



30th Conference of Experimental Stress Analysis
 30. konference o experimentální analýze napětí
 2. - 5. 6. 1992 ČVUT Praha Czechoslovakia

ANALYSIS OF STRESSES IN THE PILLAR ZONE OF UNDERGROUND OPENINGS

ANALÝZA NAPĚTÍ V PILÍŘOVÉ OBLASTI PODZEMNÍCH DĚL

Nazari. F.

For the design of underground openings, briefly, the requirement is to know the in situ stress field, induced stress field and related deformations when an opening is made, the characteristics of support system and interaction behaviour of support and ground. In present study mathematical and physical models have been used for the analysis of stresses induced in the pillar zone of two deep tunnels (Strahov).

Keywords: cases analyses, mathematical and physical models

Podzemní díla jsou velmi složité stavby. Analýza napětí vyvolaných v zóně pilíře je rozhodující při technologii výstavby ražených tunelů a ovlivňuje stabilitu podzemních děl. Při stavbě dvou nebo více souběžných tunelů se podzemní díla vzájemně ovlivňují. Při stavbě druhého tunelu podstatně rostou zatížení výstroje prvního tunelu i velikost deformace horniny. Druhý tunel se razí v obtížnějších podmínkách, protože původní klidové napětí horniny je zvětšeno o napětí, která jsou koncentrována v okolí profilu prvního tunelu. Je nutné hledat minimální tloušťku pilíře, která by ještě splňovala

podmínku, že mezní pevnost horniny v něm není překročena. Podmínka únosnosti horniny v piliři je rozhodující pro rozložení napětí a deformací kolem obou tunelových výlomů. Při překročení mezní pevnosti horniny ztrácí piliř nosnou funkci a to se velmi nepříznivě projeví na velikosti napětí a deformací v nadloží tunelů. Zde je otázka stability hornin v piliři významná jednak z hlediska bezpečnosti práce, ale především z hlediska mechanizace pracovních postupů a jejich maximální efektivnosti. Výstižná prognóza stability horniny v piliři je však velmi obtížná, protože je nutno brát v úvahu celou řadu faktorů vzájemně se ovlivňujících. Jsou to především rozměry nezařazeného čela, pevnost horniny, její původní napjatost a velikost koncentrací napětí, tuhost provizorní výstroje a vliv času. Z těchto a řady dalších důvodů byla řešena komplexní metodika problému analýzy napětí v piliřové oblasti Strahovského tunelu v Praze, která konfrontuje výsledky matematické, fyzikální modely Geo-Brno a měření in situ na prováděném díle.

Strahovský tunel je dlouhý 2 005 m. Je tvořen třemi tunelovými troubami po dvou jízdních pruzích o délce 1 536 m. Výška nadloží dosahuje maximálně 85 m, profil trouby má šířku 14,64 m a výšku 10,77 m. Skalní podloží zájmového území je tvořeno horninami ordoviku a svrchní křídý. Tunel prochází následujícími vrstvami ordoviku: skaleckými, šáreckými, bohdaleckými, záhořanskými a vinickými. Mezi vrstvami šáreckými a bohdaleckými tunel prochází tzv. "pražským zlomem".

Poměrně exaktní zjištění bylo možno dosáhnout na fyzikálních modelech a následně bylo řešení stability rozpracováno na modelech matematických. Po podrobném rozboru vstupních údajů byl vypracován podle teorie podobnosti a dimenzionální analýzy

postup modelování - tři fyzikální modely a devět modelů matematických. Pokusy byly provedeny v laboratoři fyzikálního modelování Ústavu geotechniky na VUT v Brně. Oba druhy modelů odlišujeme jednak podle poměru šířky pilíře k průměru tunelu, který označujeme jako A (přičemž $A = 0,5, 1, 1,5$) a dále podle součinitele zemního tlaku, který označujeme K_0 ($K_0 = 0,5, 0,75, 1$). Matematický model byl proveden podsystémem PODIS-SAPRO. Matematický model byl vypracován metodou konečných prvků, má tvar obdélníka o šířce 104 m a výšce 59 m. Takto stanovenou triangulací vznikla síť z 992, 1 076, 1 135 styčníků.

Z důvodu nedostatku místa uvádíme v následujícím textu výsledky konfrontované matematickými a fyzikálními modely pouze stručně. Hodnota hlavních napětí v pilíři pro pružnou elastoplastickou analýzu je následující: jestliže koeficient $A = 1,5$ a K_0 rovná se 0,5, 0,75, 1, pak se ukazuje, že největší hlavní napětí v okraji pilíře dosahuje maximální hodnoty při K_0 rovná se 0,5 a minimální hodnoty dosahuje při K_0 rovná se 1, přičemž ve střední oblasti pilíře pozorujeme opačný trend.

Nejmenší hlavní napětí dosahuje maximální hodnoty při K_0 rovná se 1 a minimální hodnoty při K_0 rovná se 0,5 ve střední oblasti pilíře. V dalších případech, kdy A rovná se 1 nebo 0,5 a K_0 rovná se 0,5, pozorujeme, že maximální hodnota nejvyššího hlavního napětí je ve střední oblasti pilíře. V téže oblasti je dosahováno minimální hodnoty nejmenšího hlavního napětí v případě, že K_0 rovná se 1.

Hodnota deviátorového napětí na okraji a ve střední oblasti pilíře, při K_0 rovná se 0,5, 0,75, 1, je vysoká, přičemž $A = 0,5$. Hodnota napětí klesá se vzrůstem koeficientu A .

Nejdůležitějším výsledkem bylo porušení vazeb mezi strukturními jednotkami. U tří fyzikálních modelů bylo porušení křídového útvaru vyvoláno umělým přetížením. Při úplném závalu se vytvoří další vertikální trhliny a začíná se vytvářet Trompeterova zóna - horizontální porušení smykovým napětím. Proto byla stanovena tloušťka pilíře na jeden a půl násobek šířky tunelu.

Provedené pokusy u všech modelů a v různých etapách ukazují, že poměr středního hlavního napětí v pilíři k součtu největšího a nejmenšího hlavního napětí zůstává konstantní s chybou 4,7 %. Z výše uvedených důvodů můžeme konstatovat, že porušení smykem je tedy i při prostorovém namáhání víceméně dvojrozměrným procesem, proto upustíme od použití prostorového problému a spokojíme se se zobrazováním pokusné čáry v rovině napětí a deformace. Dále modelové výsledky ukázaly, že počáteční stav napjatosti v pilíři, se může během technologického postupu odchýlit. Konstanta klidového tlaku v našich pokusech je menší než teoretický předpoklad.

Literatura

- Kameníček, I., Nazari, F.: Projekt kontrolních měření při výstavbě Strahovského tunelu, PÚDIS Praha, 1985 - 91
- Nazari, F.: Reverse Stress Analysis Method - Verification by Measurements, Rilem, Bratislava, 1991
- Nazari, F.: Back Analysis of State of Stress in Construction of Tunnels, UC, Prague, 1991
- Ferydun Nazari, Ing. CSc.
- Ústav geotechniky VUT Brno, Veveří 95, 602 00 Brno