

Pražský portál tunelu Prackovice – modelování a výstavba

M. Hilar, M. Srb, J. Nosek
D2 Consult Prague s.r.o. a FSv ČVUT, ČR

SOUHRN: Tunel Prackovice je situován na úseku dálnice D8 mezi městy Lovosice a Řehlovice. Tunel má dvě jednosměrné trouby délky 270 m a 260 m, obě trouby jsou dvoupruhové. Tunel byl ražen v prostředí bazaltů a tufů, horninový masiv byl značně ovlivněn komorovými odstřely, které byly v minulosti prováděny při těžbě čediče v lomu Prackovice. V roce 2005 byla v rámci geotechnického průzkumu zhotovena průzkumná štola. Ražba vlastního tunelu proběhla bez výraznějších komplikací v letech 2008 až 2009. Následující článek popisuje některé aspekty výstavby a zpětné numerické výpočty provedené pro oblast pražského portálu, kde vzhledem k významnějšímu nárůstu deformací bylo třeba využít dodatečná stabilizační opatření.

1. ÚVOD

1.1. Základní údaje

Tunel Prackovice je budován v rámci dálničního úseku 0805 Lovosice - Řehlovice dálnice D8. Jedná se o poslední nedostavěný úsek dálničního tahu Praha – Ústí nad Labem – státní hranice ČR/SRN. Dálnice D8 je součástí mezinárodního dálkového tahu E55 Stockholm – Rostock – Praha – Linz – Ravenna, který spojuje Baltické a Jaderské moře.

Tunel Prackovice je dálniční tunel se dvěma samostatnými troubami o délkách 270 m (levá tunelová trouba - LTT) a 260 m (pravá tunelová trouba - PTT). V každé troubě prochází dvoupruhová komunikace kategorie T 9,5.

Zhotovitelem stavby tunelu je společnost Metrostav, která získala zakázku v rámci sdružení firem SSŽ, Metrostav, SMP CZ a Berger Bohemia, RDS připravily firmy Tubes a Valbek, koordinátorem stavby byla firma Prago-projekt, investorem stavby Ředitelství silnic a dálnic ČR, technický dozor provádí firma Infram a geotechnický monitoring firma AZ Consult.

1.2. Geologické poměry

Hloubená a ražená část obou tunelových trub je vedena územím, které lze z hlediska geologické stavby a morfologie terénu charakterizovat jako velmi komplikované prostředí. Lokalita tunelu je součástí terciérního komplexu vulkanických hornin Českého středohoří. Jednotlivé lávové výlevy bazaltu a příbuzných horninových typů, vícenásobně střídají sopečné vyvrženiny – pyroklastika. Nejčastěji se jedná o sopečný popel – tuf s příměsí zrn a úlomků vyvrženin a případně izolovanými lávovými kameny a balvany vyvrženými v průběhu vulkanických ex-

plozí. Sopečné tufy mají charakter úlomkovitě až kusovitě odlučné horniny s pórovitou nebo konglomerátovou strukturou. Hydrogeologické poměry jsou příznivé, hladina podzemní vody se nachází přibližně 10 m pod niveletou dálnice.

1.3. Průzkumná štola

V rámci zpřesnění geologického průzkumu byla provedena ražba průzkumné štoly. Průzkumná štola prochází v ose levé tunelové trouby. S ohledem na komplikované podmínky ražby v úvodní části průzkumného díla, byl začátek štolovaného úseku posunut o cca 40 m směrem do hory, kde byla vyhloubena nejprve svislá šachta. Následně byla ze šachty vyražena na opačnou stranu skalního masivu kopce Debus průzkumná štola. Štola má podkovový profil a je vyztužena primárním ostěním tloušťky 200mm. Realizace průzkumné štoly velmi zpřesnila poznatky o geologii v zájmové oblasti a během ražby byla používána jako přístupová komunikace k ústeckému portálu.

2. PRŮBĚH VÝSTAVBY

2.1. Předstihové práce

Přípravné práce k zahájení ražby tunelu byly zahájeny v roce 2005 výstavbou průzkumné štoly. Ražba štoly odhalila výraznou nestabilitu masivu narušeného komorovými odstřely v lomu Prackovice. Následně byly práce na tunelu zastaveny. V dubnu 2008 byl zpracován doplňující průzkum pro ověření kvality tunelového nadloží v okolí pražského portálu.

