

PROJEKT NOVÉHO TŘEBOVICKÉHO TUNELU

Ing. Petr SVOBODA, ILF Consulting Engineers, s. r. o.

1 ÚVOD

Stávající Třebovický tunel se stal na dlouhá léta noční můrou všech „barabů“ a z hlediska obtížnosti inženýrskogeologických podmínek nemá v České republice obdoby. Jeho historie začíná v roce 1842, kdy začaly práce na výstavbě dvoukolejného železničního tunelu délky 508 m. Těžkosti, se kterými se naši předkové jen s velkými obtížemi dokázali vypořádat byly příčinou prodloužení doby výstavby až na 31 měsíců. Komplikace při



výstavbě zapříčinily pětinasobné překročení původního rozpočtu. Uvedením dvoukolejného tunelu do provozu v roce 1845 však smutná historie tunelu nekončí. Krátce po zahájení provozu se na obezdívce objevily závady, které vedly na některých místech k zajištění tunelu výdřevou. Situace vyvrcholila rozhodnutím o opuštění tunelu a zřízení objízdné trasy po povrchu se zahájením provozu v roce 1866. V tunelu došlo k degradaci ostění a četným závalům. Po vzniku Československé republiky bylo rozhodnuto tunel obnovit a provozovat v něm jednu z kolejí zdvoukolejné tratě Olomouc – Česká Třebová. Za 24 měsíců byl tunel znovu vyražen, tentokrát již jen jako jednokolejný. Ani nově navržené ostění nedokázalo vzdorovat bobtnacím tlakům plastických jíílů, které obklopují stávající tunel. Protože v současné době tunel opět nevyhovuje z hlediska průjezdného průřezu a ostění je místy poškozeno, zpracovala firma ILF Consulting Engineers, s. r. o. v roce 1996 studii proveditelnosti rekonstrukce stávajícího tunelu. Z mnoha variant byly do konečného posouzení vybrány tři. Jednalo se o ražbu tunelu se zlepšením prostředí zmrazováním, ražbu s využitím mikrotunelování a rekonstrukci tunelu v otevřené stavební jámě se zpětným zasypáním nově vytvořené konstrukce. Z technickoekonomického posouzení variant vyšla jako vítězná varianta třetí. Vývojem času byla myšlenka rekonstrukce stávajícího tunelu opuštěna a v rámci přípravné dokumentace stavby byla nalezena nová stopa, optimalizovaná jak z hlediska výstavby nového třebovického tunelu, tak zejména z hlediska provozních nákladů, které hrají v dlouhodobém časovém horizontu významnou roli. V úrovni dokumentace projektu stavby se opět „dostala do hry“ firma ILF Consulting Engineers, s. r. o., která projekt tunelu zpracovala formou subdodávky pro projektanta celého traťového úseku, firmu Metroprojekt Praha, a. s.

Článek popisuje navržené technické řešení Nového třebovického tunelu, který je budován v rámci optimalizace traťového úseku Krasíkov – Česká Třebová na 2. železničním koridoru.

2 INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY

Geologické prostředí, ve kterém bude stavba realizována, tvoří tercierní jíly tuhé až pevné konzistence s výskytem písčitých proplátek a čoček. Písečné polohy, uzavřené

v nepropustném komplexu neogenních jíílů, jsou zpravidla zvodnělé s napjatou hladinou podzemní vody. Kvartérní pokryv ležící na neogenních jíílech tvoří sedimenty o celkové mocnosti od 2,8 do 10,3 m. Fluviální sedimenty, zastoupené různě zrnitými písky, tvoří ve střední části tunelu podstatnou část nadloží.

