



REVERSE STRESS ANALYSIS - INTERACTION OF UNDERGROUND WALLS
WITH THE ENVIRONS
ZPĚTNÉ ANALÝZY NAPĚTÍ PŘI INTERAKCI PODZEMNÍCH STĚN
S OKOLÍM

Nazari Ferydun

The real behaviour establishment of all systems having influence upon the interaction of underground structure with the soil and rock, the following solution methods may be used: mechanical behaviour of real system, field measurement, using a mathematical model, solution of physical model.

Technologické centrum na Strahově je součástí výstavby Strahovských automobilových tunelů a je situováno nad projektovanými tunelovými rourami mezi jihovýchodním okrajem Strahovského stadionu a Spartakiádní ulicí. Západní část obsahuje podzemní strojovnu vzduchotechniky pro celý Strahovský tunel s potřebnými větracími kanály a jejich rozplety. Jedná se o objekt délky 130 m, šířky 27 m a hloubky až 25 m. Pažení jámy je navrženo z monolitických podzemních stěn. Stavební jáma je hloubena pod ochranou podzemních stěn ukončených souvrstvím pískovců.

Mechanické chování systému hornin zájmové oblasti a podzemních stěn je založeno na výsledku měření in situ. Aby bylo ověřeno, jak velký vodorovný tlak skutečně působí na podzemní stěny, jak se mění jeho velikost a rozdělení při postupném prohloubení stavební jámy (technologické centrum) a rozpínáním jejich stropů a jak se současně mění napětí v

konstrukci (moment, posouvající síla a normální síla), bylo provedeno osazení měřicími prvky v podzemních stěnách a v jejich kontaktech s horninou. Pro měření byly vybrány 4 lamely, L_8 , L_{10} , L_{12} , L_{13} , a osazeny celkem 90 strunovými snímači a tlakoměrnými vaky.

Současný stav při prognóze vlivu vodorovných napětí na konstrukce je možno charakterizovat nedostatkem informací o počátečních napětích v zeminách a jejich vlivu na dimenzování a posouzení podzemních stěn. Při technologických postupech výstavby podzemních děl s vysokým K_0 , t.j. větším než jedna, hodnoty ohybového momentu a posouvajících sil v konstrukci se značně zvyšují a jsou mnohem vyšší, než jaké uvažujeme podle teorie mezní rovnováhy. Proto byly provedeny parametrické studie numerických metod konečných prvků v rámci podsystemu PODIS, Geo-Brno 16. Účinky počátečního stavu napětí zde byly zkoumány s hodnotami K_0 se rovná 0,5 a 1,2. Kontaktní problém je vyjádřen fyzikálními vlastnostmi izoparametrických kontaktních prvků vložených na hranici. Smykové procesy v kontaktní spáře byly řešeny přechodovými prvky. Smyková napětí rostou nelineárně. Uvedené parametry ve výpočtu byly nahrazeny anizotropními pružinovými prvky z průběhu hyperbolické funkce. Počáteční napětí a jeho přírůstek během technologického postupu podzemních stěn bylo nutné doplnit v řadě prvků přes několik přírůstků výpočtu. Výsledky ukazují, že posuny (při spolupůsobení podzemních stěn a horniny) jsou velmi závislé na hodnotě $K_0 = 1,2$, přičemž jsou přibližně 3,7 krát větší než pro $K_0 = 0,5$. Dále při hloubce 15 m podzemní stěny ukazují kritickou hodnotu porušení. V hloubce 13 m, kdy maximální moment při $K_0 = 1,2$ dosahuje 3820 kNm, což je asi 3,1 krát více než pro případ $K_0 = 0,5$ (odpovídající moment 1250 kNm). Ohybový moment v obou výpočtech se objeví přibližně v místě 10,8 m výšky stěny. Při K_0 rovná se 0,5 směry posunů jsou převážně svislé, kdežto pro K_0 rovno 1,2 jsou vodorovné. Porovnání obou průběhů jasně ukazuje rozdíl směru a velikosti posunů vlivem K_0 . Izolinie největších smykových napětí a plochy porušení jsou značně větší při K_0 rovná se 1,2 a sahají do značné hloubky pod stěnu. Z uvedené parametrické studie byly podzemní stěny na Strahově dimenzovány, posouzeny a provedeny ve tvaru T.

