi nízkou pevnosťou R6 až R5, prevažne však horniny slabo zvetrané a navetrané až zdravé, triedy R5–R3 (ílovce a prachovce) a R3 až R2 (pieskovce). V úseku celej predpokladanej trasy boli zistené vyššie objemové zmeny v rozsahu napúčacích tlakov 0,977–1,620 MPa, a z vrty vo východnejšej časti napúčací tlak až 2,600–2,922 MPa.

3. ZÁKLADNÉ ÚDAJE TUNELA OKRUHLIAK

Tunel Okruhliak, ako už bolo vyššie uvedené, je riešený ako dvojúrovňový s jednosmernou premávkou kategórie 2T–7,5. Celková dĺžka ľavej tunelovej rúry (severnej) bude 1831,47 m a pravej tunelovej rúry (južnej) bude 1823,06 m. V zmysle STN 73 7507 je výška prejazdného gabaritu navrhovaná 4,80 m. Šírka chodníkov je 1,00 m a svetlá výška nad chodníkmi je

by a moderate hilly character, divided by wide depressions into marked and continuous N-S to NNW-SSE oriented ridges. Apart from the partial ridges, the massif is divided by depressions with various width and various orientation. Slopes of the deep erosion trenches dividing the flat relief of the Okruhliak are disrupted by slope deformations. Slope deformations significantly affect even the eastern edge of the massif in the vicinity of the village of Surdok

The ground massif in the whole Okruhliak tunnel corridor is built up by a complex of aleuropelitic rocks represented by Neogene rock layers – Early Miocene, Egenburgian stage. The sub-grade of the Neogene sediments is formed by Palaeogene layers. The Neogene rocks are covered by Quaternary sediments throughout the corridor length. Formations of Quaternary sediments are represented mainly by lithological types of deluvial complex soils, but also land sliding genesis soils – landslide deluviums – extending into the corridor edges. The Quaternary soil genesis is conditioned by processes of weathering, slope modelling, erosion and by deposition activities of surface streams. No ground water springs are registered in the whole area of the massif in the tunnel corridor. Flat depressions in the top parts and depressions in the valleys are wet, with precipitation water depositing in them. Surface of the territory is wet in the long term due to the impermeability of the surface layer of clay. Local scattered water boils are registered west of Surdok in a partial NW-SE oriented depression on the SW slope, in an extensive massif of block slides. The value of relative swelling $Bo = 0.1\text{--}3.6\%$ (average 2.01%) was determined on the basis of detailed engineering geological survey.

The area in front of the portals as well as along the tunnel route has the character of woods and meadows. There is no development on the terrain surface above the tunnel or the vicinity of the portals. Decomposed to heavily weathered claystone with the character of soils classified F2, F4 to F8, G5 and R6 to R5, but predominantly rock moderately weathered and slightly weathered to fresh, classes R5–R3 (claystone and siltstone) and R3 to R2 (sandstone) will be encountered during the course of the excavation of the Okruhliak tunnel and its portal parts. Higher volumetric changes within the range of swelling pressures of 0.977–1.620MPa were determined throughout the length of the whole assumed route and swelling pressure up to 2.600–2.922MPa were determined from a borehole in the more eastern part.

3. BASIC DATA ON OKRUHLIAK TUNNEL

The Okruhliak tunnel, as mentioned above, is designed as a twin-tube 2T-7.5 category structure carrying unidirectional traffic. The total length of the left-hand (northern) tunnel tube will amount to 1831.47m, whilst the right-hand (southern) tunnel tube will be 1823.06m long. In the sense of the STN 73 7507 standard, the height of the clearance profile is designed at 4.80m. The width of walkways is 1.00m and the net height above walkway is designed at 2.20m. The invert is designed for the entire length of the tunnel with respect to the risk of swelling ground existing throughout the tunnel route length.

Cuttings into the ground environment will be 10.3–16.4m deep at the western portal and 12.6–15.0m deep at the eastern portal

Western portal

The stability of walls in the location of the mined tunnel stub driven at a gradient of 3:1 will be provided by 6m long ground



Obr. 2 Vizualizácia západného portálu
Fig. 2 Visualisation of the western portal

navrhovaná 2,20 m. Tunel je po celej svojej dĺžke aj s ohľadom na riziko napúčania hornín v jeho trase navrhnutý s protiklenbou.

Zárezy do horninového prostredia budú na západnom portáli vysoké 10,3–16,4 m, na východnom portáli 12,6–15,0 m.

Západný portál

Stabilitu stien v mieste zárodku razeného tunela v sklone 3:1 budú zabezpečovať horninové klnice dĺžky 6,0 m a striekaný betón hrúbky 150 mm. V mieste razeného tunela budú horninové klnice riešené IBO kotvami. Vo výške cca 8,0 m od dna stavebnej jamy bude na čelnej stene stavebnej jamy zriadená stabilizačná lavička opatrená kotevným železobetónovým prahom a šesťpramencovými lanovými kotvami dĺžky 18,0 m s dĺžkou koreňa 8,0 m. Vzdialenosť kotiev bude 3,0 m. Bočné steny západného portálu budú v oblasti hĺbeného tunela taktiež v sklone 3:1 a budú stabilizované horninovými klnicami priemeru 32 mm, dĺžky 6,0 m. Kotevné prahy budú osadené vo výške cca 1,0 m a 5,0 m nad dnom stavebnej jamy. Železobetónové prahy budú do horninového prostredia kotvené horninovými lanovými kotvami dĺžky 18,0 m, resp. 15,0 m v spodnej stabilizačnej lavičke. Viď vizualizácia západného portálu (obr. 2).