2.2. Zahájení ražby tunelu

Samotná výstavba začala stabilizací svahů a realizací pražského portálu v roce 2008 (obr.1). Zajištění portálu je tvořeno soustavou hřebíků v kombinaci se stříkaným be-

tonem. Celkovou stabilitu stěnového bloku zajišťují tři úrovně pramencových kotev. Celá první etáž portálu byla proinjektována. Nad obrysem tunelových trub byly zhotoveny mikropilotové deštníky délky 20 m. Vzhledem k narušenosti horninového masivu dosahovala injekční spotřeba na jeden vrt až 5000 l (násobek běžných hodnot).



Obrázek 1. Oblast pražského portálu před zahájením ražby

Ražba Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM) od pražského portálu byla zahájena v září 2008. V oblasti portálu byla ražba prováděna v technologické třídě 5a, kalota byla dělena na dvě části a bylo využíváno jehlování (obr.2).



Obrázek 2. Ražba se členěnou kalotou

2.3. Stabilizace pražského portálu

Začátkem prosince 2008 byl v rámci monitoringu zaznamenán výraznější nárůst deformací pravé strany portálové stěny, ke kterému došlo v důsledku přerušení předpjatých lanových kotev zasahujících do profilu PTT. Jako ochranné opatření bylo navrženo přitížení portálové paty betonovým blokem a dokotvení portálu 5 lanovými kotvami délky 28 m. Blok z monolitického betonu (obr.3) objemu 350 m³ byl přikotven pomocí 32 šikmých mikropilot délky

12 m. Po ustálení deformací byla přetnuta poslední pátá kotva zasahující do profilu PTT, aby bylo mož-



né pokračovat v ražbě.

Obrázek 3. Pohled na přitěžovací betonový blok mezi tunely

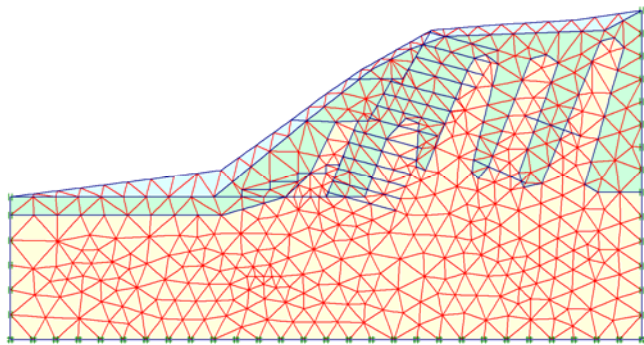
2.4. Dokončení ražby

Po překonání složitého úseku ražby v oblasti pražského portálu neprovázely ražbu žádné větší komplikace. Postupně se přešlo na vystrojení dle technologické třídy 4 bez vertikálního členění kaloty. V profilu PTT byly zastiženy bazalty vysoké pevnosti a bylo nutné použít trhací práce. Stavba ústeckého portálu byla zkomplikována obtížnou přístupností portálu (chráněné území Uhelná strouha, zalesněná oblast s nutným povolením pro dopravu techniky). Proto byla jako přístupová cesta využívána průzkumná štola. Ražba tunelu Prackovice byla úspěšně dokončena v polovině roku 2009.

3. NUMERICKÁ ANALÝZA PORTÁLU

3.1. Popis modelu

Pro zpětnou analýzu chování portálové stěny byl vytvořen numerický model. Model byl vytvořen v programu Plaxis pomocí MKP (metoda konečných prvků). Pro výpočet byly použity střední hodnoty parametrů horninového masivu (tab.2). Pro zajištění svahu byly použity prvky v souladu s projektem a výstavbou (lanové kotvy, hřebíky, vrstva stříkaného betonu). V souladu s průběhem výstavby bylo simulováno přerušení spodní úrovně lanových kotev. Následně byla simulována stabilizace portálu monolitickým betonovým blokem. Stabilizace portálu betonovým blokem byla posouzena jak s betonovým blokem bez mikropilot, tak i s betonovým blokem umístěným na mikropilotách.



