

Monitoring pro hodnocení stability území

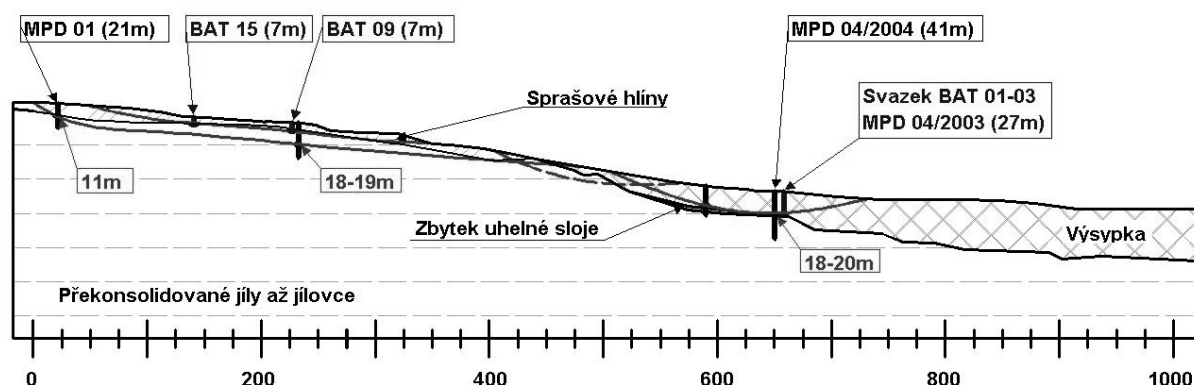
Jan Záleský, Monika Bohadlová, Michal Bubeníček

V příspěvku jsou ukázány významné výsledky sledování přetvoření zemního tělesa a vývoje pórových tlaků jak v rostlém terénu tak ve výsypce, diskutovány výsledky a možnosti jejich užití ve výpočtech stability. V textu jsou užívány vybrané výsledky měření v nestabilním území o rozloze cca 30 ha, které se rozkládá na severním svahu lomu Chabařovice.

Abstract: Significant results of monitoring of soil mass deformation and pore-water pressure development in virgin soil and in waste dump are presented together with discussion of possibilities of their application in slope stability calculation. Selected results of site monitoring of unstable area about 30 ha, which is located on northern slope of open cast mine Chabařovice, are used in the paper.

1. Úvod

Zájmová oblast se nachází v prostoru bývalého povrchového lomu Chabařovice u Ústí nad Labem. Jedná se o případ nestabilního svahu složeného z části území, která nebyla přímo dotčena těžbou, tzv. horní stavby a ve druhé části prostorem lomu - vnitřní výsypce - spodní stavby. Předmětný svah je omezený hřebenem vrchu Rovný na jihu a klesá k severu k zatápěné zbytkové jámě lomu, obr. 1. Geologická charakteristika svahu byla podrobněji popsána v Kurka, J. a Záleský, J. (2002) a použité metody měření a instrumentace prostředí v Záleský, J. et al. (2004).