V kvartérních sedimentech se vytváří mělký kolektor spodní vody závislý na množství srážek. Hladina podzemní vody se objevuje cca 1-7 m pod povrchem. Maximální zjištěný výkyv hladiny, způsobený povrchovými srážkami, činil maximálně 1-1,5 m. V tercierních jíílech je podzemní voda vázána téměř výhradně na písčité vložky a polohy s dobrou průlinovou propustností. Samotné jííly tvoří pro vodu prakticky nepropustné prostředí. Ve střední části tunelu průzkum zastihl v hloubce 21,0 m rozsáhlou akumulaci zvodnělých písků, vytvářející významný kolektor se značnou kapacitou podzemní vody. Značný rizikový faktor představuje přítomnost zvodnělých poloh. Komplikaci při výstavbě tunelu představuje i v současnosti již uzavřená skládka tuhého komunálního odpadu. Během provedeného průzkumu ani místním šetřením se nepodařilo zjistit přesný rozsah skládky ani typ ukládaného odpadu. Pro zjištění alespoň přibližného rozsahu skládky navrhl zpracovatel dokumentace geofyzikální měření. Neocenitelné informace přináší historické materiály z výstavby a rekonstrukce stávajícího tunelu. Na rozdíl od IG průzkumu poskytují dobové materiály představu o chování zastižených materiálů při ražbě větších profilů, které nelze získat vzhledem k velikosti výrubu ani při ražbě průzkumných štol. Protože informace považujeme za zajímavé nejen z hlediska geotechnického, uvádíme v dalším textu krátký historický přehled.

3 STÁRÝ TUNEL

Archivní materiály popisují horninové prostředí a těžkosti spojené jak s výstavbou tunelu, tak i předportálových zářezů. Ještě před zahájením ražby tunelu v roce 1842 navrhl inspektor Negrelli zřízení tunelu v otevřeném zářezu. Proti této variantě stála celá řada námitek a zejména pak poukaz na obtíže spojené s výstavbou mnohem menších zářezů na portálech tunelu. Rovněž zřízení hlubokého zářezu na místo tunelu bylo odmítnuto s ohledem na vysoké náklady na údržbu a zajištění průjezdnosti. Při ražbě a zdění ostění způsobovalo velké problémy nestabilní horninové prostředí. V modrém plastickém jíílu se za přítomnosti vzduchu opět nastartovaly velkým tlakem pozastavené hnilobné procesy. Jíl byl vydatně dotován podzemní vodou z písčitých proplásků a čoček, z kvartérních pokryvů, ale i srážkovou vodou přiváděnou do podzemí těžními a přístupovými šachtami. Působením vody a vzduchu měnil svou konzistenci a bobtnal. Ještě horší situaci popisují materiály v případě rekonstrukce tunelu. Vlivem deformací způsobených zavalením tunelu a za přítomnosti vody z těžních a přístupových šachet došlo k prohnětení jíílů, které vedlo ke změně konzistence. Při nové ražbě prováděné v rámci rekonstrukce byly v prostoru tunelu nalezeny předměty, které do tunelu „propadly“ nadloží. Lokálně byl tunel vyplněn materiálem až po úroveň horní klenby.

4 STÁVAJÍCÍ STAV A NOVÝ TUNEL

Stávající dvoukolejná trať je mezi stanicemi Třebovice a Rudoltice v Čechách vedena jako dvě samostatné jednokolejné tratě. Kolej č.2 provozovaná ve směru z Rudoltic do Třebovic prochází starým Třebovickým tunelem. Kolej č.1 vede po povrchu a je provozována ve směru z Třebovic do Rudoltic. Kolejové uspořádání vzniklo s ohledem na sklonové poměry ve třicátých letech minulého století při zdvoukolejňování hlavních železničních tratí ve směru západ – východ.

Předmětem dokumentace byl projekt nového třebovického tunelu v trase nalezené a schválené v úrovni přípravné dokumentace. Vzdálenost nové trasy od stávajícího tunelu nepřesahující 120 m a informace o složení masivu z hlediska inženýrskogeologických vlastností nám umožnilo zahájit přípravné práce na projektu ještě před konečným vyhodnocením výsledků inženýrskogeologického průzkumu.



Cenné informace získané při zpracování již zmiňované studie proveditelnosti byly postupně doplňovány dílčími výsledky paralelně prováděného IG průzkumu. Díky dobré spolupráci s firmou provádějící průzkum se nám podařilo částečně ovlivnit jeho rozsah a náplň a získat tak další cenné informace o parametrech a chování zemin zastoupených v zájmovém území

Nový třebovický tunel délky 550 m se nachází v širokém plochém sedle tzv. Třebovské bráně. Tunel je situovaný jižně od tunelu stávajícího, podchází vzdušné vedení 22 kV, silnici I/43 Česká Třebová – Svitavy a kolej č.1 stávající trati Krasíkov – Česká Třebová. Tunel leží částečně v přímé a částečně ve směrovém oblouku o poloměru 850 m.