Severný svah možno rozdeliť na dve časti. Predná časť (v smere staničenia) je bez kotvenia v sklone 1:1,75. Voči erózii je chránená geokompozitom presypaným vrstvičkou zeminy. Zadná časť, ktorá sa v rámci konečných terénnych a vegetačných úprav zasype, je kotvená. Zaistenie svahu nadväzuje na zaistenie portálu. Sklony svahov, lavičky, vence, kotvy a klnice sú rovnaké ako na portálovej stene.

Južný svah v časti pri portáli má rovnaké zaistenie ako prislúchajúca portálová stena. Postupne sa jeho výška znižuje. Pri začiatku hĺbeného tunela sa zalamuje v smere kolmom na os diaľnice a vytvára plošinu pre technologickú centrálu (TC). Je v sklone 1:1,75, chránený je geokompozitom presypaným vrstvičkou zeminy hr. 20 až 30 mm.

V portálovej oblasti (obr. 3) sa bude nachádzať aj TC, akumulačná havarijná nádrž, protipožiarna nádrž, káblové trasy a ostatné pridružené stavebné objekty a technológie.

Východný portál

Stabilitu stien v mieste zárodku razeného tunela v sklone 3:1 budú zabezpečovať zemné klnice dĺžky 6,0 m a striekaný betón hrúbky 150 mm. Stabilizačné lavičky čelnej portálovej steny šírky 1,0 m budú realizované po etažiaci výšky 2,6 m.

nails and a 150mm thick layer of shotcrete. In the location of the mined tunnel, the ground nails will be solved by IBO anchors. A stabilisation berm with a reinforced concrete plinth passed through by 18m long six-strand cable anchors with roots 8.0m long will be carried out at the level of ca 8.0m above the construction pit bottom. The anchors will be installed at 3.0m intervals. The side walls of the western portal in the area of the cut-and-cover tunnel are also at a gradient of 3:1. They will be stabilised with 32mm-diameter, 6m long ground nails. The anchoring plinths will be installed at the level of ca 1.0m and 5.0m, respectively, above the construction pit bottom. The reinforced concrete plinths will be anchored to the ground environment by 18m long ground cable anchors, respectively 15.0m long at the lower stabilisation berm. See the visualisation of the western portal (Fig. 2).

The northern slope can be divided into two parts. The front part (viewed in the direction of the motorway chainage) is without anchoring, reposing at 1:1.75. It is protected against erosion by a geocomposite covered with a thin layer of soil. The rear part, which will be backfilled within the framework of final terrain finishes and horticultural works, is anchored. The slope stabilisation links the stabilisation of the portal. Slope gradients, berms, anchoring plinths, anchors and nails are identical with those on the portal wall.

The stabilisation system of the southern slope in the part at the portal is the same as the system stabilising the portal wall. Its height is gradually decreased. It breaks at the beginning of the cut-and-cover tunnel in the direction perpendicular to the motorway centre line and creates a platform for the technology centre (TC). It reposes at 1:1.75 and is protected by a geocomposite covered with a thin layer (20–30mm thick) of soil.

In the portal area (see Fig. 3), there will also be located the TC, the emergency retention basin, the fire protection basin, cable runs and other associated construction objects and technologies.

Eastern portal

The stability of walls at the mined tunnel stub at a gradient of 3:1 will be secured by 6.0m long ground nails and a 150mm thick layer of shotcrete. The 1.0m wide stabilisation berms on the portal front wall will be realised at 2.6m high stages. The ground nails in the place of the mined tunnel will be replaced with IBO anchors. A stabilisation berm with a reinforced concrete anchoring plinth and 22m long six-strand cable anchors with 8.0m long roots will be carried out at the level of 8.0m above the construction pit bottom on the front wall of the construction pit. The anchors will be spaced at 3.0m. The side walls of the eastern portal in the area of the cut-and-cover tunnel will also repose at 3:1. They will be stabilised by 32mm-diameter and 6.0m long ground nails. The stabilisation berms will be carried out at 2.6m high stages. They will be provided with reinforced concrete anchoring plinths and ground cable anchors 20.0m, 18.0m and 15.0m long, respectively, on the lower stabilisation berm. The root length remains constant at 8.0m. See the visualisation of the eastern portal (Fig. 4).