Podzemní stěny u nás můžeme provádět v tloušťce až do 100

cm. Potřebné únosnosti se dosahuje tloušťkou stěny s množstvím výztuže (procento vyztužení). Při maximálním vyztužení (tl. stěny 100 cm) může dosáhnout přenesený moment kolem 1375 kNm.

Z uvedených důvodů, při větším namáhání interakce podzemní stěny s okolím (zeminy a horniny), nelze zvýšit tuhost (tloušťku) podzemní stěny ve tvaru obdélníka. Při posouzení podzemní konstrukce je často navrhováno alternativní řešení rozepření nebo kotvení podzemní stěny. Rozepření konstrukce se nedá vždy realizovat při hloubení stavební jámy (z důvodů technologického postupu výstavby), stejně jako kotvení podzemní stěny (při nepříznivých geologických podmínkách). Proto práce hledá nové způsoby řešení průřezu podzemních konstrukcí, které mohou z technologických důvodů vyhovovat realizaci prohloubení stavební jámy. V našem případě by se jednalo o nový průřez podzemní stěny ve tvaru T, při srovnání s průřezem podzemní stěny ve tvaru obdélníka.

Ze tří možných metod řešení spolupůsobení podzemní konstrukce s okolím, se zabýváme metodou fyzikálního modelování pro srovnání tvaru T s tvarem obdélníka.

Modelové pokusy byly provedeny v laboratoři fyzikálního modelování na ústavu geotechniky. Modely (1:100) A, B, C byly ze stejného ekvivalentního materiálu. U každého druhu modelu byla konstrukce ve tvaru T a obdélníka symetricky umístěna (levá část konstrukce ve tvaru obdélníka a pravá ve tvaru T), celkem 6 modelů.

Technologický postup u každého modelu je následující:

Model Geo-90-M-I-Brno-A

Model A má obě stěny jako svislý prvek vetknutý do ekvivalentního materiálu. Na modelu byly průběžně pozorovány vodorovné deformace obou typů stěn. Pozorován byl rovněž posun povrchu modelových hmot za stěnami. Deformace stěn byla pozorována během všech zatěžovacích zkoušek.

Model Geo-90-M-II-Brno-B

Model B má obě stěny jako svislý prvek vetknutý do ekvivalentního materiálu. Na tomto modelu byl prováděn stejný technologický postup jako v předchozím případě. Zde však byl

použit vodorovný tlak při zatížení a odtížení.

Model Geo-90-M-III-Brno-C

Model C má, stejně jako předchozí modely, stěnu ve tvaru T jako svislý prvek vetknutu do ekvivalentního materiálu. U tvaru obdélníka je odlišnost v tom, že stěna je v horní části kotvena pomocí pěti kotev a v dolní vetknuta do ekvivalentního materiálu. Technologický postup prohloubení stavební jámy byl prováděn stejně jako u modelu B. To znamená, že při cyklickém zatížení a odtížení bylo pozorováno spolupůsobení podzemní stěny s okolím a posuny kotev.

Výsledky z uvedeného postupu ukazují, že při malém natočení stěny je pole posunutí ještě relativně homogenní. Na části podzemní stěny, hlavně ve tvaru T, kde není možnost pootočení, posunu a deformace, působí tlak v klidu. Před dosažením porušení se v modelu vytvořily značné posuny. Velikost vypočtených zemních tlaků pomocí metody MKP, systém PODIS, dobře souhlasí s výsledky našich pokusů. Nejcennější výsledek pro další rozvoj vědní disciplíny je stanovení závislosti mezi pohybem stěn a modulem stlačitelnosti na hloubce stavební jámy.

Výsledkem modelových zkoušek rovněž bylo posouzení optimalizace průřezu ve tvaru T, t.j. stanovení poměru velikosti stojiny průřezu k přírubě podzemní stěny v hodnotě 0,875.

LITERATURA:

- Nazari, F.: A Contribution to modelling in the Construction of tunnels. Bulletin of the Technical University Brno, Czech republic, 1992/1, str.81-102
- Nazari, F.: Inverzní analýza při identifikaci tenzoru porušení horninového masivu. Geotechnické symposium Brno, 1992, str. 138-143.

Ing. Ferydun Nazari, CSc.

VUT Brno, stavební fakulta, Veveří 95, 66237 Brno
t.č.749600