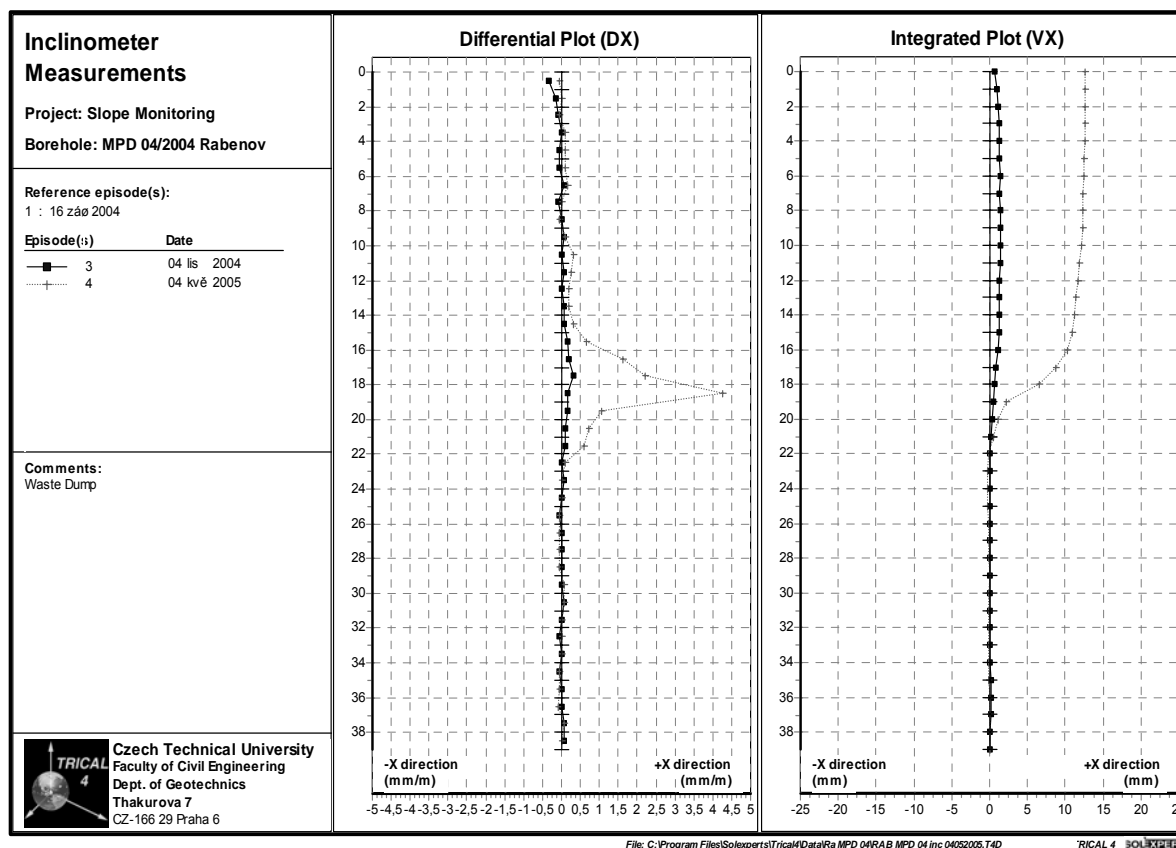


Obr. 1 Řez B – zjednodušený model lokality Rabenovského skluzu (Hloubky v m v rámečcích označují zjištěnou polohu smykové plochy)

Pro sledování svahových pohybů uvnitř masivu jsou zde vrty vystrojené kombinovanými pažnicemi pro 3-D měření přetvoření, povrchově se deformace sledují geodeticky totálními stanicemi a systémy GPS. Současně jsou sledovány pórové tlaky pomocí víceúrovňových měření.

2. Svahové pohyby

Vrt pro sledování prostorových přetvoření MPD 01 je umístěn ve svrchní části lokality. V tomto vrtu byla opakovaně indikována smyková plocha přetvoření v masivu podložních jíílů. Vrt byl instalován nad oblastí s viditelnými projevy mělkých svahových pohybů probíhajících převážně ve sprašových zeminách nad souvrstvím podložních jíílů. Vývoj smykových deformací ve vrtu MPD 01 pokračuje a dochází ke snížení prostupnosti pažnice pro její svírání a zóna smykových deformací se rozšiřuje do pásu o mocnosti cca 2m.



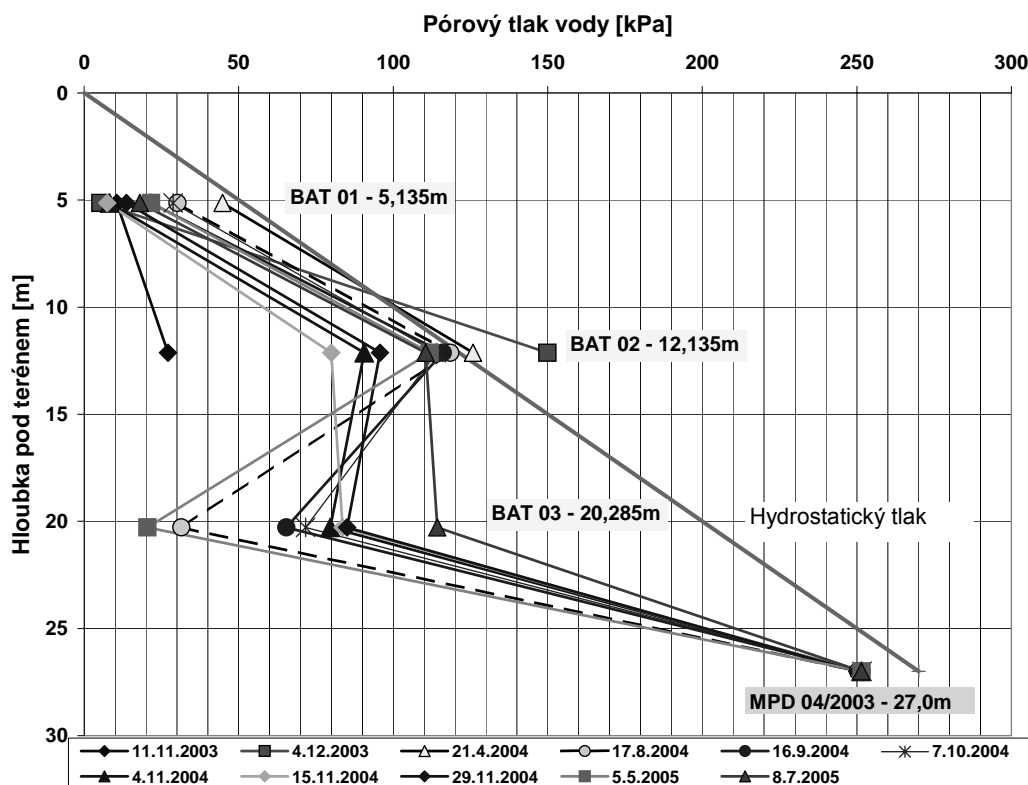
Obr. 2 Vývoj deformací ve vrtu MPD 04/2004

