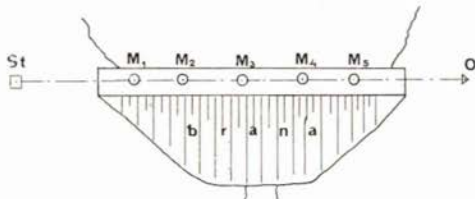
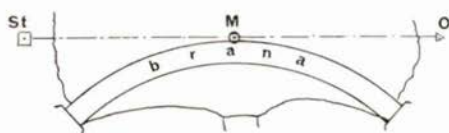


MJERENJE POPREČNIH POMAKA U OSMATRANJU BRANA I NOVINE U TOM POSTUPKU

Mirko PANDŽA — Mostar*

KLASIČNE METODE

Jedna od mnogobrojnih geodetskih metoda osmatranja brana tzv. aliniman je sigurno najjednostavnija, ali zato i nepotpuna. To je u stvari mjerenje poprečnog pomaka jedne ili više tačaka na brani u odnosu na jedan fiksni pravac. Na slikama 1 (a i b) vidi se slučaj tog mjerenja za lučne, odnosno gravitacione brane.



St = Stajališni stup

M = Mjerna markica

O = Orientaciona tačka

a)

b)

Sl. 1 Aliniranje a) lučne i b) gravitacione brane

Metoda je dakle veoma jednostavna i brza, ali zato daje samo jednu komponentu pomaka — horizontalni pomak u smjeru uzvodno-nizvodno ili za lučne brane u radijalnom smjeru.

Kako je poznato iz literature, razlikujemo trigonometrijski i običan — geometrijski aliniman. Kod trigonometrijske metode sa jednog stajališta opaža se nekoliko orijentacionih tačaka (raspoređenih u zoni van očekivanih deformacija tla) i jedna ili više tačaka na brani čiji se pomak traži.

Orijentacijom na više tačaka dobije se preciznije orijentiran pravac na tačke čiji se pomak traži, a osim toga postoji mogućnost kontrole stabilnosti stajališnog stuba. To bi ujedno bile prednosti te metode. Mane ovog načina su

* Adresa autora: Mirko Pandža dipl. inž, Mostar, Hidroelektrane na Neretvi

da se pomak ne mjeri direktno, nego se mora sračunavati nakon sruđenja girusa i obrazovanja razlika između vrijednosti pravca (na kontroliranu tačku) u nultoj i n-toj seriji mjerenja prema formuli:

$$p = \frac{d}{\rho''} \cdot \Delta\alpha_{or}$$

gdje je:

- d = dužina od stajališta do kontrolirane tačke i
- $\Delta\alpha_{or}$ = razlika orijentiranih pravaca na osmatranu tačku izračunata iz nulte (početne) i n-te serije mjerenja.

Tačnost ovog načina mjerenja zavisi od upotrebljenog instrumenta, pogodnosti za viziranje i očuvanosti markica na koje se opaža, vremenskim prilikama i izvježbanosti operatera, a računa se prema formuli

$$m_p = \frac{d}{\rho''} m \Delta\alpha_{or}$$

Za branu HE Jablanica, gdje je $d = 110$ m, mjereći u 2 girusa sa T-3 Wil-dovim instrumentom, dobijamo tačnost $\pm 0,2-0,5$ mm. Ovom metodom mjerimo pomak 1—2 puta godišnje.

Geometrijski alinjan je znatno jednostavniji: Alineatorom (može i običnim teodolitom) navizira se na suprotnoj obali fiksna orijentaciona tačka, pa se u taj pravac utjeruje pomična markica postavljena na željenom mjestu na brani. Veličina stvarnog pomaka dobije se iz razlike očitavanja nonijusa pomične marke iz »n«-tog i nultog mjerenja.

Prednost ove metode je u tome, što se pomak dobije brzo i direktno, a nedostatak što je za dovođenje pokretne marke u pravac i očitavanje pomaka (nonijusa) potrebno imati još jednog radnika. Umjesto pokretne marke sa nonijusom, ima slučajeva da se veličina pomjeranja mjeri poprečnim translatornim pomjeranjem postolja alineatora (kolimatora) do dovođenja u pravac marke na brani pa se to pomjeranje mjeri direktno na postolju. Ovaj način nije najispravniji.

