

TUNEL KLIMKOVICE – KABELOVÁ ŠACHTA

TVARDEK JIŘÍ, MIROSLAV JANKŮ, LUBOMÍR KOSÍK

ÚVOD

Jedním ze stavebních objektů budovaného tunelu Klimkovice je i stavební objekt – Kabelová šachta. Projektantem objektu byl Amberg Engineering Brno a.s., vlastní realizaci prováděly společně firmy VOKD, a.s. a OKD, DPB, a.s.

Kabelová šachta bude využívána pro přívod el. energie z trafostanice do tunelu a také jako větrací šachta pro přívod čerstvého vzduchu do technologických prostor v tunelových spojkách.

Bylo navrženo technické řešení provedení šachty – vrt \varnothing 2360 mm, vystrojení ocelovou rourou \varnothing 2020 mm, stěny 20 mm, povrchová úprava dle požadavků ZTKP ŘSD ČR, č.j. 111/03-22040, tj. ochranný povlakový systém 8 (žárově stříkaný povlak ZN, epoxidové nátěry, celk. tl. 550mm), zajištění roury cementovou zálivkou.

HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

V místě kabelové šachty je kvartérní pokryv tvořen převážně deluviálními sedimenty jílovitopísčitych hlín s příměsí úlomků matečných hornin. Obsah a velikost úlomků s hloubkou narůstá, nejhlubší vrstvy pokryvů nabývají až charakteru hlinitých štěrků s ostrohrannými úlomky a sutí. Celková mocnost kvartérních pokryvů je zhruba 1,50 – 1,60 m.

Skalní podloží celé lokality tunelu je tvořeno sedimentárními horninami, které náleží ke kyjovickým vrstvám neproduktivního karbonu – kulmu. V předmětné lokalitě kabelové šachty se nacházejí pelitické sedimenty – jílovce a prachovce. Zpravidla jsou tmavě šedé barvy, tence destičkovitě vrstevnaté, místy i masivní.

Na základě průzkumných prací bylo zjištěno, že stavba horninového masívu je velmi stálá. Směr sklonu vrstev je poměrně jednotný a kolísá jen málo kolem směru 280° . Velikost sklonu vykazuje větší variabilitu, kdy nejčastější je plochý sklon do 30° , ale ve vrtech byl zjištěn i velmi strmý sklon. Vzhledem k charakteru změn sklonu je odhadováno, že se jedná spíše o flexury než vrásy.

Dalším významným prvkem masívu jsou příčné nespojitosti. Směr jejich sklonu je kolmý ke směru vrstev a jejich sklon je cca 70° až 90° . Na příčných zlomech jsou založena údolí říčky Polančice a potoka Rakovce. Hladina podzemní vody je v podstatě zakleslá do horninového masívu. Ve většině případů byla hladina spodních vod zastížena až ve zvětralé povrchové vrstvě skalního masívu. Oběh podzemních vod je v podstatné části lokality jednotný – v průlinově puklinovém kolektoru.

STATICKÝ VÝPOČET

Při návrhu a statickém výpočtu kabelové šachty bylo provedeno několik dílčích výpočtů, dle postupu výstavby a konstrukčního návrhu. Stavba se dělí na jednotlivé celky. Byl proveden návrh železobetonového základu na zatížení vrtnou soupravou a na protlačení mikropilotami, které jej nesly a zároveň sloužily jako pažení vrtu v horních souvrstvích.

Dále byl proveden výpočet stability samotného vrtu, únosnost primárního ostění tunelové spojky oslabené otvorem pro šachtu. Ověření vnitřní a vnější únosnosti systému ocelová roura – cementová zálivka – ostění vrtu. V neposlední řadě byly posouzeny všechny ocelové prvky šachty, veškeré svarové a šroubové spoje. Dále je možno zmínit se o problematice kabelové šachty, nepřímou související návrh otvoru oslabeného sekundárního ostění tunelové spojky.

Jako nejvýznamnější se ukazovala otázka stability samotného vrtu, který byl z povrchu přitížen v určitých fázích výstavby svislým zatížením od vrtné soupravy, které dosahovalo až celkové hodnoty 190 kN. Byla ověřena stabilita vrtu výpočtem geotechnickým software PLAXIS 8.2. Redukci prostorové úlohy na 2D problém bylo dosaženo možnosti charakterizovat geometrii šachty a působící zatížení jako rotačně symetrické, použitím výpočtu „Axisymmetric model“. Tento typ výpočtu je možno použít pro konstrukce s jednotným kruhovým průřezem a

zatížením kolem centrální osy, kde se očekává stejná napětí a deformace v jakémkoli radiálním směru.

