

DVĚ METODY PRO SLEDOVÁNÍ OSTĚNÍ PODZEMNÍCH OBJEKTŮ BĚHEM VÝSTAVBY A EXPLOATACE

Ing. Jaromír Karhánek, CSc., Doc. RNDr. Zdeněk Weber, CSc.,
RNDr. Jiří Macur

Vysoké učení technické, stavební fakulta, Brno

Ing. Milan Kliment, CSc.,

Tesla Výzkumný ústav měřicí techniky, Brno

V podzemním stavitelství a hornictví je nezbytné pro reálné dimensování konstrukcí, pro ověřování statických předpokladů zpětnou analýzou napětí, pro optimální provádění technologie ražby, ale i z důvodů bezpečnosti vykonat soubor prací, které vedou k výše určeným cílům. Jsou to převážně tyto: numerické modelování, inženýrsko-geologické dokumentování geologického prostředí, zkoušky mechaniky zemin a hornin, měření deformací a horninových tlaků.

Ve svém příspěvku se zmíníme o dvou metodách, které jsme rozpracovali a které se týkají měření deformací a horninových tlaků.

Cílem měření, tvořících součást nových technologických metod výstavby tunelů (např. NATM), je stanovení časového průběhu deformací do dosažení rovnovážného stavu, mimo jiné konvergence prvé vrstvy ostění. Konvergence se nejčastěji definuje jako sbližování stropu, soly a boků tunelu horninovým tlakem. Zjišťuje se jako relativní posun dvou měřicích bodů ve směru jejich okamžité spojnice. Kromě toho se provádí měření konvergence výrubu, sloužící pro přímé stanovení velikosti a směru hlavních napětí v horninovém masívu před započatím ražby. Fyzikální rozměr konvergence je metr, rychlost konvergence (časový faktor) je v metrech za sekundu. Literatura uvádí již přes dvě desítky používaných konvergometrů. Mezi nové způsoby patří metoda optické konvergence (MOK). Pozorované body měření jsou osazeny luminiscenčními diodami na speciálních trnech a v daném měrném profilu napojeny na zdroj elektrického proudu. Zdroj je navržen a sestaven tak, aby z hlediska jiskrové bezpečnosti a elektrostatiky byl použitelný v prostředí třetího stupně

nebezpečí výbuchu metanu. Změny polohy diod, umožňující zjištění změn měřených uhlů, jsou sledovány pomocí teodolitu. Měrné body jsou osazovány obdobně jako klasické konvergenční body po obvodu výrubu. V měrném profilu se osazují body obvykle po 45° , snímáče jsou vzájemně propojeny kabely po obvodu výrubu. Vlastní měření metodou optické konvergence se skládá ze dvou fází: a) měření relativních posunů, b) měření absolutních posunů. Další podrobnosti viz [1].

Horninový tlak - rozumíme síly, kterými na sebe navzájem působí hornina a stavební konstrukce; nepatří k nim síly v základové spáře. Velikost a rozdělení horninového tlaku na stavební konstrukce lze stanovit více způsoby:

- a) početně - s využitím klasických postupů pro stanovení horninových tlaků [2].
- b) numerickým modelováním - využije se moderních postupů, zejména metody konečných prvků ev. okrajových prvků (hraničních), či metod využívajících interaktivní závislost mezi velikostí horninového tlaku (nebo jeho koeficientů) a odpovídající deformací konstrukce v pružněplastickém poloprostoru.
- c) experimentálně - využívá se buď výsledků měření na modelech z ekvivalentních materiálů na základě teorie fyzikální podobnosti, či výsledků přímých měření na konstrukcích "in situ". Laboratorní experimentování je využitelné zejména ve stádiu geotechnického průzkumu pro projekční práce; polní experimentování především ke konfrontaci skutečného stavu s vypočtovými veličinami s cílem trvalého zkvalitnění navrhovaných metod.

