

METODIKA VÝSKUMU

Svahové pohyby územia Hlohovec — Sereď a problematika ich geodetického sledovania

JAROSLAV ABELOVIČ*, JÁN OTEPKA**

* Katedra geodetických základov Stavebnej fakulty SVŠT, Radlinského 11,
884 20 Bratislava

** IGHP, závod Bratislava, Geologická ul. 18, 834 37 Bratislava

Doručené 21. 2. 1980

(1 obr., 8 foto a 1 tab. v texte)

Движения склонов в районе Глоговец-Середь и их геодетические исследования

Левое побережье реки Ваг между Глоговцом и Середью постигнуто склоновыми нарушениями типа оползней на площади приблизительно 10 км².

Оползни не позволяют полное хозяйственное использование этой территории. При инженерно-геологической разведке этой территории кроме прочих методов был использован метод геодетический.

В статье приведён анализ геодетических работ с целью изучения больших территорий и исследования медленных передвижений склонов. Обсуждается сотрудничество геолога с геодезистом а также подведены итоги до сих пор полученных результатов.

Slope movements in the Hlohovec—Sereď area (Western Slovakia) and problems of their geodetical control

Left riverside slopes of the Váh river between Hlohovec and Sereď towns are disturbed by slope movements in an area covering 10 sq. km. Extensive landslides do not allow economic land-use. During engineering-geological investigations in the area, besides other methods, geodetical measurements were also applied. The paper reveals problematics of the geodetical control over landslide areas mainly with regard to very slow movement documentation on extensive surface, the needs of collaboration between the geologist and surveying engineer and evaluates up-to-date results from the area concerned.

Ľavobrežné svahy Váhu, vymo- hĺbkovej erózie Váhu, sú medzi delované za spoluúčasti bočnej a Hlohovcom a Sereďou postihnuté

rozsiahlymi svahovými deformáciami s rozličným stupňom aktivity. Vytvárajú súvislý lem okraja mierne zvlnenej Nitrianskej pahorkatiny v dĺžke okolo 15,5 km a v celkovej rozlohe približne 10 km² (obr. 1).

Problematika svahových porúch sa v záujmovom území už riešila (M. Lukniš 1951). Sústavný inžinierskogeologický prieskum územia sa začal roku 1957 v rámci prác pre vodné dielo na Váhu. Zosuvnou problematikou sa zaoberal V. Brodání (1956, 1958), B. Groma (1959), B. Leško — Š. Tichý (1963), C. Mach et al. (1960), J. Buroš (1966). V súčasnosti v záujmovom území prebieha predbežný inžinierskogeologický prieskum zosuvného územia (úloha Hlohovec—Sereď, prieskum a sanácia zosuvov — J. Otepka et al. 1977) a jeho cieľom je komplexne zhodnotiť územie z hľadiska možnosti výstavby vodných diel, ako aj z hľadiska celkového využitia a ochrany krajinného prostredia.

Geologické stavba

Skúmané územie sa nachádza na ľavom brehu Váhu, kde z jeho údolnej nivy vystupuje vysoký okrajový svah Nitrianskej pahorkatiny. Relatívne prevýšenie svahov voči údolnej nive Váhu je v okolí Hlohovca 120—150 m, smerom na J postupne klesá a pri Sereďi dosahuje 10—20 m.

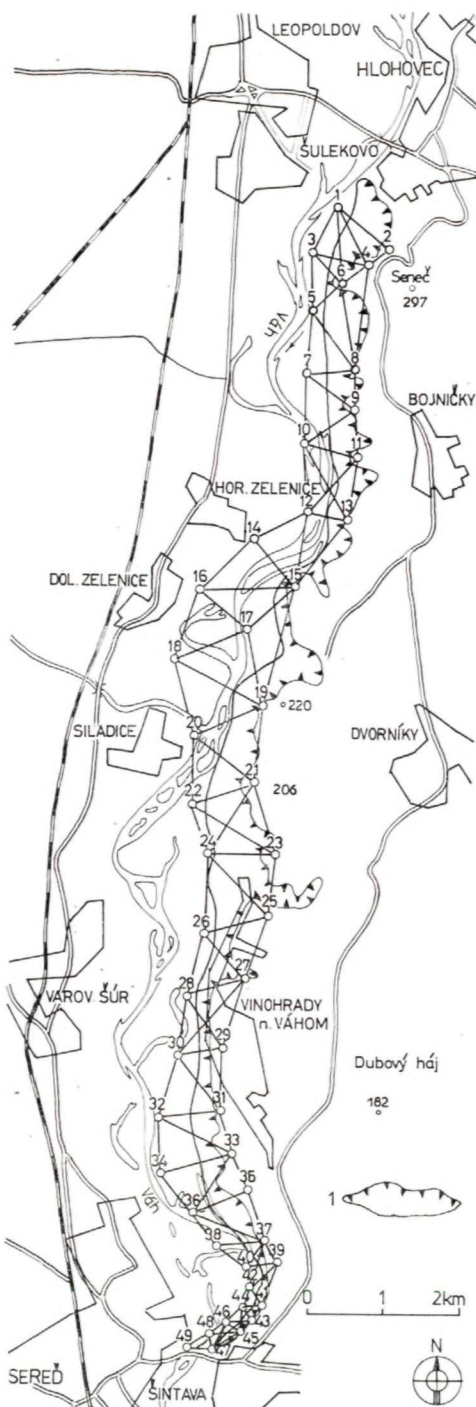
Na geologickej stavbe územia sa zúčastňujú sedimenty pliocénu a kvartéru.