Obrázek 4. Geometrie modelu

Tabulka 1. Parametry horninového masivu použité v základních výpočtech (střední hodnoty)

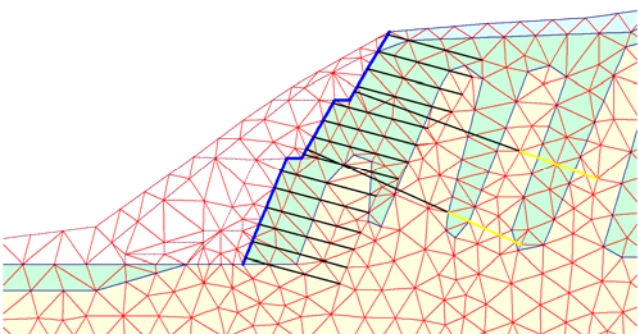
Vrstva	Popis vrstvy	γ kN / m ³	E _{def} MPa	c kPa	ϕ °	ν
N, Q5	Suť a odval	19,0	7,5	8	29	0,35
N12, N13a	Tuf rozložený, tuf zvětralý	19,5	100	35	29	0,30
N13b, N15	Tuf nezvětralý, bazalt zvětralý	23,5	650	40	36	0,26

Tabulka 2. Parametry horninového masivu použité v konzervativním výpočtu (nepříznivé hodnoty)

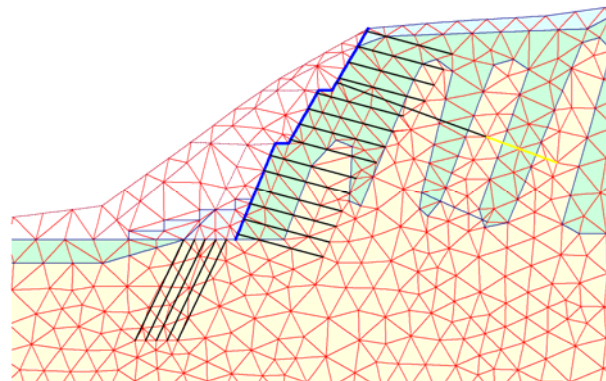
Vrstva	Popis vrstvy	γ kN / m ³	E _{def} MPa	c kPa	ϕ °	ν
N, Q5	Suť a odval	21,0	5	4	29	0,35
N12, N13a	Tuf rozložený, tuf zvětralý	19,5	100	30	25	0,30
N13b, N15	Tuf nezvětralý, bazalt zvětralý	23,5	500	30	34	0,26

Výpočty byly provedeny v následujících krocích:

1. Primární napjatost horninového masivu
2. Odtěžení první úrovně
3. Zajištění první úrovně (kotvy, hřebíky a vrstva SB)
4. Odtěžení druhé úrovně
5. Zajištění druhé úrovně (kotvy, hřebíky a vrstva SB)
6. Odtěžení třetí úrovně
7. Zajištění třetí úrovně (hřebíky a vrstva SB) (obr.5)
8. Výpočet stability svahu
9. Deaktivace spodní řady kotev
10. Výpočet stability svahu
11. Stabilizace svahu pomocí betonového bloku
12. Výpočet stability svahu
13. Doplnění mikropilot po betonovém blokem (obr.6)
14. Výpočet stability svahu



Obrázek 5. Geometrie modelu po zajištění portálové stěny



Obrázek 6. Geometrie modelu s betonovým blokem

Stabilita svahu byla posuzována pomocí redukce smykových parametrů horninového masivu (soudržnost a úhel vnitřního tření). Výsledná stabilita byla určena jako poměr původních parametrů a parametrů, při kterých dojde k usmyknutí svahu (poměr původního c a $\tan \phi$ ku redukováným hodnotám).

3.2. Provedené výpočty

Základní model: Základní model byl vytvořen tak, aby co nejlépe simuloval výstavbu portálové konstrukce. Pro výpočet byly použity střední hodnoty parametrů horninového masivu (tab.1). Pro zajištění svahu byly použity prvky v souladu s projektem a výstavbou (lanové kotvy, hřebíky, vrstva stříkaného betonu). V souladu s průběhem výstavby bylo simulováno přerušení spodní úrovně lanových kotev. Následně byla simulována stabilizace portálu monolitickým betonovým blokem. Stabilizace portálu betonovým blokem byla posouzena jak s betonovým blokem bez mikropilot, tak i s betonovým blokem umístěným na mikropilotách.