S ohledem na inženýrskogeologické poměry dotčené lokality a dochované materiály o stavbě a rekonstrukci starého třebovického tunelu jsme zvažovali několik variant výstavby nového tunelu nebo i zřízení hlubokého zářezu. Vzhledem k dříve schválenému směrovému a výškovému vedení trasy byl vyloučen hluboký otevřený zářez. Z celé řady možností, od zřízení tunelu v otevřené stavební jámě po cyklickou ražbu pod ochranou klenby vytvořené mikrotunelováním popř. zmrazováním horniny, zvítězila metoda kombinující hloubení s ražbou pod ochranou stropní desky a podzemních stěn. Ražené varianty, výhodné zejména z hlediska omezení přeložek a výluk na komunikacích vedoucích v nadloží tunelu, se vzhledem k složitosti IG podmínek ukázaly jako nevhodné.

4.1 Popis konstrukčního řešení a návrh příčného řezu

V podélném směru je tunel rozdělen na 44 tunelových pásů délky 12,5. Ostění tunelu tvoří dvě řady podzemních stěn, prostě uložená stropní deska a částečně vetknutá spodní deska. Pouze portálový pás P2 rudoltického portálu je budován v otevřené stavební jámě jako uzavřený rám. Délka bloku betonáže odpovídá délce tunelového pásu. Boční stěnu tunelového pásu tvoří dvě lamely podzemní stěny délky 6,25 m.

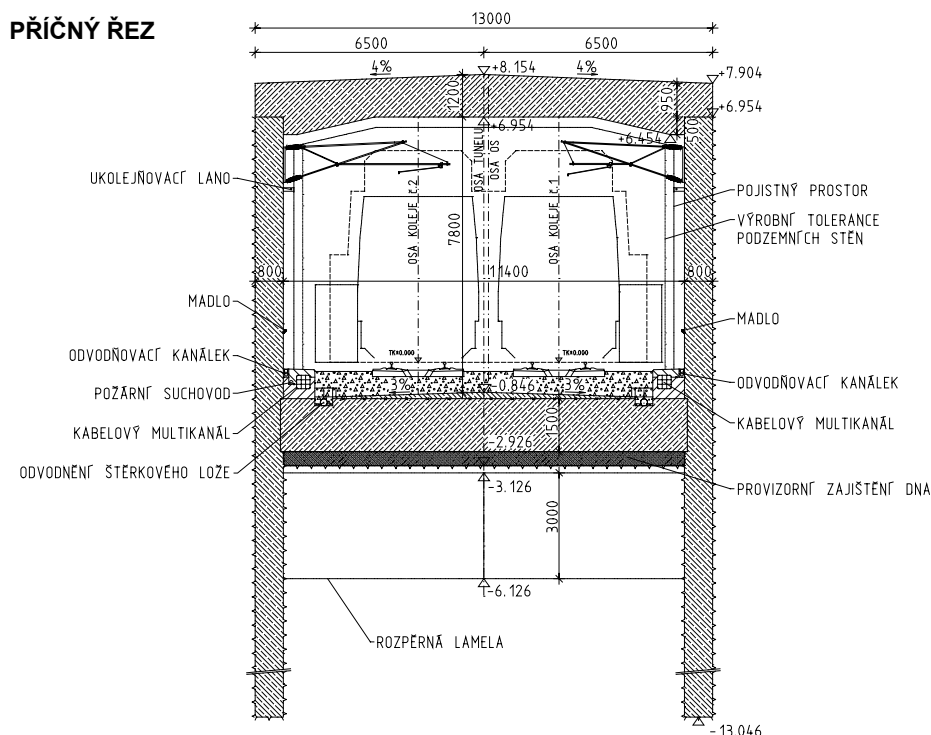
V místech zámků podélných lamel jsou pod úrovní dna tunelu vybudovány rozpěrné příčné lamely. Na nutnost rozepření podzemních stěn i ve spodní úrovni v předstihu před začátkem ražby poukázal statický výpočet. Konstrukce byla řešena metodou konečných prvků jako 3D úloha.