Pliocén (pont — levant)

Sedimenty pliocénu sú v celom území. Zastupuje ich mohutné súvrstvie piesku a ílu s polohami a šošovkami pieskovca,

Obr. 1. Prehľadná mapa záujmového územia s geodetickou sieťou

Fig. 1. Generalized map exploration area with a geodetic network



zriedka šošovky piesčitého štrku.

Piesok je prevažne jemnozrnný, zriedkavejšie strednozrnný až hrubozrnný a často obsahuje premenlivú prímes ílovitej alebo prachovitej frakcie. Vytvára súvislé polohy v mocnosti 10–15 m, lokálne až 20–50 m, alebo menšie uzatvorené šošovky v íle v hrúbke do 1–2 m. Lokálne je diageneticky spevnený vápnito-ílovitý tmel v mocnosti 0,5–2 m.

Íl tvorí tiež súvislé polohy v mocnosti až niekoľko desiatok m alebo vrstvičky hrubé niekoľko cm. Íl veľmi často obsahuje zvýšenú prímes piesčitej a prachovitej frakcie, ktorá mu dáva až charakter siltovitej zeminy.

Íl a piesok sa v horizontálnom a vertikálnom smere nepravidelne a v rozličnom pomere striedajú, čo vytvára vhodné podmienky na vznik svahových porúch typu zosuvov.

Kvartér

Kvartérne sedimenty sú zastúpené fluviálnymi náplavmi Váhu, eluviálno-deluviálnymi sedimentmi, lokálne aj eolickými sedimentmi.

Alúvium Váhu tvorí na povrchu ne-súvislá vrstva piesčitej a ílovitej hliny v mocnosti 0,5–3,7 m. V miestach starých opustených ramien Váhu sa vyskytujú bahnité ílovo-piesčité sedimenty. Prevažnú časť fluviálnych náplavov Váhu tvoria štrkopieskové uloženiny. Celková mocnosť údolných náplavov Váhu je 10–15 m. Podložie alúvia tvorí pliocénny íl a piesok.

Eluviálno-deluviálne sedimenty zastupuje prevažne ílovitá hlina, v menšej miere piesčitá hlina a majú mocnosť prevažne do 1 m, iba lokálne do 3 m.

Eolické sedimenty — spraš a sprašová hlina, menej často viaty piesok — sú v skúmanom území vyvinuté iba lokálne a v malej mocnosti (1–2 m).

Hydrogeologická charakteristika

Neporušené a zosunuté časti územia majú odlišný hydrogeologický režim.

V neporušenom území sa podzemná voda akumuluje vo vrstvách piesku a pieskovca. Voda je uzavretá nepriepust-

ným podložíom a nadložíom a má prevažne napätú hladinu. Podzemná voda vytvára viac horizontov s rozličnými úrovňami.

V zosunutých častiach územia je súvislý obeh podzemnej vody narušený. Zvodnené horizonty sú prerušené, a voda v pliocénnych vrstvách sa mieša s vodou vážskych náplavov. Tie presakujú do spodných častí zosunutých kryh, podmáčajú ich, nadľahčujú a vyplavujú jemné častice. Skryté vývery prenikajú z pliocénneho piesku do zosunutých mas a spôsobujú ich skašovanie. Spodné časti zosuvov a akumulačné časti sú do vodu oveľa bohatšie ako stabilné územie.

Geomorfológia

Najvýznamnejšiu úlohu pri morfológickom formovaní územia majú svahové pohyby. Ich vznik a rozvoj podmieňuje najmä geologická stavba a litologické zloženie sedimentov.

Zosuvné územie tvorí súvislý pás svahových porúch rozličného tvaru, veľkosti a aktivity. Svahové poruchy majú v podstate charakter zosuvov frontálneho tvaru. Makroreliéf členia mnohé čiastkové zosuvy rozličného tvaru.

Odlučné hrany zosuvov sú výrazné a často vytvárajú viac stupňov nad sebou. Výška odlučných stien nie je rovnaká a kolíše od 2 do 22 m. Odlučné hrany aktívnych zosuvov sú strmé až zvislé. Akumulačné časti zosuvov sú zreteľné a rozsiahle, s výraznými valmi a bezodtokovými depresiami, miestami ďaleko nasunuté na údolnú nivu Váhu. V úsekoch nárazových meandrov Váhu sú akumulačné časti odplavované (foto 1, 2, 3, 4).

Šmykové plochy prebiehajú prevažne po plochách predurčených na to geologickou stavbou (vrstvé plochy). Časté sú aj kruhové a zložené šmykové plochy. Hĺbka šmykových plôch je rozličná a dosahuje 5–31 m (J. Otepka — J. Pišon 1980).

Podľa delenia svahových pohybov (A. Nemček — J. Pašek — J. Rybář 1974) majú svahové poruchy prevažnej časti územia charakter recentných prirodzených potenciálnych až aktívnych zosuvov.

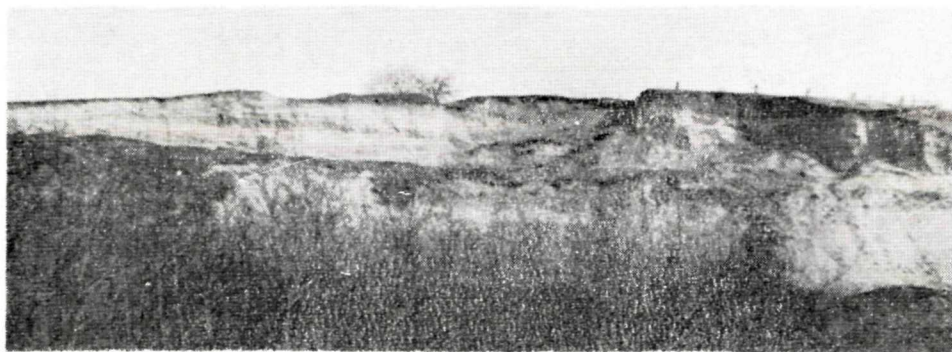


Foto 1. Stupňovité odlučné hrany aktívnych zosuvov pri Hlohovci
Photo 1. Steplike scar edges of active landslides near Hlohovec