Model zahrnující předepnutí kotev: Tento model byl vytvořen pro posouzení vlivu předepnutí kotev. Veškeré parametry a kroky výpočtu byly shodné se základním modelem, pouze kotvy byly předepínány na sílu 200kN (67kN/m'), což je v souladu s hodnotami měřenými dynamometry během výstavby.

Model bez hřebíků: Pro posouzení vlivu hřebíků na stabilitu portálu byl proveden model bez hřebíků. Veškeré parametry a kroky výpočtu byly shodné se základním modelem, pouze hřebíky nebyly pro zajištění portálu využity.

Model s nepříznivými geotechnickými parametry: Pro posouzení vlivu parametrů horninového masivu na stabilitu portálu byl proveden model se vstupními parametry na spodní hranici rozmezí určeného IG průzkumem (tab.2). Veškeré kroky výpočtu a parametry zajišťujících prvků byly shodné se základním modelem.

Model bez zajištění: Pro posouzení vlivu zajišťujících prvků (lanové kotvy, hřebíky, vrstva stříkaného betonu)

na stabilitu portálu byl proveden model bez těchto zajišťujících prvků. Veškeré parametry výpočtu byly shodné se základním modelem, pouze žádné zajišťující prvky nebyly využity, stabilita portálu byla zajištěna pouze parametry horninového masivu. V tomto případě nebyl posuzován vliv betonového bloku.

3.3. Výsledky modelování

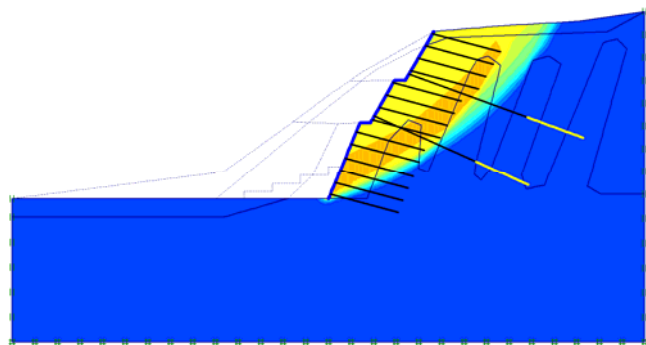
Výsledky výpočtů jsou uvedeny v tab.3.

Tabulka 3. Vypočtené stupně stability

Krok výpočtu	Dokončení výstavby portálu	Deaktivace spodní řady kotev	Stabilizace pomocí betonového bloku bez mikropilot	Stabilizace pomocí betonového bloku s mikropilotami
Základní model	1,479	1,431	1,808	1,926
Model s předepnutím kotev	1,529	1,487	1,826	1,955
Model bez hřebíků	1,264	1,365	1,704	1,776
Model s nepříznivými parametry horninového masivu	1,298	1,245	1,576	1,670
Model bez zajištění	1,065			

Provedené výpočty potvrdily, že i v případě nepříznivých parametrů horninového masivu (parametry na spodním okraji rozmezí stanoveného na základě IG průzkumu) je stabilita portálové konstrukce s přerušenou spodní řadou kotev po provedené stabilizaci betonovým blokem s mikropilotami dostatečná.

Na obr.7 je zobrazena vypočtená kritická smyková plocha pro základní model. Kritická smyková plocha vypočtená ostatními provedenými modely byla obdobná.



Obrázek 7. Kritická smyková plocha

Numerické výpočty prokázaly výrazný vliv betonového bloku na stabilitu portálu. Při uvažování nepříznivých parametrů horninového prostředí byl po přerušení kotev vypočtený stupeň stability 1,25 a po provedení sanačních opatření vzrostl na hodnotu 1,67.

Tento příspěvek byl zpracován s podporou grantů GAČR 104/10/2023, GAČR 205/08/0732 a VZ 03 CEZ MSM 6840770003.

LITERATURA

Svoboda, J., Novosad, K. 2008. Tunely přes České stře-dohoří, Tunel 4/2008, Praha.

Barták, J., Čejka, O. 2010. Deformace jižního portálu tunelu Prackovice v průběhu výstavby. Tunel 1/2010, Praha.

Hilar, M. 2008. Tunel Prackovice – posouzení stability pražského portálu. Praha.