

ZJIŠŤOVÁNÍ NAPJATOSTNÍHO STAVU METODOU AKUSTICKÉ EMISE POMOCÍ MOHROVY KRUŽNICE V MECHANICE HORNIN

RNDr. Zdeněk Weber, CSc., Ing. Jaromír Karhánek
Stavební fakulta VUT v Brně

Úvod

Při vnesení nového napětového stavu do horniny a při jejím porušení vznikají projevy akustické emise (dále AE), které mají charakter jednotlivých impulsů či skupin. Tyto impulsy jsou svojí amplitudou, frekvencí a tvarem odlišné od základního přirozeného šumu. Tvar impulsů odpovídá nejčastěji místnímu porušení horniny, doprovázeného jednorázovým uvolňováním akumulované energie v Hookově tělese.

Pro zjištění resp. stanovení vybraných parametrů prvků napjatosti pomocí metody AE jsme potřebovali do vybraného horninového prostředí vnést definovanou hodnotu zatížení.

K tomuto účelu jsme využívali zatěžovacích zkoušek, které Geotest n.p. Brno prováděl na lokalitě Adamov (rekonstrukce tunelu č.8 na trati Brno-Č.Třebová). Vhodné umístění snímače [1], který se nacházel co nejbližší zatěžované ploše, umožnilo porovnání a vyhodnocení zdrojů signálů AE a z nich pak stanovení napjatosti. Její hodnoty jsme porovnávali s hodnotami, které vyšly z konvergenčního měření kruhového profilu pro danou lokalitu.

Geologické zhodnocení oblasti

Jde o oblast tvořenou hlubinnými granitoidy, zastoupenými granodioritem a biotitickým, zčásti leukoklastickým granitem. Horniny jsou tektonicky porušené a pukliny probíhají v několika směrech.

Průběh zkoušky

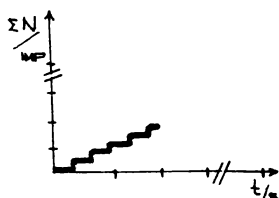
Těsně před zkouškou, kdy hornina dosud není předepnuta hydraulickými zvedáky, se v hornině objevují ojedinělé impulsy AE (šumy). Tento šum považujeme za základní a podle něho volíme diskriminační hladinu a čítač impulsů AE těsně před zkouškou vynulujeme.

Při postupném zatěžení horninového bloku se na žitaži objevují impulsy AE, které jsou v závislosti na čase fázově posunuty. V jejich korelaci k zatížení můžeme usuzovat na reakci horninového masivu.

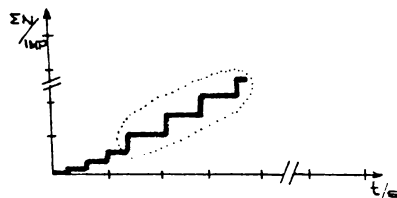
Při počáteční fázi zatížení se uplatňuje soudržnost, která se postupně vyčerpává a maximální odpor poskytuje v okolí meze plasticity, tj. na začátku porušení struktury horniny. Hornina prochází do porušení struktury oblastmi 'meze úměrnosti' a 'meze pružnosti'. Nachází se v 'klidové poloze' a z ní můžeme vypočítat minimální kluzné napětí. Je dáno součinem objemové hmotnosti a výšky a proto při jakékoli diferenciální změně dochází k porušení rovnovážného klidového stavu. V této oblasti vykazuje kumulativní křivka četnosti AE jednotlivé, malé a pravidelné přírůstky impulsů AE viz obr.1a. Po vyčerpání meze pružnosti hornina přechází při určité hodnotě zatížení do oblasti pseudoplastické. Zde se vyčerpává soudržnost se smykovým resp. vnitřním třením, což je odpor daný drsností proti sobě pohyblivých ploch.

Jako každé tření, tak i tento odpor se v plné míře realizuje až při větších kluzných posunutích a hornina pak prochází dolní a horní hranicí meze kluzu (kluznou oblastí).

Další průběh kumulativní křivky četnosti signálů AE ukazuje zvětšený a nepravidelný nárůst impulsů viz obr.1b.



