

Mineralia slov.
12 (1980), 4, 369—383

S ŮHRNNÝ REFERÁT

Zariadenie na indikáciu a meranie svahových pohybov

EGON FUSSGÄNGER

IGHP, Žilina, Rajecká cesta 32, 010 51 Žilina

(12 obr. v texte)

Doručené 14. 3. 1980

Приборы для измерений и определение движений на склонах

Автор статьи описывает подходящую аппаратуру, которая используется в настоящее время в Чехословакии и за рубежом для измерения поверхностных и подповерхных движений на склонах а также для определения скользящих плоскостей. Более детальнее описывает аппаратуру, которая была развита в Чехословакии (экстензометры, dilatометры, деформационные трубки и система полосчатых проводников).

Equipments for measurements and indication of slope movements

The paper describes equipments used recently in Czechoslovakia and abroad for slope movement measuring both on the surface and subsurface and for the indication of sliding surfaces. Detailed description is given to devices developed in Czechoslovakia (extensometers, dilatometers, deformation tubes and systems of tape conductors).

Pri intenzívnej výstavbe, aká prebieha v ČSSR, a to vodných diel, dopravných stavieb, priemyselných, energetických, banských i občianskych komplexov rozlohu zasahujúcich aj svahové územné celky sa musí už vopred venovať veľká pozornosť problémom vychádzajúcim zo svahových geodynamických

procesov. Navyše súčasná tendencia vo zvýšenej miere chrániť životné a krajinné prostredie, ako aj súčasný fond poľnohospodárskej pôdy stále viac vytláčajú rozsiahlu výstavbu najmä náročnejších objektov do nepriaznivejších podmienok, do inžinierskogeologických a geomorfologicky menej vhodných regiónov.

Často sa nemožno vyhnúť ani oblastiam poznačeným svahovými pohybmi a deformáciami, príp. takým, kde je ich vznik veľmi pravdepodobný.

Prírodné alebo umelo vyvolané svahové pohyby sú vždy závažným problémom, lebo najmä svojimi deštruktívnymi prejavmi môžu spôsobiť veľké národohospodárske škody. Rovnako je vždy technicky a časovo náročná a finančne veľmi nákladná aj sanácia každého druhu svahovej deformácie. Preto pri inžinierskogeologickom prieskume každej svahovej deformácie (napr. zosuvu) treba dôsledne zistiť pretvorenie a napätie zemín vo svahu (aj neutrálne napätie, t. j. tlak vody v póroch zeminy). Priestorová aplikácia výsledkov týchto základných geodynamických charakteristík vedie aj k jednoznačnému vymedzeniu porušeného svahu v priestore, t. j. na povrchu a pod povrchom. Napriek zložitosti vzniku a vlastnej mechaniky geodynamických procesov vo svahoch, ktoré závisia od klimatických, geomorfologických, hydrogeologických a inžinierskogeologických pomerov, zostáva vždy, hlavne v bežnej praxi, ich rozhodujúcim prejavom veľkosť svahového pohybu, resp. veľkosť a vývoj pretvorenia v priestore a čase. Preto sú meranie, kontrola i indikácia svahových pohybov, ako aj zisťovanie šmykových plôch porušených svahov veľmi dôležité a potrebné.

Voľba meracích metód a zariadení

závisí od typu svahovej deformácie, stupňa jej aktivity a štádia vývoja, od druhu zemín či skalných hornín, ale aj od cieľov merania a od času, ktorý má prieskum k dispozícii, a, prirodzene, aj od materiálnych možností.

Svahové pohyby, resp. pretvorenia v časovej závislosti možno na povrchu merať a sledovať fyzikálnymi a geodetickými metódami (J. Fekáč 1973), pod povrchom iba fyzikálnymi metódami. Väčšina terajších meracích zariadení a prístrojov je založená na aplikácii priamych fyzikálnych metód merania pretvorenia v zeminách a horninách (G. Müller 1974, G. Müller et al. 1977). Sú to prietahomery a trhlinomery (extenzometre, dilatometre), prieťahomery, sklonomery a úklonomery (inklinometre, tiltmetre) pracujúce prevažne na mechanickom, hydraulickom, kyvadlovom a zväčša aj na kombinovanom princípe, často aj s využitím tenzometrických prvkov.

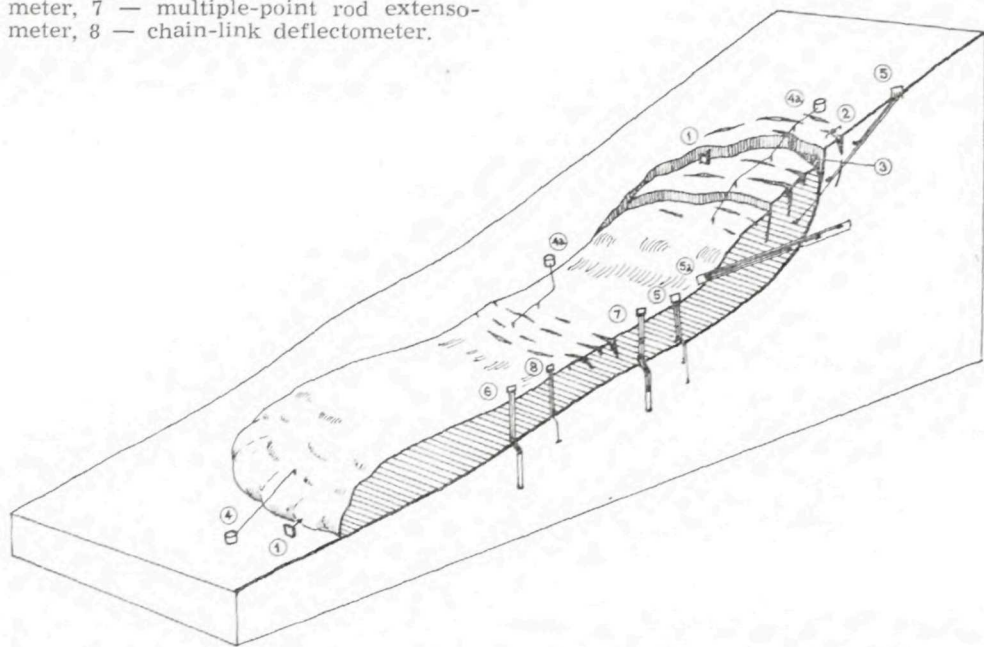
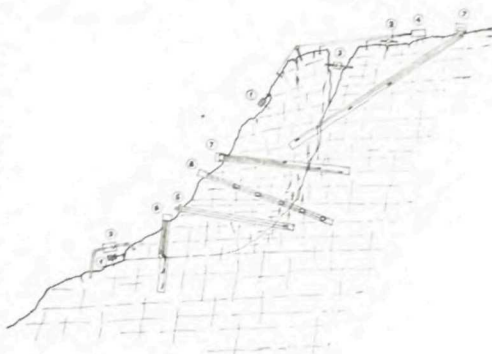
Použitie zariadení na meranie a indikáciu svahových pohybov na povrchu a pod povrchom svahových porúch v zeminách a horninách demonštrujú obr. 1 a 2.

