

TENDENCIJJE RAZVOJA PRI MJERENJU DEFORMACIJA VELIKIH GRAĐEVINSKIH OBJEKATA

Hans WERNER — Dresden*

1. PRETHODNE NAPOMENE

Mjerenje deformacija velikih objekata je nužnost, koja proizlazi iz njihovog velikog privrednog i znanstvenog značaja. Nažalost sve znanstvene grane ne poklanjaju još uvijek odgovarajuću pažnju cjelokupnom kompleksu zadataka povezanih uz ovo pitanje. Kod većih objekata, koji se obavezno kontroliraju, ne poklanja se uvijek jednaka pažnja pojedinim fazama, koje su: Projektiranje mjerenja deformacija — obilježavanje karakterističnih točaka — izvođenje mjerenja — obrada i interpretacija dobijenih podataka.

Iz ovih razloga ukratko će se iznijeti osnovni zahtjevi pri mjerenju deformacija. Na ovo nadovezuje se kritična ocjena danas uočljivih tendencija razvoja mjernih metoda za kontrolu deformacija velikih objekata.

2. OSNOVNI ZAHTJEVI KOJI SE POSTAVLJAJU NA METODE MJERENJA

Pri tome treba smatrati prethodno spomenuti kompleks kao preduvjet.

2.1. Projektiranje homogenog mjernog sistema

Korištenjem više mjernih metoda na većem građevnom objektu, na pr. dolinskoj pregradi, potrebno je uvijek postaviti *geodetsku osnovu*. Ovo znači da je moguće sva jednovrsna opažanja, a time i dobivene vrijednosti za izobličenja i deformacije svesti na isti sistem. Time se znatno povećava sigurnost korišćenja i interpretacije rezultata opažanja. Daljnje su značajke:

- Izbor točaka na građevini koje će se opažati, a s tim u vezi:
- nastojanje da ove točke budu identične u pojedinim postupcima (npr. aliniranje [alignement], nivelman visoke točnosti i merenja viskovi-ma na dolinskim pregradama)
- pažljiv izbor točaka koje će se opažati i njihovo solidno obilježavanje.

* Predavanje održano 6. 5. 1975. na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu

* Adresa autora: Prof. dr. ing. habil. H. Werner — Technische universität DDR, 8027 Dresden, Mommsenstrasse 13

2.2. Izrada programa mjerenja

Utvrđivanje termina za opažanje ne smije se prepustiti slučaju, niti je moguća primjena neke krute sheme. Potrebno je voditi računa o slijedećem:

- s opažanjima treba početi što ranije, najbolje još za vrijeme izgradnje. Na taj način saznat će se ponašanje objekta prije nego što nastupi opterećenje;
- potrebno je prilagoditi vremenske intervale opažanja vremenskoj promjeni deformacija građevine;
- treba pri tome nastojati, da po mogućnosti budu obuhvaćena ekstremna stanja objekta.

2.3. Povezivanje pouzdanosti i ekonomičnosti

Treba nastojati da se dobije što pouzdanija slika o ponašanju kontroliranog objekta uz najmanji ulog redovnih i kontrolnih opažanja. Pri tome treba računati sa mogućnošću gubitka nekih od točaka. O svemu ovome treba voditi računa već pri samom projektiranju. Nije odlučujući samo broj upotrebljenih mjernih uređaja, metoda i točaka, već i njihov izbor i primjena na građevni objekt.

2.4. Utvrđivanje odgovarajućih zahtjeva točnosti

Ovdje je potrebno voditi računa o slijedećim kriterijima:

- veličine deformacije koja se očekuje;
- točnosti, koju je moguće postići uz upotrebu odgovarajuće metode mjerenja;
- odnosa između ovih veličina: točnost mjerenja naspram veličine očekivane deformacije;
- u ekstremnom slučaju i samoj veličini objekta i
- netočnosti statičkih proračuna.

Sveobuhvatno tretiranje ove problematike, napose za čvrsto građene brane i brane od nasutog kamena uslijedilo je u (19) i (20).

2.5. Minimalni utrošak vremena za cijeli program utvrđivanja deformacija

Za ovaj zahtjev govore slijedeće teze:

- korištenje rezultata odmah nakon izvršenog opažanja,
- isključivanje kratkotrajnih uticaja, kao npr. prije svega temperaturnih razlika, jer ovi uticaji mogu pod izvjesnim uslovima da iskrive rezultate opažanja koja vremenski traju nešto duže (npr. prostrana mreža trigonometrijskih točaka kod dolinskih pregrada),
- izbjegavanje nepotrebnih troškova.

Iz ovih razloga idealni je program obilježen najvećom automatizacijom, naravno, ukoliko je to moguće i svrsishodno. Kada je kod velikih objekata u

program mjerenja uključeno nekoliko metoda, onda treba ova opažanja koncentrirati po mogućnosti na isto, što kraće vremensko razdoblje (jednaki vanjski uvjeti).