Foto 2. Odlučné hrany aktívnych zosuvov pri Šintave
Photo 2. Steplike scar edges of active landslides near Šintava

Geodetické práce na zosuve

Na sledovanie priestorových zmien v polohe podrobných pozorovaných bodov umiestnených v aktívnom zosuve treba vybudovať základnú sieť pevných bodov mimo aktívneho zosuvu. Základná sieť pevných bodov by sa mala vy-

tvoriť v jednom homogénnom bloku tak, aby bola geometricky dostatočne tuhá a určená meranými prvkami poskytujúcimi možnosť vyrovnania. Sieť pevných bodov treba rozvrhnúť v teréne tak, aby každý pozorovaný bod v aktívnom zosuve bolo možno určiť aspoň dvoma nezávislými spôsobmi.

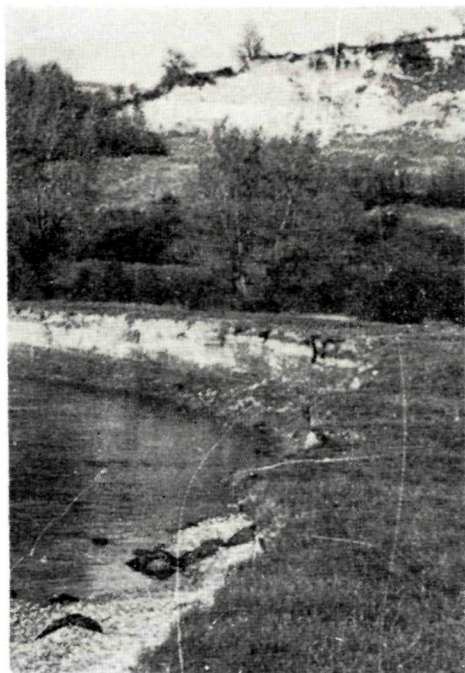


Foto 3. Akumulačné časti zosuvov odplavené bočnou eróziou Váhu
 Photo 3. Accumulation parts of landslides flowed away by lateral erosion of the Váh river



Foto 4. Pozorovaný bod na okraji aktívneho zosuvu
 Photo 4. Observed point at the margin of an active landslide

V záujme požadovanej presnosti v určovaní priestorovej polohy bodov, ktorá musí zodpovedať svojmu účelu, treba v projekte rozpracovať najvhodnejšiu metodiku geodetických prác, ako aj nároky na výber prístrojov a zachovať ich pri všetkých opakovaných meraniach.

Pri matematickom spracúvaní treba využiť optimálne modely, vykonať vyrovnanie bodov základnej siete metódou najmenších štvorcov v jednom bloku a vypracovať jednotné programy do počítača. Pri spracúvaní opakovaných meraní treba zachovať jednotný postup a

výsledky merania pred vstupom do vyrovnania kontrolovať a po vyrovnaní testovať.

Na zachovanie homogenity opakovaných meraní treba používať len komparované a kalibrované prístroje, najlepšie vždy tie isté, a na testovanie elektronických diaľkomerov využívať porovnávaciu geodetickú základnicu.

Pevné body sa musia spoľahlivo stabilizovať, aby sa v maximálnej miere vylúčili prípadné iné vplyvy, najmä objemové zmeny.

Uvedené požiadavky sa rešpektovali už aj pri vypracúvaní projektu

geodetického sledovania zosuvu Hlohovec—Sereď (J. Abelovič — A. Suchánek 1977), pričom sa s ohľadom na pretiahnutý tvar zosuvného územia rozhodlo vybudovať v záujmovom území sieť pevných bodov v tvare trigonometrického reťazca so všetkými meranými prvkami (uhlami a dĺžkami) obojpínajúceho celé zosuvné územie. Reťazec tak tvorí homogénnu sústavu 49 pevných geodetických bodov, osadených v spolupráci geodeta a geológa na miestach mimo aktívneho zosuvu. Pevné body vytvárajú trojuholníky (28), štvoruholníky s diagonálami (7) a päťuholníky s centrálnym bodom (2) na „spevnenie“ reťazca (obr. 1).

Vnútri reťazca bolo na miestach viditeľného aktívneho zosuvu osadených 110 podrobných pozorovaných bodov (foto 4).

V záujme vysokej spoľahlivosti geodetických meraní v sieti pevných a pozorovaných bodov IGHP, závod Bratislava, kvalitne stabilizoval jej body. Na stabilizáciu sa zabudovala pažnica s priemerom 344 mm. Zhlavie pažnice je vystrojené centračným zariadením umožňujúcim nútenú centráciu prístrojov. Hĺbka stabilizácie pevných bodov sa pohybovala podľa geologických podmienok v rozmedzí 4—6 m. V 13 prípadoch bolo treba s ohľadom na terénne prekážky a na zníženie vplyvu refrakcie zriadiť zvýšené stanovišťa. Na výškovú stabilizáciu sa vo všetkých prípadoch použili čapové značky zabudované

do pažnice. Podobne, ale do menšej hĺbky (max. 2 m) sa stabilizovali všetky pozorované body.