Zariadenie na meranie svahových pohybov na povrchu

V bežnej prieskumnej praxi sa v zahraničí a u nás na meranie svahových pohybov, resp. horizontálnych pretvorenia (posunov) na povrchu svahov používajú rozmanité

Obr. 2. Meracie a indikačné zariadenia svahových pohybov v horninách. Na povrchu svahov: 1 — povrchový indikátor svahového pohybu, 2 — trhlinomer, 3 — dilatometer, 4 — viacbodový (lankový, drôtový) extenzometer. Pod povrchom: 5 — podpovrchový svahový indikátor, 6 — viacbodový (páskový, lankový) extenzometer, 7 — viacbodový tyčový extenzometer, 8 — článkový deflektometer

Fig. 2. Measuring and indication devices of slope movements in rocks. For slope surfaces: 1 — surficial slope movement indicator, 2 — fissurometer, 3 — dilatometer, 4 — multiple-point (wire-, rope-) extensometer. For subsurface measuring: 5 — underground slope indicator, 6 — multiple-point (tape-, chain-) extensometer, 7 — multiple-point rod extensometer, 8 — chain-link deflectometer.



Obr. 1. Meracie a indikačné zariadenia svahových pohybov v zeminách. Na povrchu svahov: 1 — povrchový indikátor svahového pohybu, 2 — trhlinomer (fissurometer), 3 — dilatometer, 4 — jednoduchý extenzometer. 4a — viacbodový (lankový, drôtový) extenzometer. Pod povrchom svahov: 5 — viacbodový (lankový, drôtový, páskový, reťazový) extenzometer, 5a — viacbodový extenzometer, 6 — inklinometer, 7 — článkový deflektometer, 8 — podpovrchový indikátor svahového pohybu

Fig. 1. Measuring and indication equipments for slope movements in soils. Equipments for surficial measuring: 1 — surficial slope movement indicator, 2 — fissurometer, 3 — dilatometer, 4 — simple extensometer, 4a — multiple-point extensometer (wire- and rope-extensometer). Equipments for subsurface measuring: 5 — multiple-point extensometer (wire-, rope-, tape- and chain-extensometer), 5a — multiple-point rod-extensometer, 6 — inclinometer, 7 — chain-link deflectometer, 8 — underground slope movement indicator

druhy prietahomerov — extenzometrov, dilatometrov a trhlino-
metrov — fisurometrov.

Extenzometre

Extenzometre, t. j. prístroje na sledovanie zmeny vzdialenosti medzi dvoma i viacerými bodmi, patria medzi najpoužívanéjšie meracie zariadenia pri priamom zisťovaní svahových pohybov na povrchu svahov zo zemín a skalných hornín počas prieskumu svahových deformácií. Charakteristickým znakom extenzometrov pri priamom meraní pretvorenia je ich osadenie v smere očakávaného svahového pohybu na rozhraní porušeného a neporušeného prostredia. Namerané hodnoty pretvorenia sa potom porovnávajú so základným východiskovým bodom osadeným v neporušenom prostredí. Podľa druhu spojovacieho merného prvku sa rozdeľujú na lankové, drôtové, páskové, refazové a tyčové a podľa počtu meraných bodov na jednoduché — dvojbodové a na zložené — viacbodové. Podľa spôsobu indikácie nameraných pretvorení možno ich ešte rozčleniť na zariadenia s miestnou indikáciou — odčítaním, príp. aj grafickou registráciou, alebo s diaľkovou digitálnou indikáciou, resp. aj s registráciou. Zariadenia

s diaľkovou indikáciou nameraných hodnôt pretvorení zvyčajne pracujú na elektrickom alebo kombinovanom funkčnom princípe a potrebujú zdroj elektrickej energie (akumulátor alebo sieť). Presnosť merania sa pohybuje od 0,01—0,1 mm a rozsah meraných pretvorení bez prestavenia východiskovej hodnoty je 20—100 mm ($\pm 1,0$ až $\pm 5,0$ mm). Pri malom pretvorení (do 20 mm) sú vhodné tyčové extenzometre s veľkou citlivosťou (0,01 mm) odčítania hodnôt a pri väčšom pretvorení (50—100 mm i viac) lankové a drôtové extenzometre s menšou citlivosťou. Na dosiahnutie žiadúcej presnosti merania treba použiť merné prvky s malou tepelnou rozťažnosťou (napr. z invarovej ocele).