The southern slope can be divided into two parts. The rear part (viewed in the direction of chainage). It is without anchoring, reposing at 1:1.75. It is protected against erosion by geocomposite covered with a thin layer of soil. The front part, which will be backfilled within the framework of final terrain finishes and horticultural works, is anchored. The slope stabilisation links the stabilisation of the portal. Slope gradients,



Obr. 3 Západný portál
Fig. 3 Western portal

V mieste razeného tunela budú horninové kľince riešené IBO kotvami. Vo výške cca 8,0 m od dna stavebnej jamy bude na čelnej stene stavebnej jamy zriadená stabilizačná lavička opatrená kotevným železobetónovým prahom a šesťpramenovými lanovými kotvami dĺžky 22,0 m s dĺžkou koreňa 8,0 m. Vzdialenosť kotiev bude 3,0 m. Bočné steny východného portálu budú v oblasti hĺbeného tunela taktiež v sklone 3:1 stabilizované horninovými kľincami priemeru 32 mm dĺžky 6,0 m. Stabilizačné lavičky budú taktiež v etážach výšky 2,6 m. Budú opatrené železobetónovými kotevnými prahmi a horninovými lanovými kotvami dĺžky 20,0 m, 18,0 m, resp. 15,0 m v spodnej stabilizačnej lavičke. Dĺžka koreňa ostáva konštantná 8,0 m. Viď vizualizácia východného portálu (obr. 4).

Južný svah možno rozdeliť na dve časti. Zadná časť (v smere staníc) je bez kotvenia v sklone 1:1,75. Voči erózii je chránená



Obr. 4 Vizualizácia východného portálu
Fig. 4 Visualisation of the eastern portal

berms, anchoring plinths, anchors and nails are identical with those on the portal wall.

The stabilisation system for the northern slope near the portal is identical with the system applied to the adjacent portal wall. Its height gradually decreases. It breaks at the beginning of the cut-and-cover tunnel in the direction perpendicular to the motorway centre line and creates a platform for the technology centre (TC). It reposes at 1:1.75 and is protected by geocomposite covered with a thin layer (20–30mm thick) of soil.

The TC, an oil separator and other associated construction objects and technologies will be carried out in the portal area (see Fig. 5).

Cut-and-cover tunnels

The route of the cut-and-cover part of the Okruhliak tunnel comprises two independent routes of carriageways of the R4 fast highway, each for one tunnel tube. The distance between centres of the cut-and-cover tunnels in the west-east direction (the western part) varies from 21.35m to 22.22m, whilst from the east-west direction (the eastern part) it varies between 22.76 and 21.45m.

The structure of the cut-and-cover tunnel tubes is formed by a vault structure and a base plate (see Fig. 6). The minimum thickness of the vault structure is 450mm. The load-bearing structure design comprises an intermediate drainage and protection layer, a waterproofing membrane and a 50mm thick shotcrete protective layer. No recesses are designed in the structure of the cut-and-cover tunnels. The base plate is 11.75m wide and its thickness of 1.0m is constant.

Two-layer coating will be used as the surface finish of the lining. The coating has to fulfil criteria for water resistance, steam permeability and washability. The surface structure and colouring with a medium degree of remission is designed. It means that the surfaces will be neither reflexive, so that mirroring of the surface is prevented, nor absorbent, so that the excessive absorption of light is prevented. The colour range will comprise various degrees of grey. The roadway and walkways will have the natural colour of concrete. The side walls will be light grey, the ceiling will be dark grey. Complementing elements will be accentuated by respective signal colours.

Mined tunnel

The mined tunnel is formed by two independently driven tunnel tubes. The chainages of the beginning and end of the mined tunnel tubes are determined by the interfaces between the blocks of secondary lining and the vaulted structure of the cut-and-cover tunnel at the portals for the mined tunnels. Part of this construction is formed by recesses for SOS cabins with hydrants, recesses for cleaning manholes and an emergency lay-by.

The structure of the mined tunnel tubes consists of a double-shell lining (primary and secondary) with an intermediate drainage and protective layer and a waterproofing membrane (see Fig. 7). The geometry of the structure is designed to suit the cyclical excavation method. The tunnel excavation cross-section is divided into top heading, bench and invert. The primary lining geometry forms a composed circular vault around the

geokompozitom presypaným vrstvičkou zeminy. Predná časť, ktorá sa v rámci konečných terénnych a vegetačných úprav zasype, je kotvená. Zaistenie svahu nadväzuje na zaistenie portálu. Sklony svahov, lavičky, vence, kotvy a kĺnce sú rovnaké ako na portálovej stene.

Severný svah v časti pri portáli má rovnaké zaistenie ako prislúchajúca portálová stena. Postupne sa jeho výška znižuje. Pri začiatku hĺbeného tunela sa zalamuje v smere kolmom na os diaľnice a vytvára plošinu pre TC. Je v sklone 1:1,75, chránený je geokompozitom presypaným vrstvičkou zeminy hr. 20 až 30 mm.

