

**Stanovisko autorů „Příručky pro zpracování statických výpočtů ražených tunelů dle EC“ k „Vyjádření k příručce“, vypracovanému kanceláří
Mott MacDonald Praha**

1. Úvod

Děkujeme panu Dr. Buckovi z firmy Mott MacDonald Praha za vypracování srozumitelné, odborné a podnětné oponentury naší Příručky.

Dovolujeme si na tuto oponenturu reagovat tímto stanoviskem, abychom vysvětlili, proč máme na některé aspekty disciplíny „statika ražených tunelů“ odlišný názor.

2. Rozklad

2.1. Všeobecně

Pan Dr. Bucek cituje „našeho společného přítele, který s oblibou říkával, že navrhování tunelů je umění.“

Dovolíme si tento příměr dále rozvinout:

Ovšem ne každý, kdo tunely navrhuje, je mistr. Někteří jsou řemeslníky, pro které je tunelařina obživou, nikoliv smyslem života (nechápat, prosíme, pejorativně). Kromě toho jsou tu také elévové, kteří na cestě za mistrovstvím nepohrdnou jakýmsi vedením.

Proto se domníváme, že je dosti těch, pro které může být Příručka vítanou pomůckou. (Konec příměru.)

Ze srovnání tunelářského řemesla s uměním je nutno bráti jako příměr, plyne i z následujícího srovnání:

Skupina mistrů-umělců, postavená před tutéž krajinu, vytvoří tolik mistrovských originálů, kolik je členů skupiny. Identita dvou děl se neočekává, není možná. Pokud by k tomu došlo, jedná se o plagiátorství. Taková jsou pravidla v umění.

Naopak od navrhovatelů tunelů se očekává, že postavení před tutéž úlohu (např. pro takové a takové geologické podmínky navrhní v předepsaném výrubu tloušťku ostění), vyřeší ji podobně, nikoliv rozdílně. Taková jsou pravidla v technických vědách.

Tady je jádro problému, neboť ve skutečnosti se tuneláři, absolventi věd technických, chovají často jako mistři umění a vytvářejí své vlastní originály. Toto vedlo autory Příručky k názoru, že by byl vhodný nějaký upravující, resp. sjednocující předpis. Viděli dosti výpočtů téže úlohy, které poskytovaly zcela odlišné výsledky.

V takovéto situaci statika degraduje. Stává se něčím, co lze pro rozplizlost výsledků zpochybnit jako to, co není hodnověrné, protože umožňuje prokázat cokoliv.

Důvod rozplizlosti výsledků je přitom prostý: každý ze dvou statiků, zpracovávajících tutéž úlohu, jakožto „zkušený odborník“, vybere na „základě zkušenosti“ svůj vlastní, „odborně stanovený“ soubor vstupních parametrů výpočtu. A různost výsledků je na světě.

Autorům Příručky je zřejmé, že identity ve výsledcích práce dvou projekčních kanceláří dosáhnouti nelze, a není ani žádoucí. Současně ale shledávají, že některé nesrovnalosti vznikají proto, že existuje velká volnost ve výběru možností tam, kde vůbec není namístě (zatížení, dílčí součinitele zatížení). Proto nabídli technickému odboru Metrostavu, že vypracují Příručku jako návod, kterak možno při výpočtu ražených tunelů postupovati. Tato příručka bude opřena o EC7, vyplní ten prostor, který EC7 pro tunely

nepokrývá a bude koncipována tak, že tomu, kdo se jí bude držet, bude krýti záda v eventuálních právních sporech. Poté, co Metrostav tento návrh přijal, byla příručka vypracována.

Tato příručka je míněna jako dokument, který nemá charakter závazné normy. Současně není míněna ani jako vědecké pojednání, ani jako učebnice. Nezabývá se také sestavením výpočetních modelů. Tato činnost, ve které se projevuje zkušenost a kreativita projektanta, jakož i výpočetní vybavenost jeho dílny - tedy to, co rozděluje projektové kanceláře na lepší a horší - leží mimo tuto Příručku.

2.2. Návrhové přístupy

• V Příručce vycházíme ze dvou rovnic, které jsou zobecněním rovnic, které EC7 uvádí jako třetí návrhový přístup:

$$E_d = E(\gamma_F F_{rep}; X_{kr}/\gamma_{kr}; ; X_{kc}/\gamma_{kc}; Y_m; a_d), \quad (1)$$

$$E_d = \gamma_E E(F_{rep}; X_{kr}/\gamma_{kr}; ; X_{kc}/\gamma_{kc}; Y_m; a_d), \quad (2)$$

Rovnice (1), (2) jsou čistým produktem metody mezních stavů. Rovnice (1) je přesným vyjádřením problému, neboť E_d je zde beze zbytku vypočítáno. Rovnice (2) je odvozeným vyjádřením problému, neboť E_d je částečně vypočítáno a poté extrapolováno, což obecně vnáší do stanovení E_d chybu.

Proto - z důvodu preciznosti - dáváme rovnici (1) přednost. Nikomu ji ale nevnučíme, připouštíme obojí řešení. Rovnici (1) se ale věnujeme více. Příčina je následující: zatímco výpočet podle (2) nenarazí na překážky, výpočet podle (1) nebyl dořešen např. v otázce zavedení geostatické napjatosti a také v otázce dílčích součinitelů. Příručka se s tím vypořádala.

Geotechnický model sestavený podle (1) reprezentuje, nebo může reprezentovat, zcela jiné geologické podmínky než jsou ty, které se většinou vyskytnou. Jeho cílem totiž není vystihnout většinové poměry. Jeho cílem je zajistit, aby byl MSÚ zajištěn i v případech, že se vyskytnou málo pravděpodobné, ale možné geotechnické podmínky.