Dalším problémem, vzhledem k ostění šachty - ocelová roura o průměru 2020 mm a tl. stěny 20 mm, je vynášení soudržnosti s cementovou zálivkou a třením po stěnách vrtu, bylo prokázání vnitřní a vnější únosnosti celého systému. Vnitřní únosnost systému, tj. soudržnost ocelové roury s cementovou zálivkou, je zajištěna přírubami jednotlivých spojů dílců roury. Po délce vrtu je navrženo šest přírubových spojů, s praktickou využitelností pro přenesení svislého zatížení lze počítat u čtyř. Výpočtem, při zanedbání plášťového tření, bylo prokázáno, že napětí pod jednotlivými přírubami nedosahuje očekávané pevnosti v tlaku cementového kamene.

Únosnost zatvrdlé zálivky na rozhraní s horninou - tzv. vnější únosnost, lze vyčíslit obdobně jako plášťovou únosnost mikropiloty na základě délky průměru vrtu a velikosti plášťového tření v hornině, které bylo stanoveno pro daný injekční tlak v horninách R5 a R6 na 200 kPa. Tímto výpočtem byla ověřena dostatečná únosnost celé konstrukce na rozhraní s ostěním vrtu.

Mimo standardní posouzení šroubových a svarových spojů jednotlivých dílců šachty, vnitřního vystrojení, montážních úchytů a ověření únosnosti veškerých ocelových prvků byla posuzována odolnost ocelové roury proti boulení při zatížení injekčním tlakem cementové zálivky.

REALIZACE VÝSTAVBY ŠACHTICE

Práce na šachtici představovala několik etap zahrnujících 18 paprscitě situovaných deset metrů dlouhých mikropilot, zhotovení energetického vrtu pro soupravu Wirth, přípravu ostění v tunelové spojce, realizaci předvrtu a velkopřůměrového vrtu, osazení ocelové roury a zalití cementovou zálivkou.

Mikropiloty byly uspořádány paprscitě v těsném kruhu kolem budoucí šachtice. Umožnily bezpečný průchod velkopřůměrového vrtu kvartérními horninami a současně tvořily opěrný věnec pro betonáž podstavce s jímkou sloužící k ustavení vrtné soupravy. Současně s mikropilotami byl soupravou Nordmayer DSB 2/10 v bezprostřední vzdálenosti vyvrtán dvacetiosmi metrový technologický vrt s průnikem do tunelové spojky - pro zabezpečení přívodu elektrické energie z tunelu pro soupravu Wirth HG 210.

Pro ustavení vrtné stolice byl zhotoven základ vrtné soupravy. Jednalo se o dočasnou konstrukci, jejíž životnost byla několik týdnů.

Souběžně se základem pro stolici bylo prováděno zajištění výrubu tunelové spojky. Nejdříve bylo provedeno zajištění výrubu šesti hydraulicky upínanými svorníky HUS dl. 3,50 m ve vzdálenosti zhruba 200 mm od budoucí stěny vrtu, ve sklonu 30° od svislé osy šachtice. Jejich vzájemná vzdálenost byla 1,50 m po obvodu zárodku. Svorníky po obvodu zárodku byly přednostně umísťovány vzhledem k plochám nespojitosti horninového prostředí tak, aby bránily rozvolňování horniny, vypadávání horninových bloků z ostění a spínaly horninu ve foliaci. Po odstranění primárního ostění a upálení prutové výztuže byl proveden výrub ve vrchlíku spojky směrem svisle vzhůru, tím vznikla ve stropě kruhová plocha v úrovni 270,710 m n.m. o průměru 3,160 m, jejíž střed byl od osy spojky vzdálen 500 mm. Zajištění výrubu bylo stříkaným betonem SB 25 tl. 50 mm.

Vlastní vrtání šachtice bylo zahájeno instalací vrtné soupravy WIRTH HG 210. Montáž vrtné soupravy byla pomocí jeřábu dokončena během 2 dní. Po revizi, kolaudaci a rektifikaci postavení měřičem bylo zahájeno prohlubování cílového vrtu dlouhého 29,1 m s průnikem do tunelové spojky. Cílový vrt o průměru 250,8 mm byl proplachován polymerovým výplachem Argipol v množství 1000 lmin⁻¹. Vrt byl dokončen během 12 hodin s odchylkou 0,097°. Následovala montáž rozšiřovacího tělesa o průměru 2 360 mm technologie Raise boring v tunelové spojce. Rozšiřování vrtu tahem ke stroji probíhalo ve 12-ti hodinových směnách. Celkem 18 hodin při souběžném odtěžování vrtné drtě z paty vrtu.