V oblasti výsypky byl vystrojen vrt MPD 04/2004 (srpen 2004) pro sledování prostorových přetvoření. Ve vrtu byly zjištěny nejdříve plastické deformace, které jsou na výsypkách obvyklé (listopad 2004). Následoval vývoj smykových přetvoření (květen 2005), který byl s vysokou pravděpodobností iniciován

zvýšením pórových tlaků v zimním až jarním období, obr. 2. Chování ukazuje na nespojitě přetváření v čase. Vývoj je zřejmě skokový, a to i s dlouhým časovým odstupem. Tento vrt ukazuje na probíhající svahové pohyby hluboko ve výsypce oproti předpokladům dlouhodobě stabilní výsypky, Kurka, J. Záleský, J. a Lamboj, L. (2004) a Záleský, M. (2004).

3. Vývoj pórových napětí

Od roku 2002 jsou sledovány pórové tlaky několika metodami Záleský, J. a Bubeníček, M. (2004), z nichž uvádíme jako příklad výsledky ze svazku BAT 01-03 a otevřeného piezometru MPD 04/2003, obr. 3.



Obr. 3 Vývoj pórového tlaku vody v závislosti na čase a hloubce v otevřeném piezometru MPD 04/2003 a ve skupině filtrů BAT 01-03

Výsledky ukazují na následující:

- z časového vývoje pórových tlaků je zřejmé, že se jedná o oddělené hydraulické horizonty, které jsou dotovány vodou odděleně,
- existuje patrná poloha s občasným výskytem napjaté podzemní vody, (velmi pravděpodobně proto, že tato poloha má omezenou drenážní

schopnost a retenční objem),

- otevřený piezometr nereaguje v závislosti na čase, a to buď z důvodu napojení na kolektor s ustálenou hladinou podzemní vody (což je v tomto prostředí nepravděpodobné) nebo pro svou retenční kapacitu neumožňuje sledování změn pórového tlaku ve velmi málo propustné vrstvě výsypky.

Výsledky s napjatou vodou byly v prostředí jak „roslé“ zeminy, tak ve výsypce opakovaně získány i v jiných skupinách měřidel. Příčiny výskytu napjaté podzemní vody mohou být nejpravděpodobněji:

- smykové přetváření nasycené zeminy s kontraktantním chováním,
- oddělený kolektor s omezenou drenážní schopností a objemovou kapacitou syčený infiltrací a pohybem podzemní vody,
- kombinace obou předchozích příčin.

Na lokalitě jsou sledovány i pórové tlaky v horní stavbě, z nichž uvádíme výsledky ve filtrech BAT 09 a 15 situovaných po spádnici svahu, obr. 1. Oba jsou v hloubce 7 m pod terénem, ale vykazují řádové rozdíly výsledků:

BAT 09 instalace 16/06/2005 měření 08/07-20/11/05 $u_w = 65 \div 210$ kPa

BAT 15 instalace 16/06/2005 měření 08/07-20/11/05 $u_w = 55 \div 65$ kPa

Měření byla systematicky ověřována. Z počátečních hodnot při instalaci cca $55 \div 60$ kPa se vyvinuly hodnoty výše uvedené. V případě filtru č. 15 se hodnoty pórového tlaku dosud pohybovaly pod hodnotou hydrostatického tlaku při teoretické poloze HPV v úrovni terénu. Ve filtru 09 se pohybovaly hodnoty až do výše trojnásobku možného hydrostatického tlaku. To jest, že v daném místě byla hodnota místního efektivního napětí negativní, až -70 kPa. Je zřejmé, že pórový přetlak musí mít lokální charakter a prostorový účinek zajišťuje statickou stabilitu proti odtržení nebo brání tvorbě trhlin a poklesu tlaku. Zvýšení tlaku tak může vyvolat i jeho rychlý pokles.

Napjatá voda zde uvedená je projevem extrémního chování, které nemusí být vůbec zachyceno díky poloze snímače i časovým intervalům měření (pokud není průběžný záznam hodnot). Svahové deformace v horní stavbě s velmi malým sklonem však svědčí o tom, že právě zde je napjatá voda pravděpodobným spouštěcím mechanismem svahových pohybů Lamboj, L. a Záleský, J. (1998) a (1997). Zároveň lze říci, že pro toto prostředí není otevřený piezometr vhodný prostředek pro sledování pórových tlaků, obr. 3.