Okrem opísaných extenzometrov, ktoré predstavujú trvale, príp. dočasne zabudované meracie zariadenia, sú aj prenosné príložené — jednoduché páskové extenzometre (napr. fy Sinco — USA). Pri ich použití treba meráciu základňu vytvoriť z pevne fixovaných skôb a priame alebo relatívne pretvorenie sa sleduje medzi nimi. Pri vhodnej konštrukcii takéhoto extenzometra a merných skôb možno dosiahnuť presnosť merania $\pm 0,13$ až 0,08 mm na vzdialenosť 20—33 m.*

* Veľmi zjednodušenou obdobou merania prenosným páskovým extenzometrom je meranie svahového pohybu medzi dvoma fixovanými bodmi — skobami alebo kotvami — pomocou vhodného meracieho pásma. Pásmo musí byť na jednom konci spojené so strunovým minciernom, pomocou ktorého sa pri každom meraní dosiahne rovnaké napnutie pásma. Presnosť takéhoto spôsobu orientačného merania je pri vzdialenosti do 30 m asi ± 5 až 10 mm.

Zo zahraničných prístrojov sú najznámejšie jednoduché a viacbodové extenzometre fy Interfels (Rakúsko + NSR; lankové, drôtové, refazové, tyčové), Sinco (USA; páskové, drôtové, tyčové), Télémac (Francúzsko; tyčové), Borros (Švédsko; tyčové), Inštitút pre geotechniku v Lipsku (NDR; lankové), ktoré možno použiť v zeminách a v skalných horninách na povrchu i pod povrchom.

V ČSSR sa ešte takéto extenzometre sériovo nevyrábajú, aj keď vhodné prístroje vyvinul Hornický ústav ČSAV Praha (1966) a VÚIS Bratislava (1978) v rámci rezortnej výskumnej úlohy IGHP Žilina č. G-150-01 (E. Fussgänger 1976).

Jednoduchý a kombinovaný páskový a lankový extenzometer na meranie pomalých svahových pohybov (do 120 mm za rok) vyvinul VÚGI Brno, a to v troch typoch:

a) základný prístroj mechanického extenzometra s typovým označením MMP-120 na priamu miestnu indikáciu — odčítanie veľkosti svahového pohybu na stupnici prístroja (obr. 4);

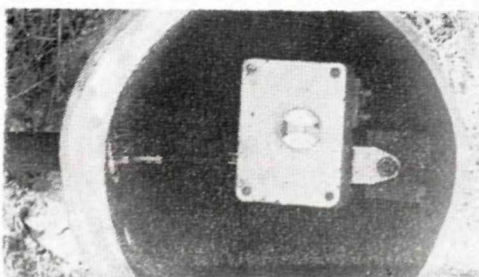
b) základný prístroj mechanického extenzometra spojeného s miestnym registračným zariadením s typovým označením MMR-120R (obr. 5) na kontinuálny záznam vývoja veľkosti svahového pohybu (s chodom registrátora 7 dní na jedno natiahnutie);

c) upravený základný prístroj na mechanicko-elektrický extenzometer spojený so zariadením na diaľ-



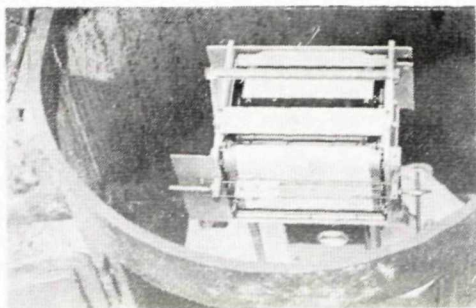
Obr. 3. Osadený jednoduchý — dvojbodový mechanický lankový extenzometer MMP-120 v odlučnej zóne zosuvu Mostište

Fig. 3. Mounted simple two-point mechanical wire extensometer MMP-120 in the detachment zone of the Mostište landslide.



Obr. 4. Pohľad na merací prístroj MMP-120 v ochrannom kryte

Fig. 4. View of the MMP-120 measuring device in protective shield



Obr. 5. Pohľad na merací prístroj MMP-120R s mechanickým registrátorom
Fig. 5. View of the MMP-120 measuring device with mechanical recording.

kovú digitálnu indikáciu meraných hodnôt veľkosti svahového pohybu s typovým označením MMP-120D (s možnosťou sledovať až 3 extenzometre odrazu).

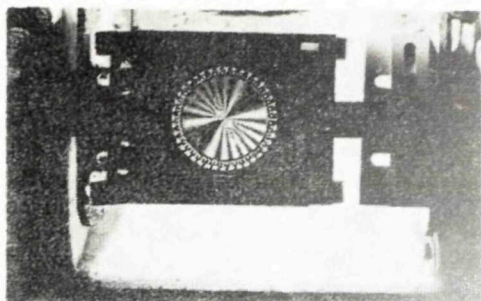
Uvedené typy extenzometrov (MMP-120, 120R a 120D) možno použiť pri priamom sledovaní progresívneho a regresívneho (nateraz okrem MMP-120D) vývoja svahového pohybu jedného bodu vo veľkosti do 120 mm za isté časové obdobie, a to v zásade iba na rozhraní porušeného a neporušeného prostredia, optimálne do vzdialenosti 15–20 m. Ale opakovaným prestavovaním východiskovej hodnoty na stupnici prístroja a nadstavením spájacieho lanka možno pôvodný rozsah merania podľa potreby aj viacnásobne zväčšiť. Dosiahnuteľná presnosť nameraných hodnôt je 0,10 až 0,05 mm. V teréne sa na povrchu zariadenie osadzuje do vhodného nosného a ochranného oceleového krytu ($\varnothing$ 250 mm pri MMP-120 a 120D a $\varnothing$ 450 mm pri

MMP-120R), pričom rovnako aj spájací merný prvok (pásku alebo lanko) proti vonkajším vplyvom a poškodeniu chráni oceleová rúrka s teleskopickým voľným priechodom (obr. 3). Opísané extenzometre sa úspešne použili na zosuvnej lokalite Handlová, Harvelka, Okoliché a Mostište.

