

TECHNOLOGIE RAŽBY - PRŮZKUMNÁ ŠTOLA 0079 ŠPEJCHAR - PELC - TYROLKA

Úvod

Stavba 0079 Špejchar-Pelc-Tyrolka je součástí městského okruhu v Praze, má celkovou délku více jak 4 km a je v převážné míře vedena v podzemí. Ražba tunelů městského okruhu v uvedeném úseku Špejchar-Pelc-Tyrolka bude procházet poměrně složitým geotechnickým prostředím. Na dvou místech budou tunelové trouby podcházet vodní tok - Vltavu a plavební kanál. Zřejmě velmi složitým úsekem bude ražba těsně pod zvodněnými sedimenty nacházejícími se na úpatí svahu z Letné, ve Stromovce u Šlechtovy restaurace.

Ražbou průzkumné štoly byly získány nezbytné informace o skutečném rozhraní mezi skalním nadložím a zvodněnými sedimenty v tomto úseku a bude tak umožněno provádění sanačních injektáží ještě před ražbou samotných tunelů. Provádění jakýchkoli prací z povrchu je v celém prostoru Stromovky vyloučeno, z čehož vyplývá, že pro bezpečný a ekonomicky přijatelný návrh realizace budoucích tunelů Blanka bylo provedení průzkumné štoly naprosto nezbytné.

Popis průzkumné štoly

Zhotovitelem průzkumné štoly je sdružení firem Metrostav a.s. a Energie - stavební a báňská a.s. Celková délka štoly je 1 950 m a je vedena převážně v profilu budoucí jižní tunelové trouby (JTT). V závěrečném úseku na úpatí svahu z Letné, kde byly očekávány velmi náročné geotechnické podmínky, byla průzkumná štola ražena i v profilu budoucí severní tunelové trouby (STT).

Po zkušenostech získaných při ražbě tunelu Mrázovka, o významu přítomnosti průzkumné štoly v později realizovaném tunelovém profilu, je průzkumná štola umístěna excentricky ve vrcholu kaloty budoucího tunelu.

V této poloze průzkumná štola přináší informace o horninovém prostředí z nejdůležitější oblasti - kaloty tunelu a umožňuje i v případě nutnosti dílčí členění výrubu kaloty tunelu při zastižení velmi špatných geologických podmínek. Umístění průzkumné štoly do dna budoucího tunelu nebo jako součást jeho primárního ostění, je považováno v tomto případě za nevhodné.

Teoretický výrub jednokolejné štoly má plochu 10,5 m², teoretický výrub výhybný /rozmístění cca po 150 bm ražené štoly/ činí 18,7 m². Maximální podélný sklon průzkumné štoly je navržen 3,5 %.

V trase průzkumné štoly byly navrženy 2 rozrážky pro provádění geotechnických zkoušek in situ. První z nich je umístěna v blízkosti raženého portálu budoucích tunelů a bude sloužit ke stanovení pevnostních a deformačních parametrů zastiženého horninového prostředí jako podklad pro statické výpočty tunelů a návrh statického zajištění stěn stavebních jam o hloubce až 22,0 m. Druhá rozrážka je umístěna v dobrotivských břidlicích v trase průzkumné štoly.

Realizace průzkumné štoly v trase budoucích tunelů umožnila především :

- provedení podrobného geotechnického průzkumu v kritických úsecích trasy pod Vltavou a Královskou oborou, kde budoucí automobilové tunely budou podcházet silně zvodnělé pokryvné útvary při minimálním skalním nadloží, které pod patou letenského svahudosahuje mocnosti pouze cca 2,0 m
- specifikovat rozsah tektonických poruch
- stanovit průběh řevnických a skaleckých křemenců a rozsah použití trhacích prací
- stanovení parametrů pro návrh tunelového ostění a sanaci horninového prostředí
- zjištění míst s nadměrným přítokem podzemních vod do výrubu
- provedení sanačních injektáží horninového prostředí v místech tektonických poruch a v místech s nadměrným přítokem podzemních vod do výrubu
- zvýšit stabilitu čelby výrubu vlastních automobilových tunelů
- ověření vlivu ražby na okolí

Ražba štoly je prováděna výhradně pomocí trhacích prací, použití jiného rozpojování /frézy/ je rozhodnutím Obvodního báňského úřadu v Kladně vyloučeno.