Da se postigne tačnost pomaka tjemene tačke na brani HE Jablanica unutar $\pm 0,2$ do $0,5$ mm uzimamo sredinu iz ponovljenih mjerenja preko dviju međusobno vrlo blizu postavljenih orijentacionih tačaka, dakle sredinu iz 4 mjerenja. Ovdje treba naglasiti da se mjeri alineatorom i priborom proizvodnje Galileo (slika 2), a da su orijentacione markice relativno visoko u brdu ugrađene što zahtijeva vrlo pažljivo horizontiranje obrtne osovine durbina jahaćom libelom. Ovom metodom mjerimo pomake brane svakih 15 dana.

Dakako da obje opisane metode zahtijevaju stajališne stupove sa prisilnim centriranjem i stručno osoblje koje zna raditi sa optičkim spravama, što se u nekim slučajevima može smatrati kao još jedan nedostatak ovih metoda.

SAVREMENE METODE

Laserski alinjan

Princip metode i postupak mjerenja u stvari je isti kao i za obični geometrijski nivelman. Razlika je u tome što je ovdje zraka »materijalizirana« vidlji-



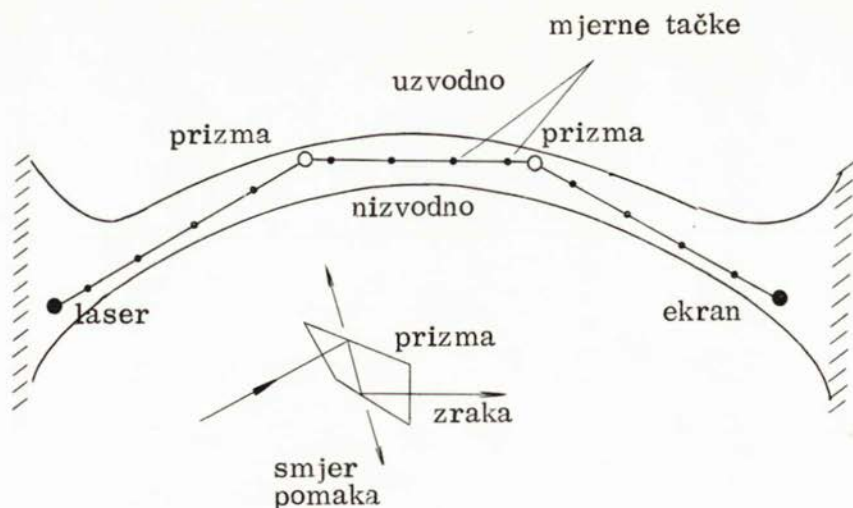
Sl. 2 Stajališni stup za trigonometrijski i geometrijski alinjan zaštićen kućicom

vim crvenim laserskim snopom. Prednost, koju pruža vidljivost snopa (u stvari vizure) može se dvostruko iskoristiti:

- Na ovaj način moguće je da jedno lice obavi kompletno mjerenje za razliku od geometrijskog alinjmana gdje su potrebne dvije osobe. Ova osobina je vrlo bitna za daleke brane posebno u zimskim mjesecima, kad su pristupi tim branama otežani.
- Moguća je permanentna kontrola ponašanja tačke u slučaju dinamičkih ispitivanja konstrukcije (ne samo brana) kad se uslovi opterećenja relativno brzo mjenjaju. (Slučaj ispitivanja mostova pod raznim opterećenjem, dalekovodnih stupova, ugibanja brana prilikom brzog punjenja akumulacionih jezera, nadolasku velikih voda itd.

Ovdje treba još napomenuti da se već danas i za lučne brane laser koristi za kontrolu više tačaka odjednom — kao i za pravolinijske gravitacione brane (4). Ovo je postignuto upotrebom određenog broja prizmi, koje lasersku zraku na putu od izvora ka referentnoj (orijentacionoj) tački lome i daju joj oblik pogodan za pomenutu kontrolu u više tačaka (Slika 3).

Negativan odraz na tačnost mjerenja veličine crvene tačke presječene laserske zrake, koja biva sve veća što je dužina zrake duža, jer se snop širi, kompenzira se velikim dijelom pravilnošću kružnog oblika te tačke i njenom oštrinom, što omogućuje dobro podešavanje centra marke u centar zrake. Na taj način, tačnost mjerenja sa sadašnjim standardnim laserskim okularima je samo nešto malo manja od tačnosti postignute geometrijskim alinjmanom.