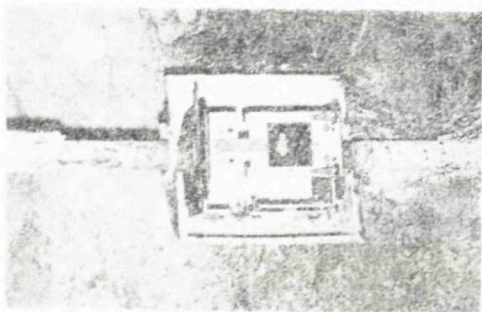
Dilatometre

Dilatometre slúžia na meranie veľmi malých relatívnych pretvorení na rozhraní blokov a puklín, ako aj v otvorených trhlinách prevažne v skalných horninách. V zahraničí je rad takýchto prístrojov, zo špecifikovaných na skalné horniny a zeminu sú najznámejšie prístroje fy Interfels.

Roku 1972 Geologický ústav ČSAV v Prahe vyvinul veľmi kvalitný mechanicko-optický dilatometer s označením TM-71 (obr. 6, 6a; B. Košťák 1972). Prístroj pracuje na princípe mechanickej interferencie optických mriežok tvoriacich porovnávacie terče pevne spojené s pohybujúcimi sa telesami — blokmi. Zo vzájomnej interferencie mriežok vo dvoch kolmých rovinách (vertikálnej i horizontálnej) sa hodnotí posun ako excentricnosť terčov. Umožňuje miestne meranie priestorových posunov (veľkosť a smer) horninových blokov. Rozsah merania je 10 mm ($\pm$ 5,0 mm) a citlivosť $\pm$ 0,03 mm. Dilatometer TM-71 zachycuje aj tepelnú dilatáciu horniny. Osadzuje sa na konzo-



Obr. 6 Terčové meradlo TM-71 (mechanicko-optický dilatometer)
Fig. 6. Target measuring instrument TM-71 (mechanical-optical dilatometer).



Obr. 6a. Osadenie dilatometra TM-71 v otvorenej trhline
Fig 6a. Mounted TM-71 dilatometer in open fissure.

ly do vyvrtaných otvorov v hornine. Má veľkú stabilitu, takže je vhodný na niekoľkoročné meranie, keď ide o pohyby rádu 10^0 až 10^{-1} mm/rok. Prístroj už vyskúšali na viacerých lokalitách v ČSSR, Bulharsku, NDR a v Poľsku.

Na meranie malých relatívnych pohybov na menších trhlinách a puklinách hornín sa často využívajú príložené dilatometre. Meraciu základňu tu tvoria pevne osadené

2 až 3 dilatometrické skoby vo vzdialenosti cca 20–50 cm po stranách zvolenej skalnej trhliny. Vhodným rozmiestnením skôb možno okrem veľkosti posúdiť aj smer dilatácie. Vlastným meracím elementom sú citlivé indikátorové hodinky, ktoré umožňujú meranie s presnosťou 0,01–0,001 mm. Z praktických skúseností treba počítať s častým porušením dotykových plošiek skôb (napr. koróziou), čo znižuje presnosť merania asi o jeden rád. Vhodný príložený tenzometrický dilatometer u nás vyvinul VÚT Brno. Roku 1970–1971 sa ním merali deformácie trhlín v skalných zárezoch na železničnej trati Brno–Blansko (M. Šamaliková – J. Habarta 1973).

Doplňujúce zariadenia

Napokon sa pri špecifických prístrojoch ešte treba zmieniť aj o rozličných typoch indikátorov svahových pohybov, ktoré umožňujú indikovať iba existenciu svahového pohybu na povrchu (prevažne v jeho počiatočných fázach) pri prekročení vopred nastaviteľnej limitnej hodnoty (cca 10 mm). Zvyčajne sa kombinujú aj s miestnym a diaľkovým výstražným svetelným alebo zvukovým signalizačným zariadením (G. Müller 1974). U nás takýto povrchový indikátor (signalizačná súprava SS 76 pre svahové posuny väčšie ako 1 cm) vyvinul VÚIS Bratislava, pracovisko Brno, v rámci výskumnej úlohy

P 12-526-078-02.3 (P. Novotný 1978).

Zariadenie na meranie svahových pohybov pod povrchom

Tieto zariadenia patria pri prieskume svahových porúch medzi najdôležitejšie. Osadzujú sa zvyčajne do vŕtaných sond a na základe merania svahového pohybu v rozličnej hĺbke jednoznačne a priamo určujú polohu aj mocnosť šmykovej zóny, príp. počet zón a charakter aktivity.

Priamo merať veľkosť svahového pohybu vo zvislých sondách mohlo vždy iba zariadenie schopné dobre transformovať svahové pretvorenia z ich pôvodného subhorizontálneho smeru do vertikálneho smeru. Preto vývoj meracích zariadení postupoval od jednoduchých kyvadlových meradiel až po rozličné druhy extenzometrov, inklinometrov a deflektometrov (G. Müller 1974, G. Müller — H. Voort — M. Wöhlisch 1977).

Kyvadlá

Princíp kyvadla, ktorý sa používa pri meraní deformácií v betónových priehradách, možno využiť aj pri meraní svahových pohybov v hĺbke systémom studňových skruží osadených do kopaných alebo vŕtaných sond (G. I. Ter-Stepanian 1965, S. Novosad 1967). Každá skruž má pretínajúcimi sa tenkými drôtnami alebo lanka-

mi vyznačený stred. Posun vrchnej skruže sa proti jednotlivým nižšie položeným skružiam (osadeným až do pevného podložia zosuvu) zisťuje kyvadlom zaveseným na pohyblivom križi. Nevýhodou zariadenia je, že pred meraním zvyčajne treba odčerpať vodu. Za vierohodné možno pokladať namerané údaje až pri veľkosti posunov spravidla v cm.

