

DVOUSMĚRNÝ SNÍMAČ NAPJATOSTI PARTIKULÁRNÍCH LÁTEK

Ing. Miroslav Jurečka

Ústav geologie a geotechniky ČSAV, Praha

Úvod

Jedním z úkolů při modelování podzemních děl na fyzikálních modelech je zjištění rozložení napjatosti v modelu. Modely jsou vytvořeny z partikulárních látek /1/ tak, aby splňovaly vzhledem k modelované skutečnosti podmínky podobnosti. Tyto látky potom nazýváme ekvivalentními materiály.

K měření rozložení napjatosti jsme až dosud používali jednosměrných snímačů /2/, /3/, /4/, /5/. Pro potřebu běžné praxe, např. při navrhování obezdívek postačí stanovení jejich svislého zatížení, přičemž se předpokládá, že vodorovné napětí může dosáhnout maximálně velikosti svislého napětí (hydrostatická napjatost). Toto pojetí je ovšem velmi zjednodušené. Pro zodpovědné posouzení napjatosti v okolí podzemních děl je nutno znát nejen svislé, ale i vodorovné napětí. Při stanovení dvousměrné napjatosti se stávajícími snímači nelze určit jeho velikost v jednom bodě. Část snímačů měří potom napjatost v jednom směru a část ve směru druhém, přičemž snímače musí být od sebe vzdáleny tak daleko, aby se neovlivňovaly /6/. V některých případech nelze tuto podmínku zajistit. Zde je nutno užít snímače měřící napjatost ve dvou směrech, jež jsou značně složitější a nákladnější. Byla zvolena řada snímačů pro jmenovité tlaky $p = 50 \text{ kPa}$, 150 kPa , 400 kPa , 1 MPa , 2 MPa .

Popis mechanické části snímače

Mechanická část snímače sestává z pružného členu a pouzdra. Pružný člen je řešen jako soustava na sebe kolmých měrných nosníků vetknutých do masivního materiálu - viz obr. 1. Měrnou deformací tu je deformace tlaková a tahová s vyloučením vlivu ohybové deformace.

Co se týče materiálu, jako nejvhodnější z hlediska mechanických vlastností, technologie výroby a dostupnosti se ukázaly teplotně upravené slitiny typu hliník-měď-hořčík-níkl.

Pružný člen je vyroben obráběním z plného kvádru a potom vytvrzen rozpouštěcím žíháním a následným přirozeným stárnutím. Tento materiál byl vybrán pro svoji vysokou teplotu pro umělé stárnutí. Při vytvrzování tenzometrického lepidla pro osazení členu tenzometry je materiál vystaven teplotě 175°C po dobu 2 h a potom krátkodobě ohřát na teplotu 195°C. Vystavení materiálu těmto teplotám nemá vliv na jeho vlastnosti.

Pouzdro snímače je výměnné. Druh pouzdra závisí na tom, zda měříme sílu normálnou a smykovou nebo tlaky ve dvou na sebe kolmých směrech a dále závisí na vlastnostech partikulární látky, v níž měříme.

Popis elektrické části snímače

Elektrickou část snímače tvoří 3 tenzometrické můstky zapojené tak, aby bylo dosaženo maximální citlivosti měření a maximální teplotní kompenzace. Každý obvod obsahuje 8 samokompenzačních tenzometrů; 4 vodorovné nosníčky jsou osazeny 8 aktivními tenzometry v můstkovém zapojení, 2 a 2 svislé nosníčky jsou osazeny 4 aktivními tenzometry spojenými do můstku se svými 4 pasivními tenzometry umístěnými na základně pružného členu.

Vztahy mezi velikostí výstupních signálů a velikostí sil jsou dány rovnicemi

$$\Delta v_{N1} = P \cdot a_{10} + Q \cdot a_{12} + P \cdot e \cdot a_{11} \left[v; N, \frac{v}{N}, N, \frac{v}{N}, N, m, \frac{v}{Nm} \right]$$

$$\Delta v_{N2} = P \cdot a_{20} + Q \cdot a_{22} + P \cdot e \cdot a_{21} \left[v; N, \frac{v}{N}, N, \frac{v}{N}, N, m, \frac{v}{Nm} \right]$$

$$\Delta v_S = P \cdot a_{30} + Q \cdot a_{32} + P \cdot e \cdot a_{31} \left[v; N, \frac{v}{N}, N, \frac{v}{N}, N, m, \frac{v}{Nm} \right]$$

nebo

$$P = \Delta v_{N1} \cdot b_{10} + \Delta v_{N2} \cdot b_{12} + \Delta v_S \cdot b_{11} \left[N; v, \frac{N}{v}, v, \frac{N}{v}, v, \frac{N}{v} \right]$$

$$Q = \Delta v_{N1} \cdot b_{20} + \Delta v_{N2} \cdot b_{22} + \Delta v_S \cdot b_{21} \left[N; v, \frac{N}{v}, v, \frac{N}{v}, v, \frac{N}{v} \right]$$

$$e = \frac{\Delta v_{N1}}{P} \cdot b_{30} + \frac{\Delta v_{N2}}{P} \cdot b_{32} + \frac{\Delta v_S}{P} \cdot b_{31} \left[m; v, N, \frac{Nm}{v}, v, N, \frac{Nm}{v}, v, N, \frac{Nm}{v} \right]$$

kde P je normálová síla, Q je smyková síla, e je excentricita normálové síly P

Δv_{N1} , Δv_{N2} , Δv_S jsou měřené el. signály

$a_{10} \dots a_{31}$, $b_{10} \dots b_{31}$ jsou konstanty pružného prvku

Konstanty $a_{10} \dots a_{31}$ určíme cejchováním snímače a konstanty $b_{10} \dots b_{31}$ určíme řešením soustavy rovnic pro Δv_{N1} , Δv_{N2} a Δv_S .

Závěr

V referátu byl popsán snímač jen v nejhrubších rysech. Podrobněji nemohl být popsán vzhledem k povolenému rozsahu stran. Bližší čtenář nalezne v /7/.

- /1/J. Feda Základy mechaniky partikulárních látek, NČSAV, 1977
- /2/M. Jurečka Tenzometrická metoda měření napjatosti na fyzikálních modelech, dílčí zpráva, ÚGG ČSAV, 1977
- /3/J. Skořepová, M. Jurečka Způsob zjištění přesnosti tenzometrických měření na modelech z ekvivalentních materiálů, dílčí zpráva ÚGG ČSAV, 1979
- /4/J. Skořepová, M. Jurečka Chování tenzometrických snímačů DO 14X při měření změn napjatosti na sypaných pískových modelech, dílčí zpráva ÚGG ČSAV, 1980
- /5/M. Jurečka Užití polovodičového tlakového snímače TM 440 pro měření v ekvivalentních materiálech, závěrečná zpráva ÚGG ČSAV, 1982
- /6/J. Málek Fotoelasticimetrické vyšetření rozložení napětí v okolí snímačů tlaku, dílčí zpráva HOÚ ČSAV, 1976
- /7/M. Jurečka Pružný prvek snímače malých rozměrů měřicího napjatost ve dvou směrech, dílčí zpráva ÚGG ČSAV, 1983