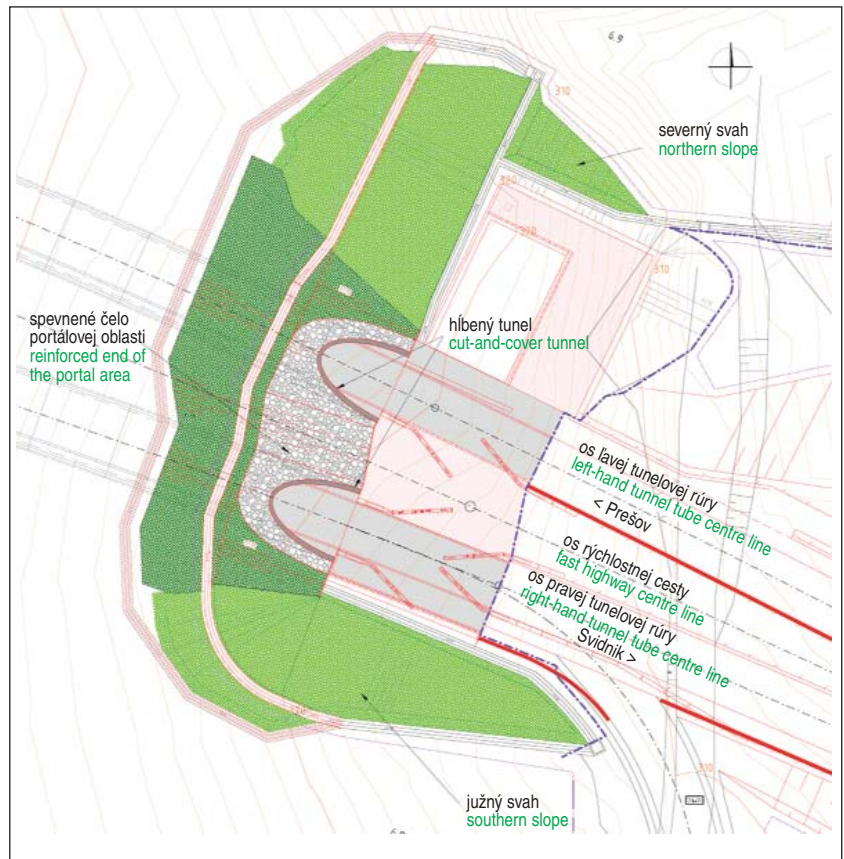
V portálovej oblasti (obr. 5) sa bude nachádzať aj TC, odlučovač ropných látok a ostatné pridržené stavebné objekty a technológie.

Hĺbené tunely

Trasa hĺbenej časti tunela Okruhliak je tvorená dvomi nezávislými trasami jazdných pásov rýchlostnej cesty R4, každý pre jednu tunelovú rúru. Vzájomná vzdialenosť osí hĺbených tunelových rúr je v smere zo západu na východ (západná časť) od 21,35 m do 22,22 m, z východu na západ (východná časť) od 22,76 m do 21,45 m.

Konštrukcia hĺbených tunelových rúr je tvorená z klenbovej konštrukcie a základovej dosky (obr. 6). Minimálna hrúbka klenbovej konštrukcie je 450 mm. Nosná klenbová konštrukcia je navrhnutá s medziláhlou drenážnou, ochrannou vrstvou, plošnou hydroizoláciou a ochrannou vrstvou zo striekaného betónu hrúbky 50 mm. V konštrukcii hĺbených tunelových rúr nie sú navrhnuté žiadne výklenky. Základová doska má šírku 11,75 m a konštantnú výšku 1,0 m.

Ako povrchová úprava ostenia budú použité dvojvrstvové nátery, ktoré musia spĺňať kritéria na vodoodolnosť, paropriepustnosť a umývateľnosť. Navrhnutá je štruktúra povrchu a farebnosť so stredným stupňom remisie, to znamená, že povrchy nebudú ani reflexné – aby nedošlo k zrkadleniu povrchu,



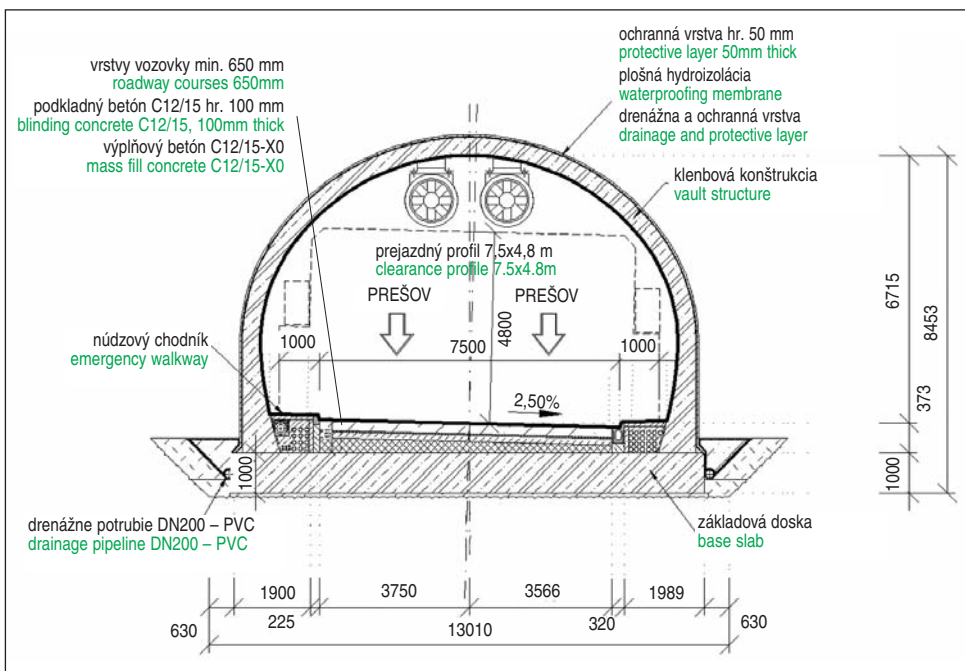
Obr. 5 Východný portál
Fig. 5 Eastern portal

whole tunnel circumference. With respect to swelling pressures, the invert is designed throughout the tunnel length. Constant structural thickness of 200mm is designed for the primary lining. The primary lining in the emergency lay-by is 300mm thick.