Inklinometre

Prenosným druhom meracích prístrojov sú inklinometre. Pri inklinometri sa vychádza z predpokladu, že sa veľkosť svahového pohybu prejaví zakrivením — odklonom zabudovaných špeciálnych profilovaných pažníc vo vrtoch od ich pôvodného vertikálneho smeru, čo je možné pri zachovaní ich istej vnútornej priechodnosti zamerať až v dvoch na seba kolmých smeroch. Z celkového zakrivenia sa dá potom prepočtom stanoviť veľkosť a smer svahového pohybu — posuny v rozličnej hĺbke. Zistená maximálna hodnota uhla odklonu v istej hĺbke indikuje polohu hlavnej šmykovej plochy a zóny. Použitie inklinometrov je však podmienené „plastickým“ pretvorením zemín a merných pažníc v oblasti šmykovej plochy, a preto pre „krehké“ — strihovité pretvorenie v skalných horninách sú málo vhodné. Pri pomalých svahových pohyboch možno použiť pažnice z plastických materiálov, avšak pri väčších a rýchlejších svahových pohyboch (cca nad

100 mm/rok) treba použiť materiály s vyššou priečnou tuhosťou (napr. hliníkové, duralové a pod.). Citlivosť inklinometrického merania závisí od kontaktnej nepresnosti vo výstroji vrtu, ako aj od možných chýb v počtovej integrácii, ktoré pri súčtovom postupe určenia veľkosti svahových posunov s hĺbkou narastajú.

Na praktické účely prieskumu svahových deformácií v zeminách sú najvhodnejšie menšie inklinometre, pretože umožňujú merať uhol odklonu aj pri väčšej krivosti pažníc (M. Jakubowski 1978). Medzi najvhodnejšie inklinometre sa zaraďujú prevažne elektrické inklinometre fy Sinco, Soiltest, Interfels, Terratec, ELE a pod. V súčasnosti sú najpresnejšie digitálne inklinometre fy Interfels a Sinco.

Extenzometre

Merať svahové pohyby pod povrchom vo zvislých vrtných sondách umožňujú aj rozličné druhy zložených viacbodových extenzometrov. Vhodné sú aj mechanické a elektrické extenzometre (napr. fy Interfels, Sinco) s netuhými spojovacími mernými prvkami (páskovými, lankovými, drôtovými, reťazovými), ktoré umožňujú transformovať svahový pohyb aj v priečnom smere. Bežné tyčové extenzometre sú vhodné iba pri ich osadzovaní do šikmých, príp. až subhorizontálnych vrtov, kde orientácia smeru svahového pohybu je

viac-menej subparalelná s osou vrtu a extenzometra (obr. 1 a 2).

V ČSSR boli zatiaľ vyvinuté mechanické lankové viacbodové (článkované) extenzometre, a to na Geologickom ústave ČSAV Praha (J. Rybář 1968) a na VÚGI Brno v rámci výskumnej úlohy IGHP Žilina č. G-150-03 (E. Fussgänger 1976, J. Hickl 1978) a najnovšie mechanicko-elektrický jednoduchý — dvojbodový ťahadlový extenzometer vo VÚIS Bratislava, pracovisko Brno (P. Novotný 1978). Lankové viacbodové extenzometre tvorí sústava článkov rúrok z PVC ľubovoľnej dĺžky (10—100 cm). Z každého alebo len zo zvolených tzv. merných článkov pod povrchom sa vyvádza samostatné lanko až do nadzemnej časti sondy, kde sa vedie cez kladku a napína sa malým protizávažím alebo pružinou. Vplyvom svahového pohybu sa v mieste šmykovej plochy pôvodná zvislá súosovosť článkov v sonde poruší, pričom sa veľkosť svahového pohybu — posunu prejaví zmenou dĺžok laniek vedených z týchto merných článkov, ktoré ležia v neporušenom prostredí pod šmykovou plochou. Merané hodnoty napokon možno alebo priamo odčítať alebo zaznamenať na grafickom registrátore. Presnosť indikácie šmykových plôch závisí od zvolenej vzdialenosti medzi mernými článkami, príp. od dĺžky merného článku.

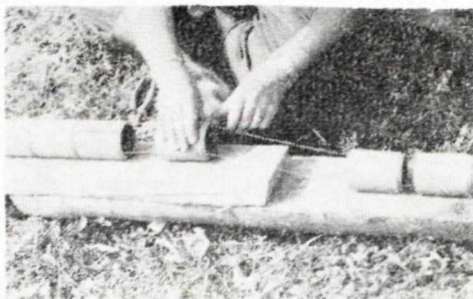
Extenzometer VÚGI Brno — IGHP Žilina, označenia SDT (tzv.

systém delených teliesok), je zostavený z článkov z PVC — rúrok $\varnothing$ 75 mm a dĺžky 100 mm a umožňuje merať a graficky registrovať svahové pohyby (nad 100 mm/rok) pod povrchom až v 8 ľubovoľných bodoch (obr. 7, 8, 9). Příklad nameraných posunov na lokalite zosuvu Mostište pri Púchove je na obr. 12 spolu s penetračným hodnotením vo vrte.

Ťahadlový (lankový) extenzometer VÚIS meria zmenu dĺžky medzi dnom a zhlavím vrtu a z tejto zmeny umožňuje určiť posun po šmykovej ploche. Osadzuje sa do šikmého, príp. do zvislého vrtu zasahujúceho 2 m pod šmykovú plochu. Ale vrt v oblasti šmykovej plochy nesmie byť vystrojený pažnicou. Meracie zariadenie sa skladá z kotvy upevnenej na dne vrtu, ťahadla a vrchnej meracej hlavice. Veľkosť svahového pretvorenia sa prenáša lankom cez kladku a prostredníctvom odporového prevodu sa prevádza na hodnotu elektrického odporu, ktorá sa diaľkovo prenáša a registruje na zapisovači alebo priamo meria na meracom stanovišti. Rozsah a presnosť merania závisí od veľkosti prevodovej kladky, praktická presnosť je $\pm 1,5\%$ z rozsahu (P. Novotný 1978).