Z hlediska použité nosné konstrukce je tunel rozdělen na dva typy, které se liší tloušťkou stropní desky a hloubkou podzemních stěn. Použití příslušného typu konstrukce odpovídá výšce nadloží a dělí tunel na dva příportálové úseky a jeden úsek mezilehlý. V příportálových úsecích délky 125 m a 100 m má stropní deska tloušťku 900 mm, podzemní stěny o tloušťce 800 mm dosahují hloubky 18 m. Ve střední části tunelu o délce úseku 312,5 m mají podzemní stěny hloubku 20 m a tloušťka stropní desky dosahuje 1200 mm. Tloušťka spodní desky je v celé délce tunelu 1500 mm.

Příčný řez tunelu je navržen pro „Sdružený tunelový průjezdný průřez pro elektrizovanou trať“ s pojistným prostorem 300 mm podle návrhu normy ČSN 73 7508 – Železniční tunely. Nutné rozměry vnitřního teoretického líce ovlivňuje dále převýšení koleje 135 mm a výrobní tolerance podzemních stěn. Osa tunelu je od osy kolejí odsazena o 130 mm. Tunnel je vybaven záchrannými výklenky situovanými vstřícně po obou stranách tunelu ve vzdálenosti 25 m. Ve výklencích jsou umístěny kabelové šachty a v každém druhém výklenku šachty s výtakovými ventily požárního suchovodu, zásuvky pro odběr elektrické energie a vypínače osvětlení. Požární suchovod je stejně jako devítiovorové kabelové multikanály pro převod slaboproudých a silnoproudých vedení zabetonován do pochozí stezky o šířce 900 mm. Další bezpečnostní prvek představuje madlo osazené po obou stranách tunelu.

Trakční vedení je zavěšeno na nosných konzolách připevněných k boku ostění pomocí vysokopevnostních ocelových kotev $\varnothing 20$ mm, resp. $\varnothing 16$ mm, osazovaných dodatečně do vrtů v železobetonovém ostění z betonu C25/30.

Odvodnění kolejového lože je řešeno v příčném směru vyspádováním výplňového betonu pod kolejovým ložem od středu tunelu ve sklonu 3% k postraním tunelovým stokám o $\varnothing 200$ mm s plochým dnem. Voda je v podélném směru svedena ve sklonu tratě cca 7‰ k výjezdovému portálu. Podél podzemních stěn definitivního ostění jsou v pochozí stezce navrženy podélné odvodňovací žlaby. Úkolem žlabů je zachytit případné průsaky přes ostění tunelu a zabránit tak namrzání pochozí stezky v zimním období.



4.2 Technologie výstavby

4.2.1 Práce na povrchu

Všechny práce prováděné z povrchu musí být z důvodu přeložky komunikace I/43 Svitavy – Česká Třebová rozděleny na dvě etapy. Po vybudování objízdny komunikace budou zahájeny práce na části jámy u rudoltického portálu. V první fázi dojde k odtěžení stavební jámy na úroveň pro hloubení podzemních stěn. Stavební jáma bude odtěžována postupně po jednotlivých etážích s výškou max. 4 m Dočasnou stabilitu

všech etážích zajišťuje jednotný sklon 1:2 a 100 mm stříkaného betonu s jednou výztužnou sítí. Druhou etáž navrženou v písčitých sedimentech navíc zajišťují zarážené hřeby Ø25 mm a délky 4 m. Z úrovně dna stavební jámy budou po jednotlivých lamelách do předem připravených vodících zídek hloubeny a betonovány podzemní stěny. Podélné železobetonové lamely ostění tunelu z betonu C25/30 a s výztuží 10 505 (R) mají délku 6,25 m. Současně s podélnými lamelami jsou v místech zámků lamel betonovány rozpěrné lamely příčné. Nosnou část rozpěrné lamely tvoří beton C25/30. Zbývající část lamely, určenou k vybourání při ražbě tunelu, vyplňuje beton C8/10. Po úpravě koruny jednotlivých lamel se na upravený terén mezi podzemní stěny vybetonuje vrstva podkladního betonu, položí separační folie a následně smontuje výztuž stropní desky.