Pro ražená podzemní díla velikost tlaku horniny závisí na geologických a hydrogeologických podmínkách území, na použitém technologickém způsobu výstavby, na rozměrech a tvaru příčného profilu podzemního díla, na tuhosti výstroje. Jde o tlak složený jednak z tlaku horniny na ostění, jednak z tlaku ostění opírajícího se o horninu. Velmi cenný materiál pro orientaci projektantu poskytuje měření tlaku horniny ve skutečných podmínkách. S otázkou měření velikosti a tlaku horniny úzce souvisí vyšetřování deformačních vlastností horninového masívu, které podmiňují do značné míry způsob a velikost spolupůsobení ostění s prostředím.

Při řešení výše popsaných otázek hraje rozhodující roli volba správné metody měření horninových tlaků např. pomocí plochých lisů. Měření je citlivé na řadu vedlejších vlivů, které mohou zkreslit podstatně skutečné hodnoty. Proto musí být splněny tyto podmínky:

- měrná aktivní plocha plochého lisu musí být co největší
- jeho konstrukční výška musí být minimální
- tuhosti plochého lisu a prostředí musí být sobě blízké, aby přechodový prvek (plochý lis) nepůsobil cizorodě
- při funkci nesmí dojít ke znetelné změně objemu plochého lisu
- umístění a rozměry plochého lisu nesmí překážet normálnímu technologickému postupu
- alespoň část měřicího zařízení po ukončení měření musí být po demontáži znovu použitelná.

Běžně se používá buď měření pomocí plošných velkorozměrných lisů spojených s měřicím odnímatelným elementem anebo metoda hydraulického měření pomocí plochých lisů (systém Glötzl). Oba systémy nejsou vyhovující z těchto důvodů:

- a) nespĺňují zcela výše uvedené předpoklady
- b) hydraulické systémy nezajišťují stálost údajů
- c) jde o systémy s vizuálním odečtem bez automatického sběru dat
- d) jsou devizově náročné.

Na našem pracovišti navržený systém měření horninových tlaků resp. zjišťování zatížení na ražená podzemní díla, se skládá z plochých lisů naplněných olejem (dříve rtutí), které se osazují buď do konstrukce ostění či na kontaktu horniny s ostěním. Při změně napětí prostředí (např. na kontaktu ostění - hornina), se změni stejně tlak kapaliny v lisu. Tyto tlakové změny kapaliny jsou měřeny elektricky polovodičovým snímačem tlaku kapaliny a je prováděn automatický sběr dat. Takže systém, který kombinuje hydraulický systém s elektronickým sběrem a s uschováním dat se sestává ze:

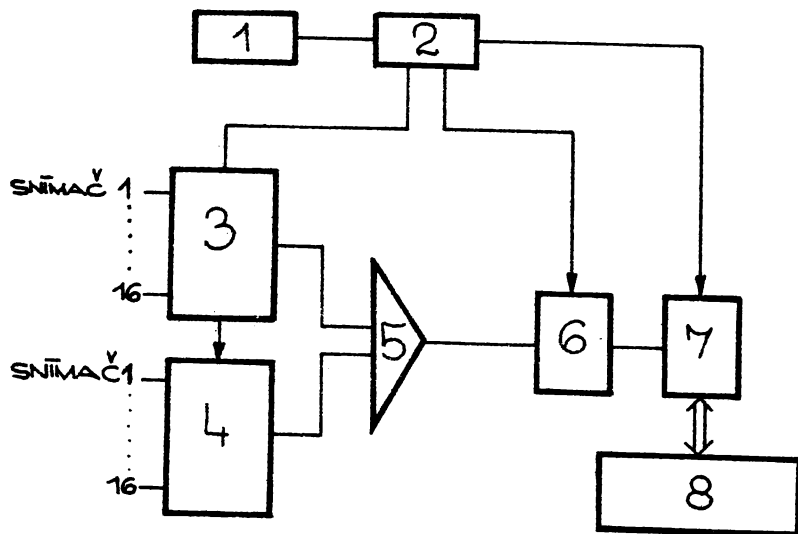
1. zatěžovací jednotky (plochý lis)
2. polovodičového snímače tlaku
3. měřicího okruhu, který obsahuje trubkové spojovací vedení a vlastní elektronické zařízení pro automatický sběr dat.