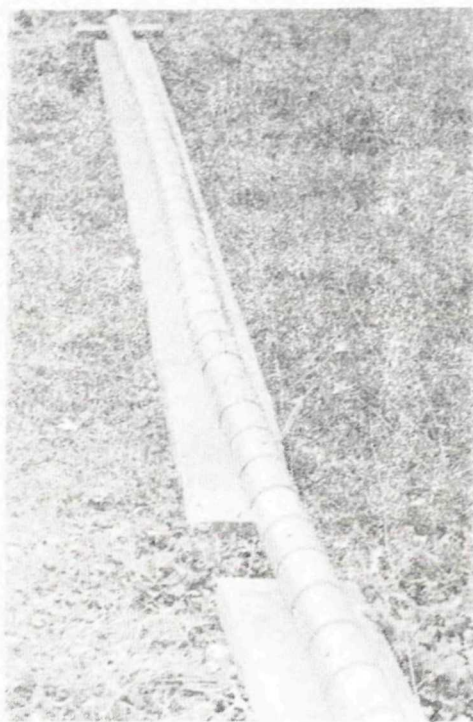
Článkový deflektometer

Princíp inklinometra s princípom extenzometra je kombinovaný v tzv. článkovom deflektometri, ktorý



Obr. 7. Zostavovanie viacbodového pod-povrchového lankového extenzometra — článkovej sondy SDT

Fig. 7. Mounting of a multiple-point subsurface chain-link extensometer. The SDT chain-link probe



Obr. 8. Hotová zostava článkovej sondy SDT

Fig. 8. Mounted assembly of the SDT chain-link probe

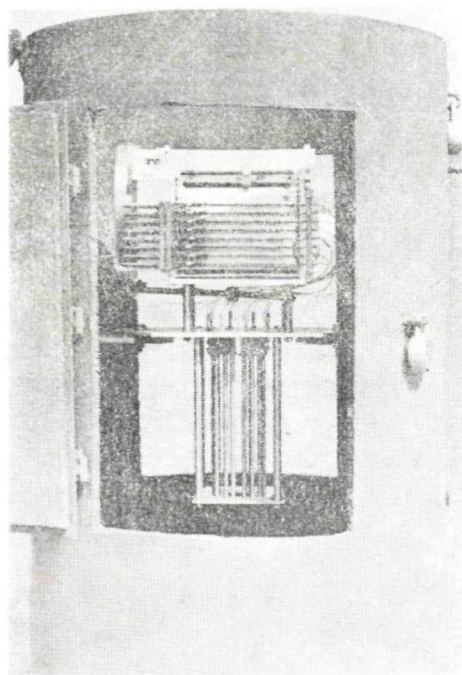
vyrába fy Interfels a Terrametrics. Zariadenie, ktoré sa zabudúva do vrtu ľubovoľného sklonu, pozostáva zo sústavy meracích článkov, medzi ktorými sú tyčové alebo drôtové spojky. Zmena pôvodného smeru spojky sa prenáša na elektricky merateľné hodnoty, ale súčasne sa zaznamenáva aj zmena vzdialenosti medzi dvoma článkami. Prístroj je vhodný prevažne pri relatívne menších pretvoreniach a vzhľadom na jeho vysokú cenu sa musí používať uvažene.

Metódy a zariadenia na indikáciu šmykových plôch pod povrchom

Na indikáciu šmykových plôch pod povrchom možno popri jadrových vrtoch a šachticiach použiť priame a nepriame metódy (J. Rybář — E. Fussgänger 1978). Priame fyzikálne metódy využívajú nielen už opísané zariadenia na meranie svahových pohybov pod povrchom, ale aj indikátory založené na deformácii alebo deštrukcii osadeného prvku do zvislého vrtu zasahujúceho až neporušené podložie.

Deformačné rúrky

V bežnej praxi sú známe a často sa používajú pružné, tzv. deformačné rúrky z plastických materiálov (PVC Ø 40–60 mm), ktoré sa osadzujú do vrtných otvorov s piesčitým obsypom. Hneď po inštalácii deformačnej rúrky patričnej dĺžky do vrtu sa na lanku spustí na dno ocelový valček — priechodomer a druhý valček sa spúšťa pri meraní zhora. Pri svahovom pohybe sa deformačná rúrka stláča a ohýba, čo priechodnosť valčeka zhoršuje alebo znemožňuje. Vďaka tomu možno vymedziť hĺbku aktívnej šmykovej plochy alebo zóny. Deformačné rúrky pri ich perforovanom vyhotovení možno využiť aj ako pozorovacie piezometrické sondy. Naopak pri ich vodotesnom vyhotovení a čiastočne naplnení vodou možno nimi podľa stúpania hladiny prípadne zachytiť aj počiatočnú fázu



Obr. 9. Vlastná meracia a registračná aparátúra SDT
Fig. 9. Measuring and registration apparatus SDT

aktivácie svahového pohybu (E. Fussgänger 1976).