Upravená koruna podzemních stěn bude ošetřena krystalizačním nástřikem. Do spár se připevní expanzní těsnící pásy. Na upravený terén je vybetonována stropní deska tunelu. Délka bloku betonáže desky 12,5 m odpovídá délce tunelového pásu. Po odbednění je do připravených žlábků ztuhlým krystalizačním tmel a vnější líc stropní desky se ošetří krystalizačním nástřikem. Následně se okolo stropní desky zřídí jílové těsnění a deska je zpětně přesypána do tvaru původního terénu. Po provedení první fáze výstavby je komunikace I/43 Svitavy – Česká Třebová přeložena zpět do své původní osy a celý postup se opakuje na straně tunelu blíže k třebovickému portálu.

4.2.2 Práce pod ochranou stropní desky a podzemních stěn

Po ukončení zpětných zásypů následuje od rudoltického portálu dovrchní ražba kaloty tunelu. Rozhodující roli hraje ochrana dna před poškozením těžkou dopravou, ale i před rozmáčením technologickou vodou nebo vodou z pískových čoček. Maximální délku záběru v kalotě určuje vzdálenost příčných rozpěrných lamel. Bezpečnost ražby zvyšují 10 m dlouhé průzkumné předvrty prováděné v předstihu pro zjištění a odvodnění zvodnělých poloh písků. Kalota bude odtěžena v celé délce tunelu. Ražba druhé etáže probíhá ze dna kaloty s ústupem. Provizorní zajištění dna betonem C16/20 s výztužnou sítí následuje ihned po odtěžení. S minimálním technologickým odstupem za provizorním zajištěním musí být provedena betonáž spodní desky definitivního dna tunelu. Před montáží výztuže se ošetří pracovní spáry krystalizačními nátěry a osadí těsnící expanzní pásy. Po montáži výztuže je na povrch betonu provizorního zajištění dna aplikován krystalizační nástřik. Betonáž spodní desky probíhá v blocích délky 12,5 m. Do předem připravených žlábků u pracovních spár bude ztuhlým krystalizačním tmel. Zároveň se zatmelí i spáry zámků jednotlivých lamel podzemních stěn. Na očištěný povrch podzemních stěn je nanesen krystalizační nátěr.

4.2.3 Hloubený tunel

Tunelový pás P2 rudoltického výjezdového portálu je jako jediný budován v otevřené stavební jámě. Technologie vyplývá z nevhodných terénních podmínek pro budování podzemních stěn. Stabilitu jámy zajišťuje kotvená pilotová stěna. Návrh pilotové stěny je vyvolán nutností zajistit základ mostního provizoria převádějící po dobu výstavby kolej č.1.

4.3 Zajištění požadované třídy vodotěsnosti ostění

Ostění tunelu, navržené jako jednoplášťové z betonu odolného proti průsakům vody, přebírá a plní mimo funkce nosné i funkci izolační. Pro posílení vodotěsnosti betonového ostění budou aplikovány na ostění krystalizační nátěry. Jedná se o doposud největší použití těchto materiálů v síti Českých drah. Krystalické materiály jsou práškové kompozity na bázi portlandského cementu, velmi jemného křemičitého písku a mnoha aktivních chemikálií. Před aplikací se směs míchá s vodou, čímž vznikne kašovitá směs, která se formou nátěru nebo nástřiku aplikuje na povrch betonu. Chemikálie vyvolávají katalitickou reakci, způsobující tvorbu nerozpustných vláknitých krystalů v pórech a kapilárách betonu. Samotná vrstva krystalického nátěru nemá těsnící funkci, beton se proti průnikům kapaliny ve všech směrech dotěsní přímo uvnitř kapilární

struktury. K aktivaci potřebují krystalizační látky vodu pronikající do konstrukce. Krystalizační nátěr se aplikuje vždy na dostupné plochy ostění, tzn. horní líc stropní desky, vnitřní líc podzemních stěn a horní líc provizorního zajištění dna. Na povrch pracovní spáry je opět použit nátěr krystalizačním materiálem jako základní opatření proti průniku vody. Do každé spáry se osadí dva expanzní těsnící pásy a po zabetonování druhé části konstrukce



se do předem připraveného nebo do ostění vysekaného pozlábku ve tvaru „U“ zhutní krystalizační tmel, který plní funkci pojistky při selhání expanzních pásků.