Reinforced concrete is designed for the secondary lining. A secondary lining block makes up one work and expansion unit. The length of one expansion unit will be 12m at the internal surface of the shorter side of the block. The minimum thickness of the secondary lining in the vault crown is designed at 350mm; the minimum thickness of the secondary lining at the base amounts to 550mm.

The tunnel tube lining is symmetrical on both sides relative to the vertical tunnel axis. The axis is not tilted due to the transversal incline of the roadway in horizontal curves. The invert of the load-bearing structure is symmetrical in relation to the vertical tunnel axis.

The calculation model was developed on the basis of the geometry of the structure from 2D rod-work elements. The general spatial problem is reduced to a 2D problem, where the thickness of the lining has the character of a physical constant. The structure (the invert and the circumference of the secondary lining) was supported with the linear support along the beam.



Obr. 6 Vzorový priečny rez hĺbeného tunela
Fig. 6 Typical cross-section of cut-and-cover tunnel

ani absorbčné – aby nedošlo k prílišnému pohlcovaniu svetla. Farebná škála bude pozostávať z rôznych stupňov šedej. Vozovka a chodníky budú mať prirodzenú farbu betónu. Bočné steny budú svetlo šedej farby, strop tmavošedej farby. Komplexné prvky budú akcentované príslušnými signálnymi farbami.

Razený tunel

Razený tunel tvoria dve samostatne razené tunelové rúry. Staničenia začiatku a konca razených tunelových rúr sú dané rozhraniami blokov sekundárneho ostenia a klenbovej konštrukcie hlbeného tunela pri portáloch na razenie tunela. Súčasťou tejto časti stavby sú aj výklenky pre SOS kabíny s hydrantmi, výklenky pre čistiace šachty a núdzový záliv.

Konštrukcia razených tunelových rúr je tvorená dvojvrstvom ostiením (primárnym a sekundárnym) s medziláhlou drenážnou a ochrannou vrstvou a plošnou hydroizoláciou (obr. 7). Tvar konštrukcie je navrhnutý pre cyklické razenie. Výrub tunela je členený na kalotu, stupeň a spodnú klenbu. Primárne ostenie má tvar zloženej kruhovej klenby po celom obvode prierehového rezu. V dôsledku napúšťacích tlakov je spodná klenba navrhnutá po celej dĺžke tunela. Navrhnutá konštantná hrúbka primárneho ostenia je 200 mm. Konštrukčná hrúbka primárneho ostenia v núdzovom zálive je 300 mm.

Sekundárne ostenie razeného tunela je navrhnuté zo železobetónu. Blok sekundárneho ostenia tvorí jeden pracovný a dilatčný celok. Dĺžka jedného dilatčného celku bude 12 m v líci kratšej strany bloku. Sekundárne ostenie je navrhnuté minimálnej hrúbky 350 mm vo vrchole klenby, minimálna hrúbka sekundárneho ostenia v päte je 550 mm.

Ostie tunelovej rúry je obojstranne symetrické k zvislej tunelovej osi. Nepochádza k jej nakláňaniu vplyvom priečneho sklonu vozovky v smerových oblúkoch. Spodná klenba nosnej konštrukcie je symetrická k zvislej tunelovej osi.

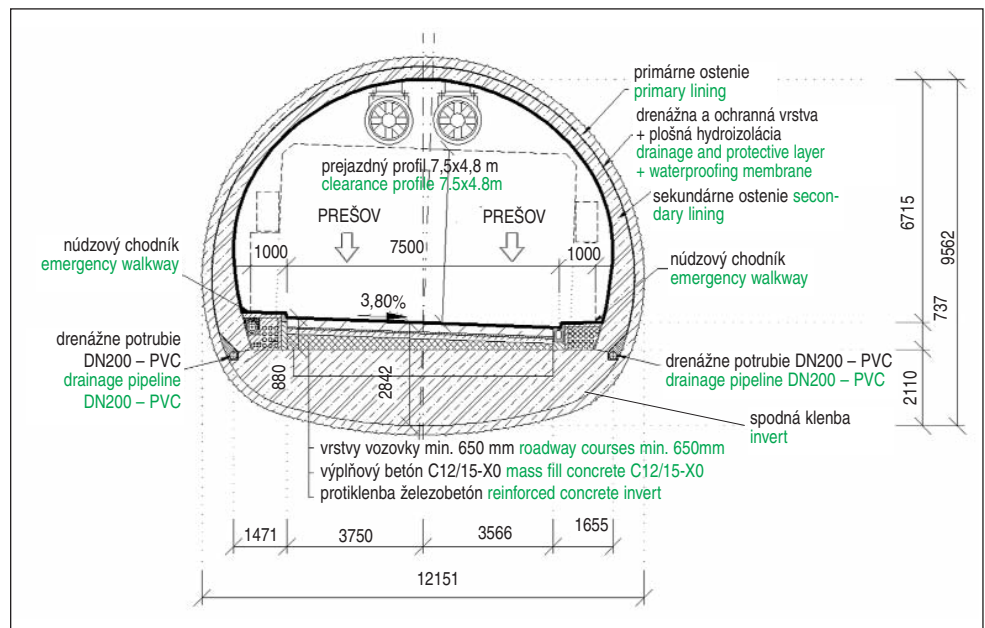
Výpočtový model bol na základe geometrie konštrukcie vytvorený z 2D osovo-prúťových prvkov. Všeobecná priestorová úloha je redukovaná na 2D problém, kde hrúbka ostenia má povahu fyzikálnej konštanty. Konštrukcia (spodná klenba a obvod sekundárneho ostenia) bola podopretá líniovým podopretím na prúte.