Inženýrskogeologické poměry

Podkladem pro předběžný inženýrskogeologický průzkum bylo vyhodnocení archivních sond, které již v zájmovém území byly realizovány, ale v rámci podrobného IG průzkumu pro průzkumnou štolu bylo nutno provést novou síť vrtů, které by podaly alespoň základní informace o zastižených horninách a mocnosti říční terasy v trase průzkumné štoly.

Skalní podloží zájmového území tvoří horniny ordovického stáří :

- Řevnické křemence
- Skalecké křemence
- Dobrotivské břidlice
- Libeňské břidlice

Podzemní vodu v zájmovém území lze přiřadit k těmto typům :

- poříční a terasová voda
- podzemní voda v prostředí s průlinovou propustností
- podzemní voda v prostředí s puklinovou propustností v horninách skalního podloží

Poříční a terasová voda, napájená atmosferickými srážkami, je vázána na údolní nivu a terasu Vltavy.

Ordovické horniny představují prostředí s puklinovou propustností. V zájmovém území jsou zastoupena souvrství různého litologického vývoje a tím i různých hydrogeologických vlastností. Relativně nejméně propustné jsou měkké břidlice /Libeňské souvrství/. Břidlice s poněkud větší prachovitou a písčitou příměsí mají hydrogeologické vlastnosti obdobné. Lokální a nevýrazné horizonty podzemní vody vznikají v břidlicích s vložkami křemitých pískovců a křemenců.

Navržená technologie ražby

Průzkumná štola byla ražena novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM). Předpokládalo se zastižení technologických tříd NRTM 2 - 5a, jejichž zatřídění je prováděno na základě klasifikace QTS pro každý záběr. Technologická třída NRTM je definována jako vztah kvality horniny vyjádřené počtem kvalifikačních bodů QTS, velikosti výrubu a reakcí horniny na otevření výrubu a z toho vyplývajících technických a bezpečnostních opatření.

Pro zatřídění do jednotlivých technologických tříd jsou posuzovány :

- pevnost horniny, její struktura a textura
- vliv ploch na oslabení a nespojitosti v hornině, jejich hustota, kvalita kontaktu, jejich průběh ve vztahu ke směru ražení díla
- vliv výplně puklin
- vliv podzemní vody
- způsob přetváření horniny
- vliv rozměrů výlomu, včetně délky předrážení
- hloubka díla pod vrstvou sedimentů /štěrkovou terasou/

Předpoklad zatřídění :

Technologická třída NRTM	Počet bodů QTS	
	jednokolejný profil šířka výrubu 3,3 m	výhybna šířka výrubu 5,5 m
1	58 a více	64 a více
2	49 - 58	53 - 64
3	38 - 49	41 - 53
4	30 - 38	32 - 41
5a	méně než 30	méně než 32

Primární ostění bylo navrženo tl. 100-200 mm ze stříkaného betonu B 20 vyztuženého ocelovými příhradovými rámy z betonářské oceli (BRETEX) a svařovanými sítěmi. Délky záběrů se pohybovaly od 1,0 m do 1,75 m podle zastižené technologické třídy NRTM.

Ke kotvení byly navrženy ocelové tyčové kotvy GEWI \varnothing 18 mm lepené ve vrtech polyesterovými ampulemi Lokset. Délka kotev se pohybovala podle velikosti raženého profilu 2-3 m.

Nad klenbou průzkumné štoly v technologické třídě 5a bylo navrženo jehlování. Do vrtů o průměru 51 mm se osadily injektážní sklolaminátové kotvy WIBOLD O 24. Tyto kotvy se dále injektovaly organicko minerální pryskyřicí WILKIT . Délka tyčí byla navržena 4,0 m á 300 mm s překrytím 1,0 m. V technologické třídě 4 se jehlování provádělo jen v případě potřeby při nestabilitě výrubu v oblastech tvoření větších nadvýlomů.

Před stavbou primárního ostění bylo nezbytné všechny vzniklé nadvýlomy zastříkat stříkaným betonem. Po zastříkání nadvýlomů se osadila svařovaná síť a příhradový rám BRETEX (mimo tř. 2 NRTM) a to vždy 1 ks na 1 záběr.