4.4 Návrh geotechnického monitoringu

Kontrolní geotechnické sledování během výstavby je rozděleno na systém povrchového sledování během hloubení stavební jámy a měřicí systémy během ražby. V rámci realizace povrchových zemních prací navrhujeme pro sledování chování horninového masivu standardní geodetickou metodu. Systém měření spočívá ve vytvoření měřicích profilů z pevných bodů, jejichž posun v čase se sleduje a vyhodnocuje. Monitoring realizovaný z tunelu během ražby slouží k měření deformací železobetonové konstrukce a změn v okolním geologickém prostředí, vyvolaných touto činností. Ke zjištění velikosti deformací včetně vývoje deformací v čase a následnému porovnání s výpočtovými hodnotami jsou navržena geodetická měření, doplněná měřeními deformačními. Měření zajišťují malé strunové deformetry ve stropní a spodní desce a tyčové strunové deformetry v podzemních stěnách. Při sledování změn v geologickém prostředí se omezuje na sledování otevřeného dna tunelu. Při sledování deformací dna se jedná především o kluzný deformetr. Toto zařízení umožňuje monitorovat axiální deformace (zkrácení příp. prodloužení) podél měřené přímky, kterou představuje speciálně vstrojený svislý vrt. Samotný měřicí přístroj je přenosná sonda a měření mají etapový charakter. Pro doplnění informací ze dna hloubeného tunelu jsou navržena měřidla pórového tlaku. Předpokládáme, že vztlak působící na dno tunelu se projeví poklesem pórových tlaků, další vývoj pórových tlaků očekáváme při následném zatížení spodní desky a konsolidaci jílu v podzákladí. Osazení měřidel předpokládáme zatlačení přímo do odkrytého dna před pokládkou podkladního betonu. Navrhujeme použití piezometrů se strunovým čidlem na snímání tlaku vstupující vody.

5 ZÁVĚR

Nový třebovický tunel je objemem investičních nákladů určitě jedním z největších stavebních objektů v rámci modernizace koridorových tratí v České republice. Jedná se zároveň o dílo unikátní kubaturou budovaných podzemních stěn, navrženým jednoplášťovým ostěním i rozsahem použitých krystalizačních nátěrů. Navržené řešení představuje transparentní systém těsnění konstrukce s možností sanací případných lokálních průsaků opět pomocí krystalizace. V případě použití mezilehlé pláštěvé izolace by byla sanace bez dalších rozsáhlých opatření nemožná.

Realizace stavby klade velké nároky na koordinaci jednotlivých stavebních postupů, ale i kvalitu prováděných prací. Naší snahou bylo maximálně zjednodušit konstrukční řešení a tím vlastní provádění stavebních prací. Přesto bude záležet na všech účastnících výstavby a především na technickém dozoru investora zda bude tunel realizován

v požadovaném termínu i kvalitě. Tak bude konečně po více než 150 letech realizován záměr inženýrů budujících dráhu z Olomouce do Prahy - převést trať sedlem u Třebovic dvoukolejným tunelem.

Literatura:

Hons Josef - Velká cesta (1947)

ČD, DDC Optimalizace traťového úseku Krasíkov - Česká Třebová, „nový třebovický tunel“ - podrobný geotechnický průzkum. GeoTec-GS a.s., leden 2001

ČD, DDC Optimalizace traťového úseku Krasíkov - Česká Třebová, „nový třebovický tunel“ - doplňkový geotechnický průzkum. GeoTec-GS a.s., září 2001

ČD, DDC Optimalizace traťového úseku Krasíkov - Česká Třebová, SO 55-21-01 Tunel Třebovice II, projekt stavby, ILF Consulting Engineers, říjen 2001