Po celom obvode bola konštrukcia podopretá líniovými pružnými podperami s použitím tuhostného parametra k_z (modul reakcie) a s vylúčením podoprenia v ťahu v smere kolmom na os jednotlivých prvkov. V mieste spodnej klenby, v smere normály, bola konštrukcia podopretá líniovými pružnými podperami.

Ostatné stavebné objekty tunela

Súčasťou tunela je šesť priečných prepojení medzi tunelovými rúrami, ktoré slúžia ako únikové cesty. Priečne prepojenia 2 a 5 slúžia aj ako podružné rozvodne NN. Priečne prepojenia 1, 2, 3, 5, 6 sú navrhnuté ako priechodné a priečne prepojenie 4 je navrhnuté ako prejazdne. Maximálna vzájomná vzdialenosť dvoch priečných prepojení je 276 m.

Drenážne odvodnenie razeného tunela, hlbených tunelových rúr, priečných prepojení a obvodu technologickej centrály rieši



Obr. 7 Vzorový priečný rez razeného tunela
Fig. 7 Typical cross-section through mined tunnel

The structure was supported around the whole circumference by linear elastic supports using the k_z stiffness parameter (the reaction modulus) with the tensile support in the direction perpendicular to the axis of individual beams excluded. In the location of the invert, in the normal direction, the structure was supported with linear elastic supports.

Other tunnel construction objects

Six cross passages between the tunnel tubes are parts of the tunnel. They are to be used as escape routes. Cross passages No. 2 and 5 house secondary LV substations. Cross passages No. 1, 2, 3, 5 and 6 are designed as structures passable for pedestrians; cross passage No. 4 is designed as a passage for vehicles. The maximum spacing of two cross passages is 276m.

The drainage of the mined tunnel, cut-and-cover tunnels, cross passages and the circumference of the technology centre is solved by construction lot 401-00.06. Seepage water from the ground massif will be collected throughout the tunnel length, on both tunnel sides, by longitudinal DN 200 drains with inspection recesses for inspection manholes provided at intervals of ca 70m. At the western portal, the longitudinal drains will be connected to road gullies and drainage water will be directed through sewerage to the fire protection reservoir. A filtration shaft designed before the sewerage is connected to the reservoir. The fire protection reservoir is designed as a flow-through structure, with excessive water discharged into a road ditch.

In both tunnel tubes, surface water from the roadway will be directed to a slotted drain pipe. Slotted drain pipes will be installed on the right-hand side throughout the length of the tunnel tubes. The left-hand tunnel tube is drained by the transverse and longitudinal gradient of 1.08% to a 0.32m wide slotted drain. The slotted drain is 1853.71m long. The right-hand tunnel tube is drained by the transverse and longitudinal gradient of 1.09%, also to a 0.32m wide slotted drain. The slotted drain is 1845.76m long. An inverted siphon is installed on the slotted drain at intervals of 50m. The emergency retention basin is located at the lower tunnel portal

časť stavby 401-00.06. Priesaková voda z horninového masívu bude po celej dĺžke tunela obojstranne zachytávaná pozdĺžnymi drenážami DN 200, ktoré budú mať každých cca 70 m čistiace výklenky s čistiacimi šachtami. Na západnom portáli budú pozdĺžne drenáže zaústené do uličných vpustov a drenážne vody budú odvedené kanalizáciou do protipožiarnej nádrže. Pred napojením do nádrže je navrhnutá filtračná šachta. Protipožiarne nádrže je navrhnutá ako prietokná, pričom prebytočné vody sú odvádzané do cestného rigola.

V oboch tunelových rúrach bude povrchová voda z vozovky odvedená do štrbinového žľabu. Štrbinové žľaby budú po pravej strane v celej dĺžke tunelových rúr. Ľavá tunelová rúra je odvodnená pomocou priečného a pozdĺžneho sklonu 1,08 % do štrbinového žľabu šírky 0,32 m. Dĺžka štrbinového žľabu je 1853,71 m. Pravá tunelová rúra je odvodnená pomocou priečného a pozdĺžneho sklonu 1,09 % do štrbinového žľabu taktiež šírky 0,32 m. Dĺžka štrbinového žľabu je 1845,76 m. V štrbinovom žľabe sa každých 50 m nachádza sifón. Akumulačná havarijná nádrž je umiestnená pri nižšie položenom portáli tunela – západnom. Zabezpečuje zachytenie vôd v prípade výskytu silne znečistených vôd (napr. z čistenia tunela) alebo havarijných kvapalín. Objem nádrže je navrhnutý podľa požiadavky TP 099, STN 73 5707 a je navýšený v zmysle požiadavky objednávateľa na 210 m³. Akumulačná havarijná nádrž bude vybavená kontinuálnym meračom výšky hladiny v nádrži.