Sl. 3. Aliniranje laserom za lučne brane

Mehanički alinjman

Princip rada sastoji se u tome da se poprečni pomaci tačaka čije se ponašanje kontrolira mjere u odnosu na jedan pravac mehanički materijaliziran običnom žicom napetom između dviju tačaka u temeljnoj stijeni na bokovima brane. Otud i ime metodi. Jasno je da se ova vrsta aliniranja može primijeniti samo za gravitacione — pravolinijske brane. Ova vrsta aliniranja u ovom najprostijem obliku sigurno je nastala prije opisane metode geometrijskog aliniranja. Međutim, savremenost joj se očituje u prvom redu upotrebom elektronike ili optičkih čitača sa nonijusima ili mikmetrima što joj daje veću tačnost nego što je praktično potrebna (od 0,1—0,001 mm) [2].

Pored visoke tačnosti, u prednosti ove metode mogu se još ubrojiti: mogućnost automatizacije mjerenja sa prenosom podataka na daljinu, mogućnost kontrole proizvoljno velikog broja tačaka, mogućnost direktnog grafičkog predstavljanja rezultata, relativna jednostavnost mjerenja tako da ih može izvoditi manipulativno osoblje na branama. Ovo je posebno važno za brane locirane na visokim nadmorskim visinama — u zimskim mjesecima.

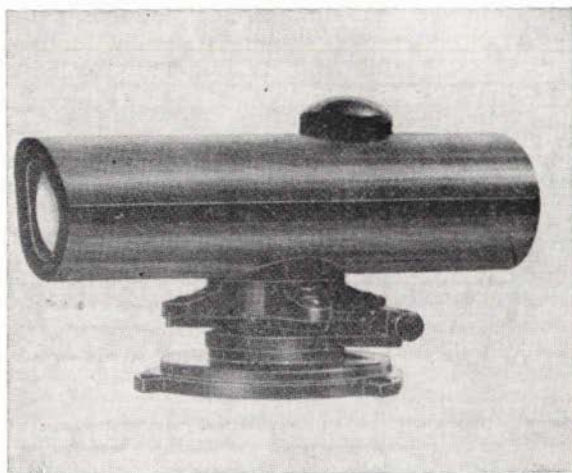
Jedini praktični nedostatak ove metode je teškoća ugradnje. Radi se naime o tome da se duž jednog horizontalnog pravca, uglavnom u nekoj od horizontalnih galerija brane (skoro nikad vani), mora ostaviti jedan dovoljno prostran žlijeb (na pr. 20×20 cm) unutar kojeg će biti smještena žica. Žlijeb je potreban da obezbijedi sigurnost žice od mehaničkih oštećenja i uznemirenja žice, da zaštiti žicu od eventualnih vibracija izazvanih strujanjem zraka kroz galeriju, te da, podmetanjem na odgovarajućim rasponima specijalnih posuda sa tečnošću i plovcima na koje se oslanja žica, osigura pravac bez provjesa koji se inače ne bi mogao izbjeći, posebno za duže brane.

Iako bi se po stepenu automatizacije ovaj naziv mogao dati i za mehanički alinjman u slučaju električnog načina očitavanja pomaka, ovdje se misli na jedno sasvim novo rješenje alinjmata koji je ostvarila firma Galileo — Italija. U principu radi se o slijedećem: Elektrooptički instrument (a) koji koristi infracrveni gasni laser ima u sebi uređaj koji rotira (oko optičke ose instrumenta) i rotirajući laserskim zrakama pogađa prijemnike (b) (vidi sliku 4.) instalirane na fiksnoj tački na drugoj obali i kontroliranoj tački na brani. Svaki prijemnik u momentu pogađanja laserskom zrakom šalje električni impuls u poseban uređaj instrumenta koji se zove analizator. Analizator dalje ima zadatak da iz razlike vremena primljenih impulsa (sa fiksnog i pomičnog prijemnika), brzine rotiranja i udaljenosti pomičnog prijemnika izračuna pomak kontrolirane tačke na brani. Taj podatak pomaka dalje može biti korišten na licu mjesta ili telemetrijski prenesen na odgovarajuću daljinu i prezentiran numerički, grafički ili u obliku ulaznog podatka za računar u svrhu daljnjih obrada ili analiza.

Prema tvrđenju firme, na osnovu 18 mjesečnog testiranja uređaja na brani Talveccia u Italiji, postignuta je tačnost mjerenja poprečnog pomaka unutar $\pm 0,1$ mm što u kutnoj mjeri nosi pogrešku unutar $\pm 0,1''$. Na slici 4 prikazan je automatski kolimator Delta 2000 firme Galileo sa nekim sastavnim dijelovima.