Parametry vrtné soupravy Wirth HG 210 :
pohon

elektrohydraulický

příkon el. motoru	160 kW
napětí el. motoru	500 V
výstupní otáčky	0 – 49 min-1
max. kroutící moment	100,5 kNm
max. přítlak	1 050 kN
max. tah	1 900 kN
rychlost posuvu	19 m min-1
úklon vrtu	90° – 45°
průměr pilotního vrtu	250,8 mm
maximální průměr	2 360 mm

Pro zdárné zapuštění definitivní výstroje vrtu – ocelové trouby 2020/20 s přírubovými spoji o průměru 14 cm menším než průměr vrtu, bylo žádoucí maximálně zkrátit čas mezi dokončením rozšíření vrtu a vlastním zapouštěním výztuže. Zcela netradičně bylo přistoupeno po odpojení hydrauliky k přemístění vrtné soupravy o váze 20 tun z osy vrtu bez demontáže pomocí jeřábu. Tato operace umožnila ihned po dovrtnání šachty zahájit popouštění ocelové výztuže. Výstroj šachty je zhotovena z podélně svařovaných ocelových trub průměru 2020 mm a tl. stěny 20 mm (1004,8 kg/m). Trouby byly popouštěny pomocí jeřábu DEMAG 120 a speciální plošiny vyrobené pro tuto akci. Celé osazení rour trvalo 14 hodin.

Po osazení výstroje šachty na potřebnou výškovou úroveň pomocí čtyř řetězů, byl proinjektován prostor mezi ostěním trubky a ostěním vrtu. Injektáž byla provedena z úrovně stávajícího terénu, na rubu výstroje šachty bylo osazeno 6 ks injektážních trubek DN 40 mm, spojovaných z dílců dl. 6,00 m pomocí závitů na obou koncích s nátrubkem. Injektáž byla provedena aktivovaným cementovým pojivem.

PARAMETRY OCELOVÝCH TRUB

Celková hloubka šachty:	31,14 m (podlaha kolektoru-podlaha spojky)
délka vrtu:	29,04 m
délka ocelových trub:	26,74 m
Základní díl: roura dl.6,0 m s vystrojením.....	3 ks - Lezní oddělení podesty po 6,0 m metrech, zároveň montážní plošiny pro kabely a požární vodovod, žebříky svislé, délka větve 6,0 m
Horní šachetní díl 1ks:	roura dl. 2,74 m s přírubou pro uchycení fóliové izolace kolektoru
Dolní šachetní díl 1 ks:	roura dl. 6,0 m, vystrojení – viz základní díl, navíc u spodního konce navařena příruba se šrouby pro ukotvení fóliové izolace tunelové spojky

Požadavky na protikorozní úpravu

Úprava povrchu veškerých ocelových konstrukcí dle požadavků ZTKP ŘSD ČR, č.j. 111/03-22040

Vnější i vnitřní povrch ocelové roury je opatřen ochranným povlakovým systémem 8, tj.

základní povlak	žárově stříkaný povlak Zn	150 μm
základní a podkladový nátěr	epoxidový dle DB 687.14	80μm
vrchní nátěr	epoxidový dle DB 687.11/12	2x160μm
celkem		550 μm

Povrch vyměnitelných dílců vystrojení je opatřen ochranným povlakovým systémem 4, tj.

základní povlak	žárově zinkování dle ISO1461	NDFT 70 μm
základní a podkladový nátěr	epoxidový dle DB 687.14	120μm
vrchní nátěr	polyuretanový dle DB 687	80μm
celkem		270 μm

ZÁVĚR

Závěrem je nutno připomenout celkový čas realizace šachtice. Doba realizace šachtice – vrtání, osazování, zálivka, trvala třináct pracovních dní. To znamená značné zkrácení doby realizace oproti klasickému způsobu hloubení. Při porovnání nákladu klasického a výše popsaného způsobu provádění dojdeme ke zhruba shodným hodnotám. Je proto na zvážení projektantů a investorů, zda tento způsob realizace vzhledem k ušetřenému času nepoužít i u jiných projektů.

Ing. Tvrdek Jiří
VOKD, a.s.
Nákladní 1/3179
Ostrava – Moravská Ostrava
e-mail: tvardek@vokd.cz
mob: 602 765 423

Seznam fotografických příloh:

- Obr.1 Usazené rozšiřovací těleso v tunelové spojce
- Obr.1 Usazené rozšiřovací těleso v tunelové spojce
- Obr.2 Těleso po dokončení rozšíření
- Obr.2 Těleso po dokončení rozšíření
- Obr.3 Naváděcí prstenec na popouštěcí stoličce
- Obr.3 Naváděcí prstenec na popouštěcí stoličce
- Obr.4 Roura číslo jedna s naváděcím prstencem připravena k usazování
- Obr.4 Roura číslo jedna s naváděcím prstencem připravena k usazování
- Obr.5 Výškové usazení na řetězových závěsech
- Obr.5 Výškové usazení na řetězových závěsech
- Obr.6 Pohled do vystrojované šachtice
- Obr.6 Pohled do vystrojované šachtice



Obr.1 Usazené rozšiřovací těleso v tunelové spojce



Obr.2 Těleso po dokončení rozšíření



Obr.3 Naváděcí prstenec na popouštěcí stoličce



Obr.4 Roura číslo jedna s naváděcím prstencem připravena k usazování



Obr.5 Výškové usazení na řetězových závěsech



Obr.6 Pohled do vystrojované šachtice