Stavebný objekt Vozovka a chodníky zahŕňa vozovku v tuneli a pred portálmi tunela v dĺžke 24 m, konštrukciu núdzových chodníkov, vrátane obrubníkov, šachiet a ich poklopov. Súčasťou tejto časti stavby sú aj kryty a výplňové konštrukcie v priečných prepojeniach.

Podľa výpočtov a kritérií pre dané podmienky vyhovuje konštrukcia vozovky s cementobetónovým krytom so skladbou a dimenziami:

- cementobetónový kryt C 30/37 – XF4 (PP) – Dmax32
260 mm STN EN7 206-1;
- asfaltový betón pre hornú podkladnú vrstvu
40 mm STN EN 13108-1;
- infiltračný postrek kationaktívny, emulzný
0,8 kg/m² STN 73 6129;
- cementom stmelená vrstva
150 mm STN 73 6124-1;
- nestmelená vrstva zo štrkodrviny
200 mm STN 73 6126.

Uvedený návrh bol urobený na základe konštrukčných zásad a odporúčaní v technickej smernici, ako aj najnovších poznatkov z domácej a zahraničnej praxe.

Tunel Okruhliak bude vybavený požiarneho vodovodom v zmysle požiadaviek TP 099 Požiarne bezpečnosť cestných tunelov a Nariadenia vlády č. 344/2006 o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti. Potrubie požiarneho vodovodu slúži na rozvod požiarnej vody v tuneli. Požiarne vodovod bude mať dve vetvy. Každá vetva zabezpečí dodávku požiarnej vody do jednotlivej tunelovej rúry. Vzhľadom na plynulú dodávku požiarnej vody do tunelových rúr tvorí systém vodovodu uzatvorený okruh.

Ucelená časť stavby Požiarne vodovod zahŕňa nasledovné časti:

- nádrž požiarnej vody;
- nasávacie potrubie do čerpacej stanice;
- ATS;

– the western portal. It secures water collection in the case of occurrence of heavily polluted water (e.g. from tunnel washing) or fluids escaping in accidents. The volume of the retention basin is designed in accordance with the requirements of the TP 099 specifications and the STN 73 5707 standard. It is increased according to project owner's requirement to 210m³. The emergency retention basin will be equipped with a device continuously measuring the water surface level in the basin.

The Roadway and Walkways construction lot comprises the roadway in the tunnel and 24m long sections in front of tunnel portals, emergency walkway structures including kerbs, manholes and their covers. Covers and infill structures in the cross passages are also parts of this construction lot.

According to the calculations and criterions for the particular conditions, the cement concrete pavement with the following composition and dimensions is satisfactory:

- cement concrete C 30/37 – XF4 (PP) – Dmax32
260mm STN EN7 206-1;
- asphalt concrete for the upper sub-base
40mm STN EN 13108-1;
- cation-active infiltration spray, emulsion
0.8kg/m² STN 73 6129;
- cement-bound layer
150mm STN 73 6124-1;
- uncemented crushed gravel layer
200mm STN 73 6126.

The above-mentioned design was carried out on the basis of structural principles and recommendations contained in the technical directive as well as the newest knowledge from the domestic and foreign practice.

The Okruhliak tunnel will be equipped with a fire main in the meaning of TP 099 specifications Fire safety in road tunnels and the Decree of the Government No. 344/2006 on minimum safety requirements for tunnels in road network. The fire main pipeline distributes fire water in the tunnel. The fire main will have two branches. Each branch will supply fire water into the respective tunnel tube. With respect to fluent supplies of fire water into tunnel tubes, the water main system forms a closed circuit.

The Fire Main self-contained part comprises the following parts:

- fire water reservoir;
- suction pipeline to pumping station;
- automatic booster pump station;
- water pipeline installed in the walkways in both the right-hand and left-hand tunnel tube and the water pipelines in front of portals;
- other parts, valves and hydrants.

4. PROBLEMS OF EXCAVATION DESIGN FOR SWELLING CLAY

It was necessary when the excavation support classes were being designed for the Okruhliak tunnel to take into consideration the problem of swelling of the surrounding clayey ground environment. The tunnel will be driven through swelling clay throughout its length. This fact required a special approach of the designers to the tunnel cross-sectional geometry and its structural assessment. Because of the swelling pressures, the invert is designed for the whole length of the tunnel. The primary lining design did not take the swelling pressures into consideration. The pressures induced by

- vodovodné potrubie uložené v chodníku pravej a ľavej tunelovej rúry a príslušné potrubie vodovodu pred portálmi;
- ostatné časti, armatúry a hydranty.