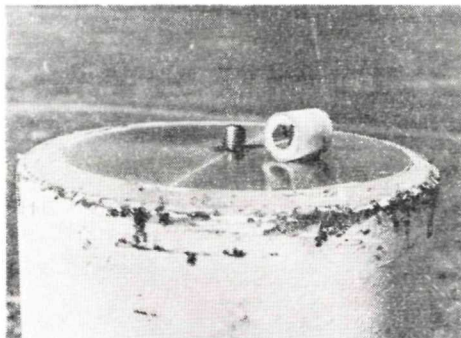


Foto 5. Detail geodetického bodu s centrálnym zariadením pre nútenú centráciu
Photo 5. Detail of a geodetical point with central arrangement for forced centration

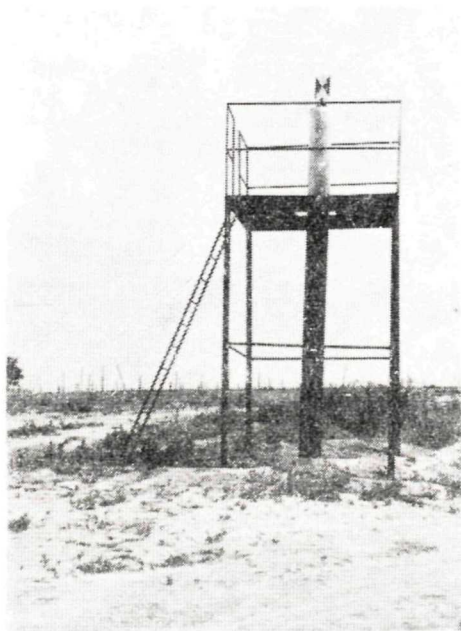


Foto 6. Zvýšené stanovište geodetického bodu
Fig. 6. Elevated station of a geodetical point

Polohové meranie v sieti pevných bodov

Sieť pevných pozorovacích bodov bola doteraz zameraná dvakrát: prvé meranie sa vykonalo od 15. augusta 1978 do 15. septembra 1978 (skratka M78) a druhé od 10. júla 1979 do 10. augusta 1979 (skratka M79). Na zaistenie porovnateľnosti výsledkov po sebe idúcich geodetických meraní M78 a M79 meranie vykonali po obidva roky tí istí merači tými istými komparovanými a kalibrovanými prístrojmi a rovnakými meračskými metódami.

Uhlové meranie sa vykonalo metódou merania smerov v radoch a skupinách (minimálne v troch skupinách). Na uhlové meranie sa použili preskúšané a rektifikované sekundové teodolity Theo 010 A fy Carl Zeiss Jena. Veľmi výhodne sme využili veľké terče fy MOM Budapest so špeciálne upravenými čapmi (Ing. Klajban) na využitie nútenej centrácie. Veľkú pozornosť bolo treba venovať aj organizácii merania, ktorá bola prepracovaná aj s ohľadom na fyzikálne podmienky v danej lokalite. Vplyv prostredia na výsledky merania sme sledovali veľmi starostlivo a okamžite sme porovnávali výsledky jednotlivých skupín s priemerom zo všetkých skupín. Maximálne prípustný rozptyl bol v hodnote 10 až 12^{cc}. Rozptyl výsledkov jednotlivých skupín voči priemeru zo všetkých skupín bol vo väčšine malý, k čomu okrem starostlivého mera-

nia v nemalej miere nesporne prispela kvalitná stabilizácia geodetických bodov siete. Za vierohodnejšie kritérium presnosti uhlového merania sme pokladali strednú chybu v meranom uhle vypočítanú zo stredného uzáveru trojuholníkov v celej sieti podľa Ferrerovho vzorca m_u . Jej hodnoty pre príslušné roky sú

$$m_{u, 78} = \pm 5,3^{cc} (1,73'')$$

$$m_{u, 79} = \pm 5,2^{cc} (1,68'')$$

Z nich vypočítaný priečny posun pre priemernú dĺžku strán v základnej sieti $s \approx 800$ m predstavuje hodnotu $q = \pm 0,0066$ m. Táto stredná chyba charakterizuje celkovú (úplnú) strednú chybu v meranom uhle celej siete a zahŕňa náhodné chyby, vychodiacie prevažne z náhodných chýb merania, a strednú nenulovú systematickú chybu, ktorá prevažne vyplýva z refrakcie pôsobením vonkajších podmienok. Vypočítané empirické hodnoty úplnej chyby v meranom uhle z celej siete ukazujú na jej vysokú presnosť a kvalitu. Potom aritmetický priemer zo všetkých skupín možno zaviesť do vyrovnania siete ako „merané hodnoty“.

Dĺžkové meranie, v obidvoch rokoch vykonal ten istý prístroj a ten istý merač. Použitý elektrooptický diaľkomer ELDI-1 fy Opton sa pred meraním a po ňom vždy porovnával a komparoval na porovnávacej geodetickej základnici meraním vo všetkých kombináciách. Vy-

rovnáním testovacího merania a porovnávaním s parametrami porovnávací geodetickej základnice bola odvodená dĺžková korekcia. Stredná chyba $\pm 2,5$ mm svedčí o dobrej stabilite použitého prístroja. Testovaním prístroja sa v oboch rokoch zabezpečila rozmerová identita normálu prístroja, a tým aj dĺžková porovnateľnosť opakovaných meraní. Presnosť použitého prístroja, udaná výrobcom v rozsahu dĺžok siete pevných bodov, je $\pm 5-10 \text{ mm} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot S_{\text{km}}$. Aj pri meraní dĺžok sa veľmi výhodne využívala nútená centrácia prístroja a odrazových systémov (pozri foto 7 a 8). Fyzikálne redukcie sa v systéme prístroja ELDI-1 korigujú automaticky na základe meraných meteorologických údajov podľa korekčnej tabuľky. Matematickými redukciami sa všetky dĺžky redukovali na výpočtovú plochu geodetického systému S-JTSK.