OBR. 1a.: PRVNÍ ČÁST PRŮB.
KUMUL. KŘIVKY ČETNOSTI
SIGNÁLŮ AE



OBR. 1b.: DALŠÍ FÁZE PRŮB.
KUMUL. KŘIVKY ČETNOSTI
SIGNÁLŮ AE

Hodnotou meze kluzu jsou ohraničeny ty napjatostní stavy, při nichž nedošlo k narušení celistvosti horninového prostředí [2]. Současně s tím dochází při skluzu k výraznému zvětšení objemu. Z praktického hlediska, chceme-li udržet deformace nadloží v minimální velikosti, musíme se snažit, aby napětí v hornině nepřekročilo mez kluzu [2,3], jinak je hor-

nina nestabilní a je porušen mezní stav rovnováhy. Vzniká trvalé porušení horniny smykem a hornina se poruší smykem o úhel $(45 + \frac{\gamma}{2})$ v bodě M. Ter. se nachází na přechodu elasticko-plastické oblasti do plastické části. Při jeho diferenciálním posunutí po kružnici se porušuje mezní stav rovnováhy. Hodnotě napětí σ_m odpovídá výška h , složená z napětí, které se nacházejí v oboru pružném a pružněplastickém. Pozn. příslušný obrázek bude promítnut.

Vyhodnocení průběhu a záznamu zkoušky

Využitím svislé zatěžovací zkoušky, platnosti Kaiserova jevu a vyhodnocením kumulativní křivky četnosti signálů AE můžeme přesně určit minimální hlavní napětí $\sigma_{V,MIN}$ a σ_m . Potom je nutné v tom samém vějíři realizovat rozpěrnou zatěžovací zkoušku a rovněž naměřit kumulativní křivku četnosti signálů akustické emise.

Horninový masiv byl zatížen jak svislým tak i vodorovným zatížením a vlivem toho nedojde v prostředí k porušení jako u prosté tlakové zkoušky, ale jako u smykové zkoušky. Metodicky je nutné, aby byla nejprve realizována svislá zatěžovací zkouška a teprve potom rozpěrná zatěžovací zkouška. Při rozpěrné zkoušce zjistíme, že akustické emise započala dříve, než při svislé zatěžovací zkoušce. To je způsobeno novou redistribucí svislého napětí a současným výskytem vodorovného tlaku. K usmyknutí dochází nejen přítomností smykové složky, ale i tím, že hornina je na smyk mnohem citlivější než na tlak. Z rozboru vektorů $\sigma_{VERT.}$, $\sigma_{HOR.}$ získáme smykové porušení pod úhlem α a smykovou sílu $\sigma_{HOR} = \sigma_{COE\alpha} \Rightarrow \sigma = \frac{\sigma_{HOR}}{\cos \alpha}$. Odtud vyplývá, že vektor σ_{HOR} má hodnotu menší, než vektor $\sigma_{VERT.}$, při kterém dochází k projevu AE. Z poměru σ_{HOR} a $\sigma_{VERT.}$ získáme úhel α , dle kterého dojde k usmyknutí.

Ze svislé zatěžovací zkoušky získáme hodnoty $\sigma_{VERT. MIN.}$, $\sigma_{M. DOU.}$, $\sigma_{M. HORNÍ}$ pro vynesení vybraných napjatostních stavů. Pro určení Mohrovy kružnice porušení dále využijeme rozpěrné zatěžovací zkoušky. Z ní zjistíme určitou hodnotu σ_{HOR} , kdy právě dochází k signálům AE, svědčícím o aktivizaci smykové plochy. Tehdy se začíná projevovat minimální smykové napětí, které je určeno v dané rovině v hornině pod úhlem α a podle kterého dochází k porušení. Při této hodnotě spočítáme σ_{HOR} ; z vektorů $\sigma_{M. DOU.}$, $\sigma_{M. HORNÍ}$ určíme úhel α . Na základě těchto hodnot

můžeme pomocí analytické geometrie stanovit střed Mohrovy kružnice a celou ji vykreslit.

V případě $\sigma_{max} = \sigma_{hor}$, plocha porušení svírá se směry hlavních napětí úhel 45° (případ hmoty dokonale plastické) smykové napětí je maximální a úhel vnitřního tření je nulový.

Závěry

Hodnoty napjatosti, které jsme získali výše popsanou metodou byly porovnány s hodnotami ze standardní metody zjišťování napjatosti a to konvergence výrubu. Zjištěné rozdíly hodnot lze vysvětlit tím, že nebyly přesně splněny okrajové a počáteční podmínky a navíc nebyly do vyhodnocování zavedeny příslušné opravy.

Literatura

- [1] Karhánek, J.: Použití metody AE pro zjišťování napjatosti horninového prostředí při výstavbě podzemních děl, kandidátská disertační práce VUT Brno, 1984.
- [2] Sborník ze symposia "Tunelové ostení z bet. prefabrikátů" ČSVTS, Bratislava 1970.
- [3] Müller, K., Trávníček, L.: Geofyzikální metody při studiu hor. masivů, In: sborník "Inž. geol. študium hor. prost. a geodynam. procesov", Veda, Bratislava 1979.