4. PROBLEMATIKA NÁVRHU RAŽBY V NAPÚČAVÝCH ÍLOCH

Pri návrhu vystrojovacích tried tunela Okruhliak sa musel brať do úvahy problém napúčania okolitého ílovitého horninového prostredia. Tunel bude v celej dĺžke razený v napúčavých íloch, čo si vyžiadalo zvláštny prístup projektantov k tvaru prierečného rezu tunela a k jeho statickému posúdeniu. V dôsledku napúčacích tlakov je spodná klenba navrhnutá po celej dĺžke tunela. Pri výpočte primárneho ostenia sa s tlakmi z napúčania neuvážovalo. Rovnako sa neuvážovalo s tlakmi z napúčania okamžite po zabudovaní vrchnej klenby a protiklenby sekundárneho ostenia. Následne po vytvrdnutí betónu (28 dní) sa uvažovalo s postupným nárastom napúčacích tlakov v jednotlivých výpočtových fázach, a to na 20 %, 50 % a 100 % tlaku zisteného v inžinierskogeologickom prieskume. To zodpovedá postupnému zvyšovaniu tlakov z napúčania hornín.

Na základe podrobného inžinierskogeologického prieskumu bola zistená hodnota pomerného napúčania $B_o = 0,1 - 3,6\%$ (priemer 2,01 %). Na ôsmich vzorkách z troch vrtoch boli zistené objemové zmeny v rozsahu napúčacích tlakov 0,977–1,620 MPa a z vrtu vo východnejšej časti tlak z napúčania 2,600–2,922 MPa. Priemerné napúčacie tlaky boli zistené v hodnote 1,0 MPa.

Tak isto je možné očakávať v celej trase tunela prítomnosť horninovej vody agresívnej na betón. Z toho dôvodu bola v oboch tunelových rúrach po celej dĺžke tunela:

- navrhnutá spodná klenba;
- sekundárne ostenie je po celej dĺžke navrhnuté železobetónové;
- betón sekundárneho ostenia je navrhnutý do mierne agresívneho prostredia XA1;
- vrtanie vrtoch na osadenie kotiev na sucho.

Vzhľadom na nízke pevnosti hornín sa navrhuje na rozpojovanie hornín použiť výložníkovú frézu. Len v úseku pieskovcov, cca 90 m, bude nutné použiť vrtno-trhacie práce.

5. ZÁVER

Tunel Okruhliak je súčasťou rýchlostnej cesty R4, ktorá zabezpečí plynulé prepojenie územia od hranice s Poľskom až po hranicu s Maďarskom. Okruhliak je tunelom, o ktorom možno povedať, že spojí sever Slovenska s jeho juhom. Je tunelom, ktorý umožní vydýchnuť mestu s bohatou minulosťou a perspektívnou budúcnosťou. Nevyniká svojou dĺžkou, ale svojím významom. Ale zároveň je aj tunelom, ktorý v konečnom dôsledku spojí východ Slovenska s jeho západnou časťou.

*Ing. JURAJ ORTUTA, jortuta@amberg.sk,
Ing. VIKTOR TÓTH, vtoth@amberg.sk,
AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.*

*Recenzovali Reviewed: Ing. Viktória Chomová,
Ing. Ľuboš Rojko, PhD.*

swelling immediately after the installation of the upper vault and invert of the secondary lining were also left without consideration. Subsequently, after the end of the hardening process (28 days), continuous increase in the swelling pressures was taken into account in individual calculation phases, up to 20%, 50% and 100% of the pressure determined by the engineering geological survey. This corresponds to gradual increasing of the pressure induced by the swelling ground.

The relative swelling value $B_o = 0.1 - 3.6\%$ (average of 2.01%) was determined on the basis of detailed engineering geological survey. Volumetric changes within the range of swelling pressures of 0.977–1.620MPa were determined on eight specimens from three boreholes, whilst the pressure of 2.600–2.922MPa induced by swelling was determined from a borehole located in a more eastern part. The average swelling pressure values of 1.0MPa were determined.

It is also possible to expect the presence of ground water with a corrosive effect on concrete throughout the tunnel route length. For that reason, the design requires the following measures to be applied to the whole tunnel length:

- installation of the invert;
- installation of reinforced concrete secondary lining throughout the tunnel length;
- secondary lining concrete to be designed for slightly aggressive environment XA1;
- dry drilling for the installation of anchors.

With respect to the low strength of ground, a cutter boom is proposed for ground disintegration. Drill-and-blast operations will have to be used only in the ca 90m-long section formed by sandstone.

5. CONCLUSION

The Okruhliak tunnel is part of the R4 fast highway, which will secure the fluent linking of the territory starting from the boundary with Poland and ending at the boundary with Hungary. The Okruhliak is the tunnel about which we can say that it will connect the north of Slovakia with its south. It is the tunnel which will allow the town with rich history and prospective future to breathe out. It does not come into the fore thanks to its length, but thanks to its importance. But it is at the same time the tunnel which will ultimately link the east of Slovakia with its western part.

*Ing. JURAJ ORTUTA, jortuta@amberg.sk,
Ing. VIKTOR TÓTH, vtoth@amberg.sk,
AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] *Rýchlostná cesta R4 Prešov – Severný obchvat*. DSP, Združenie HBH projekt, spol. s r.o., Alfa04 a.s., Amberg Engineering, s.r.o., Geoconsult, s.r.o., 10/2014
- [2] *R4 Severný obchvat Prešova – Aktualizácia*. DSP– dopravnoinžinierske podklady, HBH projekt, spol. s r.o., 2/2013
- [3] *R4 Prešov – severný obchvat*. DSP – Podrobný geologický prieskum, Geofos spol. s r.o., 2013