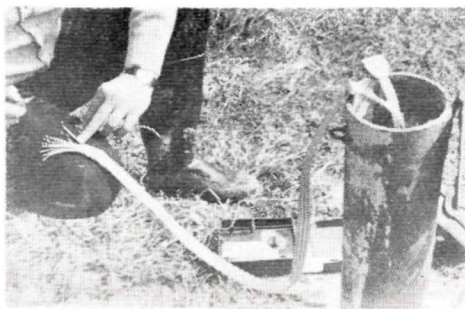
Systém páskových vodičov

Novým indikačným spôsobom a zariadením vyvinutým na VÚGI Brno v rámci výskumnej úlohy IGHP Žilina č. G-150-04 je tzv. systém páskových vodičov — SPV (E. Fussgänger 1976, J. Hickl 1977). Indikácia šmykovej plochy aktívnej svahovej deformácie sa tu zakladá na kontrole porušenia elektrických obvodov z krehkých vodičov, ktoré sú trvalo osadené (zacementované) vo vrte. Miesto prestrihnutia vodičov potom indikuje hĺbku aktívnej šmykovej plochy. V polyetylénovej páske (hrúbky do 2 mm a šírky 15—16 mm) je uložených 10 paralelných žíl vodičov, ktoré sú z tenkých drôtov nízkej priťažnosti. Krycia polyetylénová izolácia má naopak veľkú priťažnosť. Vodiče v páske možno v ľubovoľných úsekoch hĺbky sondy prepojiť do 8 uzavretých obvodov. Voľba polohy a vzdialenosti mostíkov sa prispôbuje hĺbke očakávanej šmykovej plochy. Meraním spojitosti jednotlivých elektrických obvodov sa zisťuje (obr. 11), medzi ktorými dvoma mostíkmi sa vytvorila šmyková plocha. Výhodou zariadenia je nízka cena (cca 25,— Kčs za 1 bm), ľahká inštalácia (obr. 10), neobmedzený hĺbkový dosah a možnosť osadiť viacej páskových vodičov do jedného vrtu. Nevýhodou je, že po prerušení vodičov zariadenia už nemô-



Obr. 10. Osadzovanie krehkých páskových vodičov — sondy SPV v ochrannej hadici z PVC do vrtu

Fig. 10. Mounting of brittle tape conductors of the SPV probe in protecting PVC tube into the drilling



Obr. 11. Kontrolné meranie spojitosti elektrických obvodov SPV pomocou avometra

Fig. 11. Control measuring of conduit joins of single electric circuits SPV using avometer

že zachytiť vývoj ďalších hlbšie položených šmykových plôch ani zistiť mocnosť porušenej šmykovej zóny. Preto sa v IGHP Žilina v spolupráci s Kablom Bratislava vyrobil a overuje variant, v ktorom sa ako spätné vetvy vodičov používajú drôty s vysokou priťažnosťou.

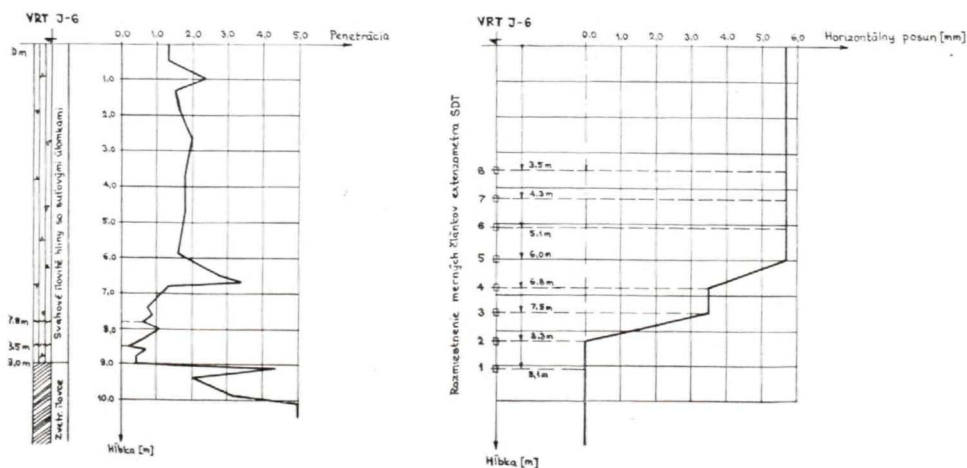
Nepriame metódy

Podľa typu svahovej poruchy, jej charakteru a druhu zemín a hornín možno na indikáciu šmykových plôch pod povrchom úspešne použiť aj nepriame metódy. O existencii pretvorenia a porušenia viažúcich sa pri svahových poruchách zvyčajne na ich šmykové plochy a zóny možno nepriamo usudzovať aj podľa zmeny iných fyzikálnych vlastností prostredia.

V súdržných zeminách je častým indikátorom porušenej šmykovej zóny ich väčšia konzistencia, zvýšená vlhkosť, nižšia objemová hmotnosť, zvýšenie pórových tlakov a naopak zníženie pretvárno-pevnostných charakteristík. Tieto zmeny možno zistiť (popri pôdomechanických rozboroch z odobratých vzo-

riek) kontinuálnou penetráciou alebo penetračnými testmi jadrových monolitov (obr. 12), rádiometrickými sondami (vlhkosť a objemová hmotnosť), snímačmi pórových tlakov vody (v zeminách) presometrickými sondami a pod. (E. Fussgänger — D. Jadroň 1976).

V prípade dilatantného charakteru šmykových plôch a zón, ktoré sa vyznačujú drenážnym efektom, možno výhodne použiť aj rádionuklidové sondy (J. Hulla 1978). Pri tomto spôsobe sa sondážnymi detektormi sleduje zmena rýchlosti prúdenia podzemnej vody na základe vstreknutej rádioaktívnej látky ($\text{NaJ } 131$) v rozličnej hĺbke vo vystrojenom vrte pažnicami s perforáciou nad 5 ‰. Zistené miesta maximálnej odtokovej alebo vtokovej rýchlosti podzemnej vody vo



Obr. 12. Hodnotenie penetračných testov vrtných jadier a svahových horizontálnych posunov (pomocou extenzometra SDT) vo vrte J-6 na zosuve Mostište

Fig. 12. Evaluation of penetration tests of drill-hole cores and of horizontal slope sliding using the SDT extensometer in the J-6 drill-hole at the Mostišće landslide

vrte, hlavne v zdanlivo málo priepustných zeminách, môžu zodpovedať šmykovým plochám.