Ako kritérium presnosti meraných dĺžok sa použila stredná chyba rozdielu dĺžok M78 a M79 (stredný kvadratický rozdiel), a to z dĺžok pred vstupom do vyrovnania a po vyrovnaní. Ich hodnoty sú $m_{d, \text{rem}} = \pm 4,92 \text{ mm}$ a $m_{d, \text{vyr}} = \pm 4,15 \text{ mm}$. Z hodnôt stredných kvadratických rozdielov, ktoré neprevýšili hodnotu $\pm 5 \text{ mm}$, a ich porovnaním s hodnotou pričného posunu $q = \pm 6 \text{ mm}$, odvodeného od stredných chýb uhlov z uzáverov trojuholníkov, konštatujeme (okrem iného), že presnosť merania uhlov a dĺžok je rovnaká a súčasne vy-

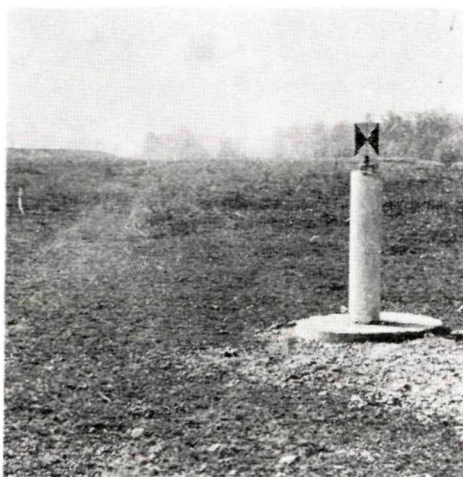


Foto 7. Celkový pohľad na geodetický bod s nivelačnou čapovou značkou
Fig. 7. General view on the geodetical point with a levelling pin mark

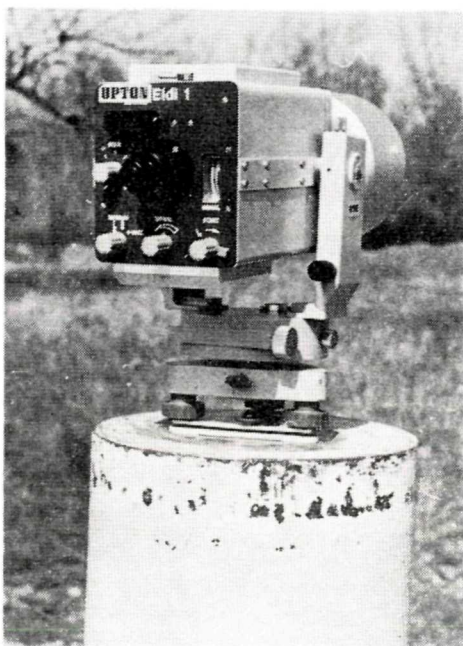


Foto 8. Elektrooptický diaľkomer ELDI-1 na pilieri
Fig. 8. The electrooptical telemeter ELDI-1 on a pillar

rovnanie možno vykonať s jednotkovými váhami, čím sa celý počtársky postup zefektívni.

Vyrovnanie siete pevných bodov metódou najmenších štvorcov a výpočet súradníc

Zameraním všetkých prvkov siete sa dosiahlo jej opätovné určenie a tým zvýšenie kvality geodetických prác, najmä spoľahlivosť výsledkov a vysoká pevnosť v celom rozsahu siete. K tomu, prirodzene, v nemalej miere prispieva dobre rozvrhnutie siete v teréne a jej dôkladná stabilizácia. Prísne dodržiavanie zásad rovnakého postupu pri meraní, matematickom a numericom spracúvaní výsledkov merania je nevyhnutným predpokladom porovnateľnosti výsledkov opakovaných meraní.

Vyrovnanie sa vykonalo metódou najmenších štvorcov podľa podmienkových meraní. Na 49 pevných bodoch siete sa zameralo 265 geodetických veličín (z toho 104 dĺžok a 161 uhlov) a tie umožnili zostaviť 170 podmienkových rovníc, ktoré majú splniť geometrické podmienky siete. Takýto veľký systém lineárnych rovníc kladie veľké nároky na kapacitu počítača a bežné počítače, napr. EC 1010, ktorý má naše pracovisko k dispozícii, úlohu nezvládnu. Matica koeficientov pretvorených podmienkových rovníc má rozmer 265×170 a determinant matice je 170-eho rádu a má 170 ! členov. Preto sme sa rozhodli po teo-

retickom rozbere vykonať vyrovnanie po blokoch bez ujmy na kvalite.

Vyrovnanie možno rozdeliť do troch častí:

1. určenie počtu a zostavenie podmienkových rovníc,
2. výpočet odchýlok a koeficientov pretvorených podmienkových rovníc,
3. riešenie systému lineárnych rovníc a výpočet opráv.

Zostavovanie podmienkových rovníc je zjednodušené v tom zmysle, že všetky uhlové podmienky tvoria uzávery trojuholníkov, resp. podmienky na centrálnych bodoch. Stranové podmienky sa matematicky sformulovali pre trojuholník zo sínusovej vety pri zachovaní jednotného systému pre akýkoľvek typ obrazca. Číselný výpočet odchýlok u a koeficientov pretvorených podmienkových rovníc bol vykonaný na programovateľnom kalkulátore HP-67. Na využitie kalkulátora je spracovaný postup s príslušnými programami na magnetických štítokoch. Na riešenie systému lineárnych rovníc a výpočet opráv z vyrovnaní bol vypracovaný program v jazyku FORTRAN a využívali sa aj katalógy knižnice počítača EC 1010 Stavebnej fakulty SVŠT, kde sa aj výpočet vykonával. Správnosť celého vyrovnaní splnením podmienkových rovníc sa skontrolovala na kalkulátore HP-67.