Příhradové rámy BRETEX se osazovaly od čelby v osové vzdálenosti 300 mm. Toutéž hodnotou se uvažovala i nerovnost čelby. Při délce záběru 1,0 m potom činila délka nezajištěného výrubu 1,50 m.

Samotná ražba probíhala z těžní šachty oválného tvaru o světých rozměrech 7,1 x 5,8 m umístěné na pravém břehu Vltavy cca 200 m od břehu v městské části Trója. Ostění

těžní šachty je tvořeno převrtávanými betonovými (železobetonovými) pilotami o DN 780 (880) mm v místě průchodu říční terasou a stříkaným betonem tl. 300 mm s ocelovými výztužnými rámy a sítěmi ve skalním podloží.

Paty pilot byly před samotným hloubením těžní šachty proinjektovány cementovou suspenzí za účelem snížení rizika přítoků podzemní vody do šachty v místech narušení horniny vrtáním pilot.

Hloubka šachty na dno průzkumné štoly činí 15,3 m, celková hloubka na dno akumulací a čerpací jímky potom má hodnotu 20,8 m.

Pro bezpečné zahájení vlastní ražby průzkumné štoly byl navržen mikropilotový deštník. Z úrovně -13 ,00 m byly provedeny mikropiloty nad obrysem budoucí štoly v počtu 20 ks na obě strany ražeb z těžní šachty - do vrtů profilu 115 mm o délce 8,0 m a max. sklonu 3 st. byly osazeny ocelové trubky 70/12 a zainjektované cementovou suspenzí.

Bezpečnost

Kromě dalších opatření, vynucených zejména pro bezpečnou ražbu pod Vltavou a plavebním kanálem bylo navrženo provádět dlouhé dovrchní předvrtý. V místech bezprostředního ohrožení průvalem jsou navrženy dva, v ostatních případech pouze jeden. Jejich délka byla navržena 23 m s plánovaným překrytím 3 m. Některé byly navrženy jako jádrové o průměru 76 mm, ostatní jako bezjádrové o průměru 46 mm.

Hlavním účelem prováděných předvrtů bylo zmapování případných zvodní v předpolí ražby průzkumné štoly. Byly vrtány přes obturátor tak, aby v případě zastižení zvodnělého horninového prostředí bylo možné vrt jednoduchým způsobem uzavřít. Po provedení se po ustálení přítoku se měřila velikost působícího hydrostatického tlaku.

Monitoring při ražbě štoly

S geotechnickým průzkumem a ražbou štoly souvisí monitoring, který zahrnuje sledování deformací bodů na terénu, sledování stávající nadzemní zástavby a inženýrských objektů, konvergenční měření, dynamická a akustická měření, průkazné zkoušky svorníků atd. Celý systém monitoringu při ražbě průzkumné štoly je již součástí měření a sledování výstavby samotných tunelů.

Jmenovitě se jedná zejména o tato měření :

- geodetické body na terénu
- měření deformací objektů nadzemní zástavby
- sledování a měření poruch objektů nadzemní zástavby
- konvergenční měření
- presiometrická měření
- geotechnické a geologické sledování výrubů
- hydrogeologické sledování
- bilance přiváděné a odváděné vody z průzkumné štoly
- vodní tlakové zkoušky
- dynamická a akustická měření
- průkazná měření únosnosti svorníků
- geofyzikální měření

Z hlediska ražeb průzkumné štoly mezi nejdůležitější měření patří měření deformací primárního ostění - měření konvergenční a dále měření deformace terénu.

Projektantem byly určeny maximální hodnoty takto :

- deformace terénu - 20 mm
- konvergence primárního ostění - 25 mm

Dosahované hodnoty deformací při ražbě průzkumné štoly nepřevýšily 3 mm u deformace terénu a 15 mm u deformace primárního ostění.

Neméně důležitým měřením je monitorování dynamických a akustických účinků ražby průzkumné štoly při použití trhacích prací. Ve všech provedených měřeních nebyla překročena hranice isosiesty 5 mm/s - mezní hodnoty určené v projektové dokumentaci.

Závěr

Realizovaná průzkumná štola tak poskytuje velmi dobré informace o pevnosti a přetvárných vlastnostech horninového prostředí, přítomnosti podzemních vod, možnosti provádění sanačních injektáží, tedy vše důležité pro bezpečný a ekonomický návrh realizace automobilového tunelu pražského městského okruhu v této lokalitě.