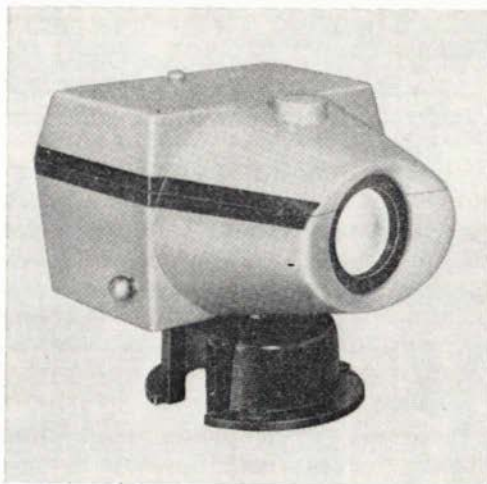
Kako se vidi, uređaj je još uvijek relativno glomazan. Daljnji razvoj i usavršavanja dati će sigurno nove rezultate na polju poboljšanja praktičnosti i proširenja primjene. Za sad ga tvornica preporuča, osim za brane, još za kontrolu klizanja terena, ispitivanje deformacija ugibanja i drugih konstrukcija.

Najvažnije tehničke karakteristike za sad su mu slijedeće:

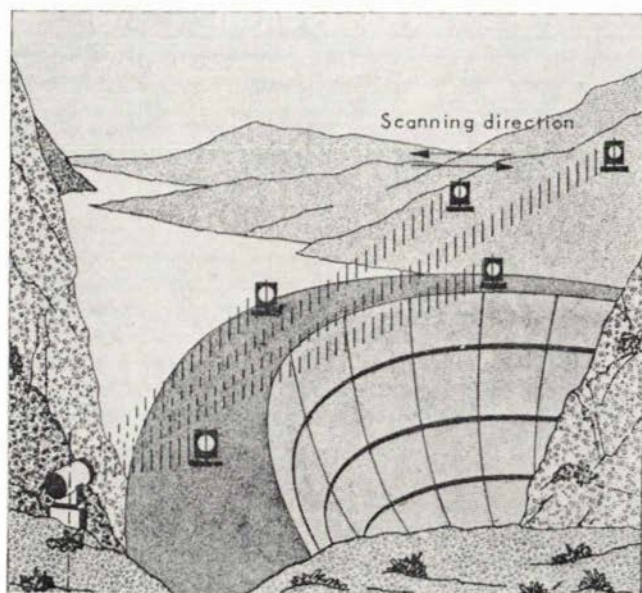


Sl. 4
a) Kolimator

b) Prijemnik



c) Shema mjerenja



Sl. 4. Automatski kolimator: dijelovi i shema mjerenja

— tačnost mjerenja	$\pm 0,1 \text{ mm (0,05'')}$
— polje mjerenja	$\pm 150 \text{ mm (15}^\circ)$
— maksimalna dužina	1200 m
— radna temperatura	$-30^\circ \text{ do } +50^\circ \text{ C}$

— valna dužina zrake lasera	0,93
— maksim. koeficijent atmosf. apsorpcije	0,8
— napajanje	220 V $\pm 10\%$, 50 Hz $\pm 0,2\%$

Nasuprot svih iznesenih pozitivnih karakteristika stoji za sad jedini »nedostatak«: kompletni uređaj je relativno vrlo skup. Sadašnja cijena je cca 75.000 \$.

LITERATURA

- [1] Prospekti firme »Galileo« — Italija
- [2] Prospekti firme »Interfels« — Austrija
- [3] Water Power — international — april 1978.

SAŽETAK

Autor je u članku prikazao metodu osmatranja horizontalnih pomaka krune brana na osnovi odstupanja od fiksiranog pravca (alignement). Pri tome je naveo klasične postupke ovih mjerenja, kao i nove metode koje koriste konstrukcije novih instrumenata na bazi lasera. Naveo je jedno sasvim novo rješenje tvrtke Galileo, gdje se na bazi elektronike neposredno dobivaju veličine mjerenih pomaka.

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Artikel wurde die Beobachtungsmethode der horizontalen Bewegungen von Staudammen auf Grund der Abweichungen von fixierter Gerade beschrieben (Das Alignement). Die klassischen und die neuen Beobachtungsmethode mit Laserinstrumenten sind dargestellt. Daneben wird der Einsatz eines neuen Instruments der Firma Galileo beschrieben. Mit diesem Instrument werden auf elektronischem Wege die beobachtenden Grössen unmittelbar gewonnen.