Celý postup vyrovnaní, prehľadne rozpracovaný a zostavený na využitie programovateľného kalkuláto-

ra HP-67 a v nadväznosti naň samočinného počítača EC 1010, podstatne znižuje prácnosť časovo náročnej časti vyrovňania, zabezpečuje počítařské kontroly numerického spracovania, matematického a geodetického riešenia a urýchľuje a zjednocuje spracovanie nameraných výsledkov pre ľubovoľné opakované meranie.

Z vyrovnaných hodnôt, ktoré jednoznačne spĺňajú geometrické podmienky siete, sa vypočítali súradnice bodov v systéme S-JTSK metódou polygónových ťahov pripojením na body trigonometrickej siete. Na výpočet polygónových ťahov sme vypracovali program pre programovateľný kalkulátor HP-67 i s vyrovnaním odchýlok podobnostnou transformáciou. Vyrovnaním polygónového ťahu podobnostnou transformáciou sa aj po pripojení do S-JTSK zachováva vysoká presnosť získaná meraním a prácnym vyrovňaním siete. Program zaručuje jednotnosť výpočtu súradníc z ľubovoľného opakovaného merania.

Presnosť v určení súradníc pevných bodov sa testovala porovnávaním stredných chýb z vyrovňania ($m_{o, \text{vyr}, 78} = \pm 6,3$ a $m_{o, \text{vyr}, 79} = \pm 5,1$ bez rozmeru) s apriórnu strednou chybou z merania uhlov a dĺžok, ktorá nepresiahla v polohe ± 6 mm (J. A b e l o v i č 1980). Aj preukázateľnejšie testovanie pomocou opráv z vyrovňania, ako aj porovnaním empirických a prípustných hodnôt odchýlok pri výpoč-

toch polygónových ťahov ukazuje, že dosiahnutá presnosť v určení súradníc je v dolnej polovici prípustných odchýlok stanovených v projekte (stredná chyba v polohe $\pm 0,02$ m). To svedčí o kvalite vybudovanej siete, o precíznom meraní, ale aj o správnej metodike geodetického určenia.

Výškové meranie v sieti pevných bodov

Výškové meranie sa urobilo tiež dvakrát (M78 a M79) podľa zásad pre „veľmi presnú niveláciu“ s kritériami presnosti pre I. rád ČSJNS. Veľmi presnou niveláciou (VPN) sa určila výška nivelačných čapových značiek a z nich odvodené výšky hlavy piliera.

Nivelačné meranie sa vykonávalo v niekoľkých nivelačných ťahoch s pripojením na štátnu nivelačnú sieť, takže určené výšky sú v systéme Bpv. Charakter terénu zosuvu Hlohovec—Sereď je pre metódu VPN veľmi náročný. Niekoľkonásobný prechod cez Váh a veľmi členitý a nespevnený povrch kládli na výkon prác zvýšené nároky. Meračské práce sa vykonali za dobrých poveternostných podmienok a odchýlka v prevýšení ρ medzi meraním tam a späť v nijakom oddiele neprekročila dovolenú odchýlku $\pm 1,5 \cdot R^{1/2}$ v mm, platnú pre I. rád ČSJNS (Nivelačná inštrukcia 1960).

Na meranie výškových rozdielov sa použili tie isté kompenzátorové nivelačné prístroje fy Zeiss (Ni 002)

v obidvoch rokoch. Niveláčné prítroje a laty sa pred meraním preskúšali a spĺňajú podmienky na tieto práce. Na komparáciu lát v poli sa používal poľný normál fy Rost o známej dĺžkovej rovnici a opravy dĺžky latového metra sa zaviedli do výpočtov. Vypočítané výšky po príslušných opravách predstavujú normálne výšky.

Na posúdenie presnosti merania sa vypočítali stredné kilometrové (jednotkové) chyby jednotlivých ťahov m_o (Niveláčna inštrukcia 1960). Ich kvadratické priemery za jednotlivé roky sú

$$m_{o, 78}^{kv} = \pm 0,36 \text{ mm a}$$

$$m_{o, 79}^{kv} = \pm 0,41 \text{ mm}$$

a ich hodnoty nesmú prekročiť najväčšie dovolené hodnoty stredných kilometrových chýb vo vložených ťahoch VPN pre I. rád ČSJNS (Niveláčna inštrukcia 1960) $m_{o, max}$. Ich kvadratické priemery za jednotlivé roky sú:

$$m_{o, max, 78}^{kv} = \pm 0,68 \text{ mm}$$

$$m_{o, max, 79}^{kv} = \pm 0,68 \text{ mm}$$

(J. Abelovič 1980)

Z uvedených hodnôt, ale najmä z podrobnejších rozborov, ktoré neuvádzame, vidieť, že niveláčné merania boli v obidvoch rokoch vykonané správne a veľmi presne. Ani v jednom niveláčnom ťahu neprekročila stredná kilometrová chyba m_o maximálnu dovolenú hodnotu $m_{o, max}$ a spravidla sa pohybuje

okolo jej polovičnej hodnoty.

Pri posudzovaní stability pevných bodov vo vertikálnom smere sme vychádzali z najväčšieho dovoleného rozdielu pri kontrole novým meraním ρ_{max} (B. Kruis 1970). Tomuto kritériu vyhovujú všetky hodnoty prevýšení namerných v obidvoch rokoch, okrem dvoch bodov. Iným, spoľahlivejším kritériom na posudzovanie stability, resp. pohybu pevných bodov siete, je kritický interval spoľahlivosti nameranej zmeny medzi opakovaným meraním (M 78 a M 79) vypočítaný zo vzťahu $I_o = \pm 2,5 \cdot M'_o$ v mm.