4. Závěry

Otázku, jak zavádět výše uvedené vlivy do výpočtů stability, není jednoduché zodpovědět. Současně s rozdělením pórových tlaků vstupují do hry parametry smykové pevnosti, které mohou mít v nehomogenním prostředí značný rozptyl.

Pro stabilitní řešení a jeho verifikaci je nutné definovat:

- Otázky a nejistoty
 - Geometrie masivu v 3D \Rightarrow 2D: výběr charakteristického řezu,
 - stav svahu z hlediska porušení a odpovídající parametry smykové pevnosti v závislosti na dostupných údajích o svahových pohybech
 - Interpretace rozdělení pórového napětí
- Závěry pro hodnocení stability
 - Propojení všech dostupných poznatků
 - Vytvoření geotechnického modelu – zpětná vazba:
průzkum, laboratorní / polní zkoušky,
monitoring: přetvoření 3D, pórové tlaky, totální napjatost,
parametrické výpočty,
co je příčinou - spouštěcím vlivem / vlivy?
- Hodnocení stability území
 - Stanovení pravděpodobnosti porušení - pravděpodobnostní přístup a otázky rozdělení vstupních dat, metody Monte Carlo, LHS (Latin Hypercube Sampling)
 - Vyjádření citlivosti vzhledem k vstupujícím parametrům a vytvoření zpětné vazby na monitoring
- Doporučení pro sledování
 - 3D měření přetvoření umožňuje sledovat i charakter chování: kontraktantní / dilatantní – možnost rozvoje nebo tlumení poruchy
 - Pórová napětí sledovat v závislosti na hloubce a poloze svazku
 - Geodetická měření přetváření povrchu
 - Průběžná vizuální sledování
 - Vliv napjatosti – totální napětí a jeho vývoj

Poděkování

Článek využívá výstupy z ukončeného projektu „Výzkum a verifikace metod sledování svahových pohybů“ GA 103/02/1166 a vznikl za přímé podpory projektu MSM 6840770005. Díky podpoře projektů FRVŠ G1 1080 „Terénní sledování závislosti pórových tlaků a svahových pohybů“ a IGS CTU0502411

„Měření pórových tlaků ve výsypce pomocí víceúrovňových piezometrů“ byla rozšířena měření pórových tlaků v přirozeně uložených zeminách i ve výsypce.

Použitá literatura

- KURKA J. A ZÁLESKÝ J.: Výzkum a verifikace metod sledování svahových pohybů – informace o průběhu grantového projektu. Sb. přednášek: 22. mezinárodní seminář „Polní geotechnické metody 2002“, Ústí nad Labem, ISSN 1213-1237, str. 74-81, září 2002.
- KURKA, J. - ZÁLESKÝ, J. - LAMBOJ, L.: Výzkum a verifikace metod sledování svahových pohybů – informace o vybraných výsledcích dosažených v průběhu řešení projektu In: Polní geotechnické metody 2004. AZ Consult, spol.s r.o. Ústí n.L., s. 145-150. ISSN 1213-1237.
- ZÁLESKÝ, M.: Využití liniových měření pro sledování svahových deformací. Diplomová práce ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra geotechniky, 2004.
- ZÁLESKÝ, J. - SCHRÖFEL, J. - PRUŠKA, J. - SALÁK, J.: Site investigation for unstable slope instrumentation and assessment In: Proc. Geotechnical and Geophysical Site Characterization of the 2nd Int. Conf. on Site Characterization ISC'2 Porto, Portugal, 19-22 Sept. 2004: Millpress Rotterdam Netherl. 2004, Vol.2, s.1225-1230. ISBN 90 5966 006 9.
- ZÁLESKÝ, J. - BUBENÍČEK, M.: Přístroje a příklady sledování svahových pohybů In: Stavební obzor 2004, čís. 9/2004, s. 279-281. ISSN 1210-4027.
- LAMBOJ, L. A ZÁLESKÝ, J.: Posouzení sanačních prací v nestabilní oblasti Rabenov a hodnocení vlivu účinnosti spodní stavby na stabilitu celé oblasti. Část: parametrické výpočty stability spodní stavby a základní požadavky na kontrolní sledování. 12 str. Praha/Středokluky, leden 1998.
- LAMBOJ, L. A ZÁLESKÝ, J.: Posouzení sanačních prací v nestabilní oblasti Rabenov a hodnocení vlivu účinnosti spodní stavby na stabilitu celé oblasti. 37 str. + přílohy. Praha/Středokluky 1997.