2.6. Znanstvena obrada i interpretacija rezultata mjerenja

Ove značajne radnje manjkaju u najvećem broju slučajeva, naročito onda, kada je očekivano »normalno« ponašanje kontroliranog objekta donekle potvrđeno rezultatima mjerenja. Nikako se ne bi smjela previdjeti složenost ovog problema. Najčešće se utvrđuje jedna veličina deformacije dok je ova vrijednost, npr. kod dolinskih pregrada, rezultat brojnih faktora. To je razlog da je teško odrediti udio svakog pojedinog faktora. Podrobna interpretacija rezultata mjerenja dovodi do važnih saznanja o pojedinim fazama cjelokupne metodike, koja vodi računa kako o znanstvenim, tako i o ekonomskim elementima.

3. TENDENCIJE RAZVOJA PRI PRIMJENI APSOLUTNIH METODA MJERENJA

Polazi se od poznatih metoda:

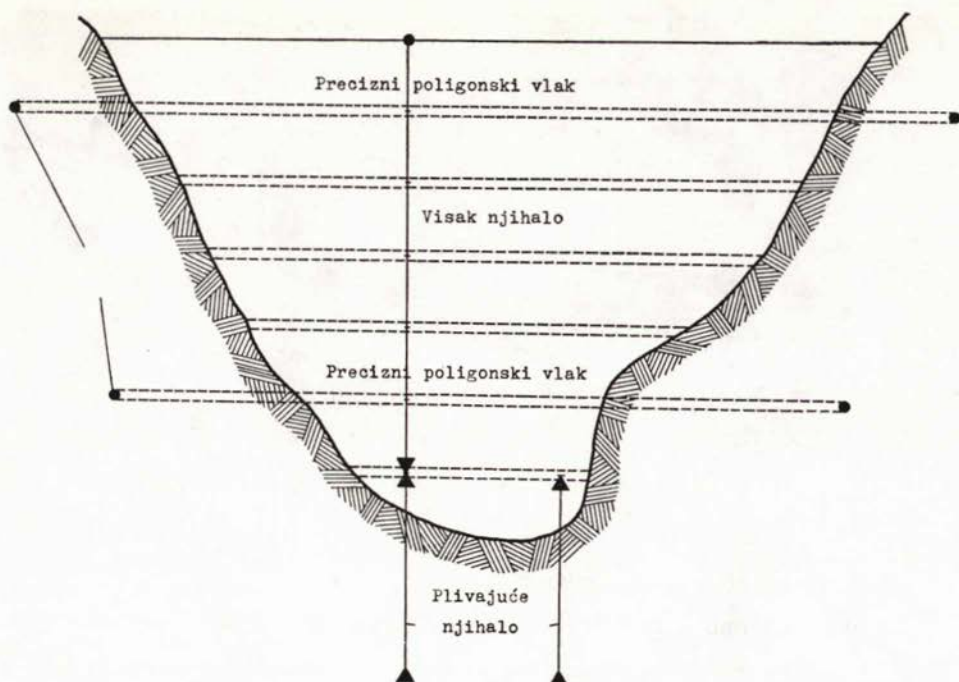
- aliniranje
- triangulacija (trigonometrijska metoda)
- precizna poligonometrija

Razmatranje ovih metoda ukazuje na slijedeći problem: točke na koje se oslanja mjerenje deformacija velikih objekata izabiru se izvan promatranog objekta i zemljišta na koje objekt može uticati. Radi ovoga moraju oslone (referentne) točke biti dovoljno udaljene od objekta. Ovaj je zahtjev pak u suprotnosti sa točnošću koja se opažanjima želi postići, jer dobro je poznato da točnost opada sa udaljenošću. Kao kompromisno rješenje ove suprotnosti potrebno je kod mjerenja deformacija dolinskih pregrada nastojati:

- Produžiti horizontalne kontrolne hodnike do na 100 m u živu stijenu na koju je pregrada oslonjena radi postavljanja priključnih točaka za preciznu poligonometriju i aliniranje (sl. 1).
- Oslone točke za mjerenje pomoću viska (njihala) spustiti do oko 100 m duboko (plivajuće njihalo) (sl. 1).

Na taj način moguće je znatno skratiti udaljenost objekta od oslonih točaka za mjerenje deformacija. Ali kod oba rješenja krije se novi problem. Ne budu li naime ove točke iz gornjeg stava kontrolirane, to postoji mogućnost da se pomak njihovog »apsolutnog« položaja interpretira pogrešno kao deformacija objekta. Na ovom mjestu nije moguće prešutjeti činjenicu, da strogo uzevši, zbog pokreta u Zemljinoj kori i ne postoje apsolutno sigurne, tj. po položaju nepromjenjive točke. Ova okolnost često puta otežava interpretaciju izvršenih mjerenja (21).

Ali sada obratimo pažnju pokušajima kojima je cilj daljni razvoj gore spomenutih triju metoda mjerenja deformacija.