Z podrobného rozboru (J. Abelovič 1980) vidieť, že na 28 pevných bodoch siete (57 % prípadov z celkového počtu 49) prekračuje rozdiel výšok z opakovaného merania kritický interval spoľahlivosti (s pravdepodobnosťou 98,8 %) a predpokladáme, že zmena vo výške vznikla vertikálnym pohybom bodu. Ide prevažne o klesajúcu tendenciu, a to predovšetkým v území v okolí Serede, čo sa zhoduje aj s konštatovaním výskumnej správy Výskumného ústavu geodézie a kartografie v Bratislave o dlhodobejšej klesajúcej tendencii tohto územia.

Stabilita pevných bodov základnej siete z geodetických meraní

Pred záverečným testovaním presnosti merania a vyslovením záverov o stabilite pevných bodov zá-

kladnej siete si všimneme tab. 1. V nej sú zmeny v súradniciach $O_y = Y_{79} - Y_{78}$; $O_x = X_{78} - X_{79}$ a zmeny vo výške bodov $O_v = V_{79} - V_{78}$ (podrobnejšie pozri J. A b e l o v i č 1980). Hodnoty v tab. 1 sú v mm. Priestorový vektor (počítaný v absolútnych hodnotách) $O_R^z = O_y^z + O_x^z + O_v^z$ predstavuje celkovú zmenu v polohe bodu za jeden rok medzi opakovaným meraním M79 a M78. Za základné (východiskové) meranie pokladáme určenie priestorovej polohy bodov v roku 1979, lebo v ňom sa vykonalo prvé meranie pozorovaných bodov.

Hodnota O_R zahŕňa meračské chyby v určení priestorovej polohy bodu a „chyby“ vyvolané skutočným pohybom bodu. Aby sme posúdili splnenie kvalitatívnych požiadaviek na určenie priestorovej polohy bodov a súčasne oddelili meračské chyby od skutočnej zmeny v polohe bodov, pokladáme vyžadované hodnoty stredných chýb za apriórne (označené s čiarkou: stredná chyba v polohe (pripustná) je daná hodnotou $M_p^2 = \pm M_y^2 + M_x^2 = \pm 20$ mm a vo výške $M'_v = \pm 10$ mm a z toho určená hodnota $M'_R = \pm 22,4$ mm. Pri predpoklade, že platí $M_y = M_x = M$, možno uvažovať za apriórnu strednú chybu v súradniciach $M' = M'_p$: $2^{1/2} = \pm 14$ mm. S týmito hodnotami porovnávame hodnoty v tab. 1 a vidíme, že kritická hranica v určení súradnice bodu $M' = \pm 14$ mm je prekročená v celom súbore do-

Zmeny O_y , O_x a O_v Changes of O_y , O_x and O_v

Tab. 1

Číslo bodu	Zmena v polohe bodu v mm určeného r. 1979 a 1978			
	O_y	O_x	O_v	O_R
1	-1	+1	-1	1,7
2	0	0	-1	1,0
3	+3	+1	-1	3,3
4	+3	+5	0	5,8
5	-4	-1	0	4,1
6	-4	+2	-1	4,6
7	+13	-3	0	13,3
8	+3	+1	0	3,2
9	+5	+2	-1	5,5
10	+13	+6	0	14,3
11	+9	-8	0	12,0
12	+6	+3	0	6,7
13	0	0	0	0,0
14	+2	+1	-2	3,0
15	+2	+2	-1	3,0
16	+6	+1	-1	6,2
17	+6	+2	0	6,3
18	+7	+7	0	9,9
19	-8	-3	+2	8,8
20	-4	-3	-3	5,8
21	-5	+5	0	7,1
22	-7	+11	-1	13,1
23	0	0	+3	3,0
24	-5	+4	-1	6,5
25	-6	-2	+2	6,6
26	+6	-3	-2	7,0
27	-2	+5	0	5,4
28	+6	+1	-2	6,4
29	+3	+3	-2	4,7
30	0	+3	-1	3,2
31	+1	+1	-2	2,4
32	+5	+3	-3	6,6
33	0	0	-6	6,0
34	-22	+11	-3	24,8
35	+1	0	-5	5,1
36	-23	+1	-2	23,1
37	-7	+6	-1	9,3
38	-18	-4	-4	18,9
39	0	0	-2	2,0
40	-9	-8	-3	12,4
41	-5	+4	-2	6,7
42	-11	-1	-4	11,7
43	-6	+8	-1	10,0
44	-11	+7	-4	13,6
45	0	+12	+4	12,6
46	-10	+2	-4	11,0
47	-1	+2	-4	4,6
48	-3	-1	-3	4,4
49	0	0	-2	2,0

vedna trikrát (Y_{34} , Y_{36} , Y_{38}) a vo výške ani raz (2 0/0 prípadov). Podľa toho konštatujeme, že hodnoty O_R , charakterizujúce celkovú zmenu v priestorovej polohe bodu, sa nachádzajú v elipsoide chýb (rotačnom elipsoide $M'_x = M'_y$), daným vzťahom $(O_y : M'_y)^2 + (O_x : M'_x)^2 + (O_v : M'_v)^2 = t^2$ a pohyb bodov v sieti pevných bodov v sieti pevných bodov (pri $t = 1$) sa nedokázal, s výnimkou bodov 34 a 36 situovaných pri rieke Váh.