V súčasnosti sa čoraz častejšie používa komplex nepriamych metód inžinierskej geofyziky (K. Müller 1977). Ide najmä o geoelektrické metódy (metóda odporovej sondáže a profilovania, metóda spontánnej polarizácie atď.), seizmické (metóda refrakčnej a reflexnej seizmiky) a geoakustické (S. Novosad — P. Bláha — J. Knejzlík 1977). V obmedzenej miere možno využiť ešte ďalšie geofyzikálne metódy, ako napr. magnetometrické, termometrické, príp. aj karotážne metódy, ktoré dopĺňajú základné geofyzikálne metódy v špecifických geologických podmienkach.

Záver

Zistenie existencie a veľkosti svahových pohybov na povrchu a pod povrchom dáva jasný obraz o charaktere svahových porúch

v zeminách a skalných horninách, o ich plošnom rozsahu a hĺbkovom priebehu. Na komplexnú charakteristiku ich vývoja sa v praxi osvedčilo kombinovať rozličné metódy merania (priame i nepriame, na povrchu fyzikálne i geodetické) a druhy meracích zariadení. Ich použitie okrem okamžitých časových i materiálnych možností závisí od charakteru a druhu svahovej poruchy. Správnu aplikáciu nameraných výsledkov sa napokon dá overiť skutočná hodnota šmykovej pevnosti zemín a skalných hornín uplatňujúca sa na šmykových plochách, a tým aj reálne posúdiť stabilitu porušených svahov. Účelná a z hľadiska stability správne posúdená a včasná sanácia každej svahovej poruchy na počiatku jej zaregistrovania znamená vždy podstatné zníženie národohospodárskych strát. Preto zariadenia na meranie a indikáciu svahových pohybov majú nesporne veľký význam.

Recenzoval J. Rybař

LITERATÚRA

- Fussgänger, E. — Jadroň, D. 1976: Prieskum zosuvných území pri využití speciálních metod a skúšok. *Mineralia slov.*, 8, s. 23—35.
- Fussgänger, E. 1976: Vývoj meracích a registračných metód a zariadení pre trvalú kontrolu pohybov vody. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Fekeč, J. 1973: Geodetické metódy zisťovania svahových pohybov. In: *Inžiniersko-geologický prieskum stability svahov*. Košice, Dom techniky, s. 1—18 XV.
- Hickl, J. 1977: Equipment developed for measuring landslides and for indicating the plane of sliding. *Bull. Inst. Assoc. EG, Geol. (Krefeld)*, 16, pp. 217—218.
- Hickl, J. 1978: Sesuvy a jejich měření. *Práce Výsk. úst. geol. inž. (Brno)*, 34, s. 97—101.
- Hulla, J. 1978: Možnosti uplatnenia rádiometrických metód pri riešení problémov stability územia. In: *Zakladanie '78. Diel 1*. Košice, Dom techniky, s. 106—111.

- Jakubowski, M. 1974: Wyniki zastosowania inklinometru w badaniach dynamiki osuwiska. *Techn. poszukiwań*, 3/51, 13, s. 20—25.
- Košťák, B. 1972: Terčové měřidlo pro zjišťování dilatací v trhlinách sesuvů. *Manuskript — Geologický ústav ČSAV Praha*.
- Müller, G. 1974: Indikatoren, Mess — und Warngeräte zur Überwachung von Böschungen. *Festschrift Leopold Müller — Salzburg zum 65. Geburtstag, Karlsruhe*, s. 187—197.
- Müller, G. Voort, H. — Wohnlich, M. 1977: Recent developments in slope monitoring instrumentation. In: K. Kovári: *Field Measurements in Rock Mechanics*, 2, A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 757—773.
- Müller, K. 1977: Geophysical methods in the investigation of slope failures. *Bull. Inst. Assoc., 16, Geol. (Krefeld)*, pp. 227—229.
- Novosad, S. 1967: Šance — sesuvy. Závěrečná zpráva o inž. geologickém průzkumu. *Manuskript — Geotest Brno*.
- Novosad, S. — Bláha, P. — Knejzlík, J. 1977: Geoacoustic methods in the slope stability investigation. *Bull. Inst. Assoc. Engineering Geol. (Krefeld)*, 16, pp. 229—231.
- Novotný, P. 1978. Vývoj zařízení pro signalizaci a registraci pohybů půdy. *Manuskript — VUIS Bratislava, prac. Brno*.
- Rybář, J. 1968: Ein Beispiel von Bewegungsmessungen an Rutschungen. *Z. angew. Geol.*, 14, 3, S. 138—141.
- Rybář, J. — Fussgänger, E. 1978: Erkundung der Lage von gleitflächen. In: *Rutschungstagung in der DDR. B. 2. Berlin, GGW*.
- Šamaliková, M. — Habarta, J. 1973: Měření svahových pohybů ve skalních horninách HM tenzometrem. In: *Inžinierskogeologický prieskum stability svahov. Košice, Dom techniky*, s. 1—12.
- Ter-Stepanian, G. I. 1965: Polevoje opredelenije geologičeskich charakteristik gruntov na sklonach. *Dokl. Arm. Akad. Nauk*, 40, 1, s. 7—12.

Equipments for measurements and indication of slope movements

EGON FUSSGÄNGER

In common technical practice, crucial factor for the determination of the presence of slope failure activity is ascribed to the early detection and size determination of slope movements. For such purposes, the paper describes appropriate devices utilized recently in Czechoslovakia and abroad. Such equipment represent devices aimed for slope movement measuring both on the surface (extensometers and dilatometers) and subsurface (inclinometers, extensometers, deflectometers and centering systems

with pendulum), or equipments for the indication of sliding surface on slopes (deformation tubes and systems of tape conductors). The importance of such devices is considerable due to the fact that, in final consequence, they allow under correct application an effective and early maintenance of slope failures already at the beginning of the registered development.

Preložil I. Varga