Chceme-li lépe poznat většinové poměry, musíme se zaměřit na MSP (viz Příručka, kap.3.2. Jiné cíle statického výpočtu.)

Je tu ale jeden zásadní důvod, proč preferujeme při posuzování MSÚ rovnici (1) před rovnicí (2) i rovnicí (3), se kterou se vzápětí setkáme: Výpočet podle rovnice (1) poskytne varování v situacích, kdy výpočet podle (2) resp. (3) tak neučiní. Dojde k tomu tehdy, když výpočet podle (2) resp. (3) bude stabilní, zatímco výpočet podle (1) bude nestabilní. Bude-li totiž stabilní účinek E , vypočtený podle (2), resp. (3), extrapolován do E_d , bude E_d vždy stabilní, takže budeme vždy informováni o tom, že MSÚ je stabilní, zatímco výpočet podle (1) bude varovat a říkat opak.

Oponentura doporučuje zahrnout do příručky jako jednu z možností i návrhový přístup podle rovnice (3):

$$E_d = \gamma^E E(F_{rep}; X_{kr}; X_{kc}; Y_m; a_k), \quad (3)$$

Tento návrhový přístup bude do Příručky zapracován. Bude ponecháno na inženýrovi, provádějícímu výpočet, zda bude redukovat vstupní parametry, nebo výsledky výpočtu.

Máme k tomu následující komentář. To, že česká mutace EC7 povoluje tři návrhové přístupy pro stanovení účinku E (viz EC7, str. 30-31), je důsledkem toho, že česká odborná veřejnost nebyla schopna dohodnout se na přístupu jediném. (Tím zaujala v Evropě zvláštní osamocené postavení.) Rovnice (1) a (2) jsou aplikací třetího návrhového přístupu, zatímco rovnice (3) je odvozena z druhého návrhového přístupu. Každá rovnice poskytuje jiné hodnoty E, rovnice nejsou navzájem ekvivalentní.

Charakteristické veličiny byly dříve nazývány normovými. Z toho je zřejmé, že rovnice $E(F_{rep}; X_{kr}; X_{kc}; Y_m; a_k)$, tedy základ rovnice (3), stanovuje účinek E při mezním stavu použitelnosti (v bodě c obr.1 Příručky). Tento účinek je nutno extrapolovat do MSÚ (do bodu a obr.1 Příručky). To nejde pomocí součinitele γ_E , který se týká změn ve směru osy množiny zatížení F, ani pomocí součinitele γ_k , který souvisí se změnami ve směru osy geotechnických parametrů. Musí být stanoven nový součinitel, působící v obecném směru. Pracovně jsme jej označili jako γ^E . Tento nový součinitel je různý od dílčích součinitelů γ_E, γ_k jak velikostí (obecně je větší), tak charakterem: není to dílčí součinitel. Vzniká sloučením dílčích součinitelů γ_k, γ_E . Má proto vnitřní strukturu, vyjádřenou vztahem $\gamma^E = \Phi(\gamma_k, \gamma_E)$. Připomíná tím stupeň bezpečnosti, který je rovněž vnitřně strukturován.

Pro γ^E jsme odvodili následující základní formuli (index MSP odkazuje na mezní stav použitelnosti, zbylá indexace jakož i symbolika již byly zavedeny v Příručce):

$$\gamma^E = 1 + \left(\frac{\partial E}{\partial F}\right)_{MSP} * \frac{F_{rep}}{E_{MSP}} * (\gamma_E - 1) + \left(\frac{\partial E}{\partial X}\right)_{MSP} * \frac{X_k}{E_{MSP}} * \frac{\gamma_k - 1}{\gamma_k}$$

Tuto formuli je možno dále upravit a dozvědět se, že

- při lineárních výpočtech je $\gamma^E = \gamma_E$
- při pružně plastických výpočtech se zdá býti přijatelnou veličinou hodnota $\gamma^E = 1,6$.

Ze všech tří možných přístupů jsou výsledky, získané pomocí (3), zatíženy nebezpečím největší chyby ve stanovení E_d .

- To, jak ten který software pracuje se vstupními parametry, nemůže Příručka řešit. Je na znalostech projektanta, jeho ovládnutí programu a jeho erudici, aby se s těmito překážkami vypořádal a sestavil vstupní informaci tak, aby poté, co projde „filtry“ programu, měla tu strukturu, kterou má mít.

2.3. Tlak vody

Ať působí voda na tunel jakkoliv, vždy je rozhodující, v jaké výšce je její hladina. Příručka se věnuje jen a jen tomuto faktu.

Objemová tíha vody opravdu nemá výraznější rozptyl a proto je v Příručce fixována na hodnotě 10 kN/m^3 . S ní dílčí součinitel nesouvisí. Týká se změny polohy hladiny podzemní vody, tedy toho, jak se může návrhová výška hladiny lišit od výšky charakteristické (závorka v rovnici (34), která z matematického hlediska není nutná, má čtenáři tuto skutečnost zdůraznit). Součinitel se uplatní při výpočtu podle rovnice (1). Ve dvou druhých případech (rovnice (2) a (3)) je součástí součinitele γ_E , resp. γ^E .

2.4. Boční tlak

- V Příručce bude příslušný text doplněn o konstatování, že *v případě bočního tlaku je nezbytné postupovat individuálně v závislosti na postižení zemin a hornin historickými geologickými procesy a jejich reologickými odezvami.*

- Na selekci podle tvaru ostění Příručka pamatuje tím, že zavádí horní a dolní mez bočních tlaků. Meze používá tak, aby pro tunelovou konstrukci vytvořily méně příznivou zatěžovací situaci.

V Praze, dne 2.12.2009

Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

Ing. Jiří Hořejší

Ing. Aleš Zapletal, DrSc.