Záverom konštatujeme, že sieť pevných bodov bola vybudovaná a po obidva roky zameraná kvalitne v celom rozsahu a dôsledne spĺňa kvalitatívne požiadavky, a tak potvrdzuje správnosť zvolenej a po-

užitej geodetickej metodiky. Z rozdielov opakovaných meraní r. 1978 a 1979 sa pohyb bodov spôsobený geologickými príčinami nepotvrdil, a preto sieť pevných bodov plne vyhovuje geodetickému sledovaniu pozorovaných bodov v aktívnom zosuve s vysokou presnosťou. Takto vybudovaná a určená sieť pevných bodov umožňuje pozorovať polohové zmeny rádu cm pozorovaných bodov i v relatívne krátkom čase a splniť aj najnáročnejšie požiadavky inžinierskej geológie na registráciu priestorových zmien s vysokou spoľahlivosťou.

Recenzoval J. Fekeč

LITERATÚRA

- Abelovič, J. — Suchánek, A. 1977: Projekt geodetického sledovania zosuvu Hlohovec—Sereď. *Manuskript — Katedra geodetických základov SVŠT Bratislava*. 8 s.
- Abelovič, J. 1980: Komplexný rozbor výsledkov a technická správa z merania 1978 a 1979. *Manuskript — Katedra geodetických základov SVŠT Bratislava*. 50 s.
- Brodání, V. 1956: Prieskum geomorfologický, geologický, pôdomechanický, ako aj prieskum podzemných a povrchových vôd na vodnom diele Hlohovec—Šaľa. *Manuskript — Geofond Bratislava*. 479 s.
- Buroš, J. 1966: Inžinierskogeologický prieskum — zosuv pôdy Vinohrady nad Váhom. *Manuskript — IGHP Bratislava*. 12 s.
- Groma, B. et al. 1959: Vodné dielo Zelenice. GP Žilina. *Manuskript — Geofond Bratislava*. 87 s.
- Kruis, B. 1970: Technologie opakovaných nivelací konaných k sledování zvislých pohybů zemského povrchu. *Praha VÚGTK. Praha*. 165 s.
- Leško, B. — Tichý, S. 1963: Inžinierskogeologický prieskum ľavovrežia Váhu medzi Hlohovcom a Sereďou. GP Žilina. *Manuskript — Geofond Bratislava*. 56 s.
- Lukniš, M. 1951: Zosuvné územie na ľavom brehu Váhu medzi Hlohovcom a Šintavou. *Zemep. zbor.*, 3.
- Mach, C. et al. 1960: Komplexný prieskum pre zadávací projekt — vodné dielo Hlohovec—Sereď. GP Žilina. *Manuskript — Geofond Bratislava*. 47 s.
- Nemčok, A. — Pašek, J. — Rybář, J. 1974: Dělení svahových pohybů. *Sbor. geol. věd, Ř. HIG*, 11, s. 77—93.
- Otepka, J. et al. 1977: Hlohovec—Sereď, prieskum a sanácia zosuvov. *Manuskript — IGHP Bratislava*. 21 s.
- Otepka, J. — Pison, J. 1980: Dolný Váh II — štúdia. *Manuskript — IGHP Bratislava*. 21 s.

Slope movements in the Hlohovec — Sereď area (Western Slovakia) and problems of their geodetical control

JAROSLAV ABELOVIČ — JÁN OTEPKA

The paper generalizes the theoretical approach, results and experiences from a geodetical control of the Hlohovec—Sereď landslide area along the Váh river western riverside. Attention was paid mainly to the suitability of geodetical methods to control very slow slope movements.

Landslides in the area form a continuous belt of 15.5 km length covering a surface of approx. 10 sq. km. Landslides generated mainly due to favourable geological conditions (alternating clay and sand layers), upward hydrostatic pressure of the groundwater and due to lateral erosions of the Váh river. Landslides are mostly active and periodically repeating ones. For purposes to follow the movement regime of sliding masses, a geodetic control network has been established which aimed at long-time check of spatial changes.

The geodetical method for landslide control sets out from following views: It is necessary to establish a network of fixed points in one homogenous block of the whole territory in question which allows to follow observation points fitted within the active landslide. For evaluation, it is necessary to elaborate unified optimal measuring methodics along with, both mathematical and numerical, processing of geodetic measurement data. This includes accuracy analysis and point stability evaluation in the network. Finally, an unified evaluation of vectors of spatial changes is necessary.

A reliable base for geodetical control

furnishes the stabilization of geodetical points (Photo 4—7). Stabilized points of the network create a trigonometric chain with diagonals and with all measured elements (angles and lengths). The chain embraces the whole landslide area.

High reliability of point locations has been achieved by precision measuring applying network adjustment. The network adjustment was made by bearing condition measurements using the least square technique. The numerical evaluation was set out from appropriate mathematical formulation and it was processed for computer technique and rapid evaluation of measurement data. For height difference determinations, the method of high precision levelling was used.

Obtained results of repeated measurements during the years 1978—1979 were tested towards the primary (requested) precision of stable points in the basic network. Spatial vectors of point changes between single repeated measurements lie in 98 p. c. of cases within the rotation ellipsoide of primary mean errors (Tab. 1.).

Testing of obtained results proved high precision and reliability of geodetic methods used. Geodetical control so fulfils even the highest needs of engineering geology toward the registration of very slow slope movements which occur simultaneously over an extensive area.

Preložil I. Varga

Poznámka: Problematika rozpracovaná v článku je zovšeobecnením teoretických postupov, výsledkov a skúseností z geodetických prác pri sledovaní zosuvov Hlohovec—Sereď, na ktorých sa okrem autorov zúčastnili: E. Bučko, P. Černý, J. Janek, K. Jurda, R. Klajban, J. Melcerová, J. Mičuda, J. Mitáš, A. Suchánek, M. Šovan.