Ad 1: Tlakoměrný vak lisu se skládá ze dvou rovnoběžných hlubokotažných plechů, které jsou po obvodě svařeny. Tvar plochého lisu může být obdélníkový či kruhový o ploše $0,05 \text{ m}^2$. Plochý lis musí být svařen tak, aby zaručoval vodotěsnost (nesmí unikát olejová náplň).

Ad 2: Snímač tlaku typu STB-03 je určen na měření a kontroly tlaku kapalin. Jeho funkce je založena na využití vlastností polovodičového piezorezistivního měřicího prvku. Sestavení měřicího systému předpokládá použití vhodného zdroje stabilizovaného napájecího proudu a měřicího přístroje.

Ad 3: Účelem elektronického zařízení je měřit v zadaných časových intervalech průběh tlaku pomocí polovodičového snímače tlaku kapalin. Zařízení splňuje tyto požadavky: je kompaktní, nezávislé na teplotě a vlhkosti prostředí, bez obsluhy schopné zpracovávat údaje ze 16-ti snímačů v můstkovém zapojení a uschovat ve vnitřní paměti po dobu nejméně 7 dní. Je zabezpečena možnost přenosu informace z paměti do mikropočítače přes paralelní interface. Blokové schéma navrženého zařízení je na obr.1. Pro galvanickou nezávislost je signál můstkového zapojení čidel multiplexován dvojicí analogových multiplexerů. Výběr čidla provádí pomocí multiplexerů řídící jednotka. Napětí můstku vybraného čidla je zesíleno diferenčním zesilovačem⁽⁵⁾ a převedeno A/D převodníkem⁽⁶⁾ do formy 8 bitového čísla a uloženo do statické paměti⁽⁷⁾. Úkolem řídící jednotky⁽²⁾ je zajištění ve správné časové posloupnosti výběru čidla, spuštění převodu a uložení naměřené hodnoty do paměti. Po zjištění údajů ze všech čidel čeká řídící jednotka zvolený časový interval a pak opakuje celé měření. Vlastnosti navrhovaného řešení: celé zařízení lze snadno izolovat od nepříznivých vlivů okolí. Napájení zařízení je z vnější sítě, v případě potřeby může být napájeno akumulátorem. Autonomnost celého zařízení je dána kapacitou osazené paměti. Např. v případě paměti 8 kB by paměť mohla obsahovat informace o 512 měřeních na 16 čidlech. Pokud by připojených čidel (snímačů) bylo méně, počet měření by se samozřejmě zvýšil. Celková doba měření, než se paměť zcela zaplní,

závisí samozřejmě na intervalu mezi jednotlivými měřeními. Při intervalu 1 hodiny by vyčerpání paměti v našem případě trvalo 21 dnů. Zpracování měření probíhá až v mikropočítači, kam se data po vyčerpání paměti přemístí pomocí jednoduchého programu.



OBR.1: SCHÉMA ELEKTRONICKÉHO MĚŘICÍHO SYSTÉMU PRO AUTOMATICKÝ SBĚR DAT: 1-GENERÁTOR ČASOVÝCH PULSŮ, 2-RIDÍCÍ JEDNOTKA, 3-ANALOGOVÝ MULTIPLEXER, 4-ANALOGOVÝ MULTIPLEXER, 5-DIFERENČNÍ ZESILOVAC, 6-A/D PŘEVODNÍK, 7-STATICKÁ PAMĚŤ, 8-KONEKTOR PRO MIKROPOČÍTAČ

Literatura

- [1] Karhánek, J. a kol.: Měření konvergence výrubu optickým způsobem In: celostátní konference EAN '88, DT ČSVTS Praha, Holany, str.140-141.
- [2] Karhánek, J.: Návod k cvičení z podzemních staveb, SNTL Praha 1986, str.139.