Sl. 1 Shematski prikaz poprečnog presjeka tijela brane

3.1. Aliniranje (22)

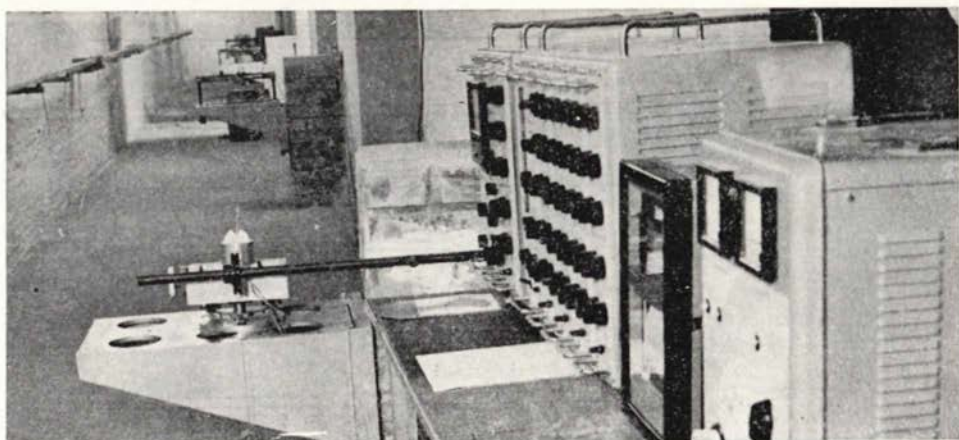
3.1.1. Mehaniziranje i automatizacija

Pojedinačne primjene u praksi pokazuju pokušaje djelomičnog mehaniziranja, koje se sastoji u tome, da se pomicanje značke upravlja daljinski od strane samog opažača (5), (9). Međutim izgleda da je opravdanost ovog postupka u pitanju kada se stave u omjer troškovi i korist.

Sasvim drugim putem idu Janusz i Bobčinskij. Oni zamjenjuju optičku liniju mehaničkom i za ovu koriste sistem žica (Janusz), odnosno nategnutu žicu. Prednosti su očigledne: ušteda u vremenu, veća točnost te neovisnost od atmosferskih uticaja (vidi 19).

Mehaničko aliniranje sovjetskog autora Bobičinskija uspješno je automatizirao Jakob (7). Ono se ističe visokom točnošću od $\pm 0,1$ mm, a također je ekonomičnije od dosadašnjeg aliniranja u određivanju kratkovremenskih pomaka. Njegova primjena je osobito preporučljiva za čvrsto zidane brane, u kojih nadolazak vode počima u vrijeme betoniranja gornjih dijelova tijela pregrade. Za ovo se instalira uređaj u najnižem kontrolnom hodniku. Slike 2 i 3 daju pregledan prikaz.

Daljinski prenos podataka otvara mogućnost kontroliranja nepristupačnih, kao i vezivanja nedostižnih ili teško dostižnih točaka građevinskog objekta. Konačno treba još naglasiti i uštedu u osoblju i radnom vremenu u usporedbi s klasičnim metodama.



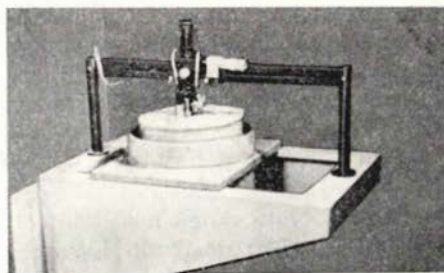
Sl. 2 Mehaničko-električko aliniranje, cjelovit prikaz

3.1.2. Aliniranje laserskom zrakom

Iskolčenja pomoću laserske zrake moguća su na slijedeće načine:

- Laserska zraka bez posebnog uređaja za prijem može se koristiti u slučajevima gdje se traži srednja točnost. Gornja granica slučajnih pogrešaka od 2" (1 mm/100 m) po Chrzanowskom nalazi se očigledno ispod one što se postiže pri običnom optičkom aliniranju (3).
- Interferometrijsko aliniranje je preciznije (0,1") ali se ne može provoditi u području gdje ima zračnih turbulencija.
- Radi otklanjanja ove manjkavosti razvijeni su posebni prijemnici (detektori), pojedinačno su se pokazali i uspješno. Zadatak je ovih prijemnika da se može odrediti središte laserske zrake sa 0,2" i pri zračnim turbulencijama (3).

Dosadašnjim ocjenama treba dodati još i ovo: Značajna je prednost aliniranja laserskom zrakom što omogućava određivanje horizontalnih i vertikalnih odstupanja građevinskog objekta. Potrebno radno vrijeme je znatno kraće



Sl. 3 Mjerna točka mehaničkog aliniranja

u usporedbi s klasičnim aliniranjem i određivanjem visina. Nedostatak je što je teško primijeniti automatizaciju. Kada se zahtijeva kontinuirano mjerenje onda je najsvrsishodnije primijeniti mehaničko-električnu metodu aliniranja zbog njezinog maksimalnog informacionog sadržaja rezultata mjerenja.

3.2. Triangulacija (trigonometrijska metoda)

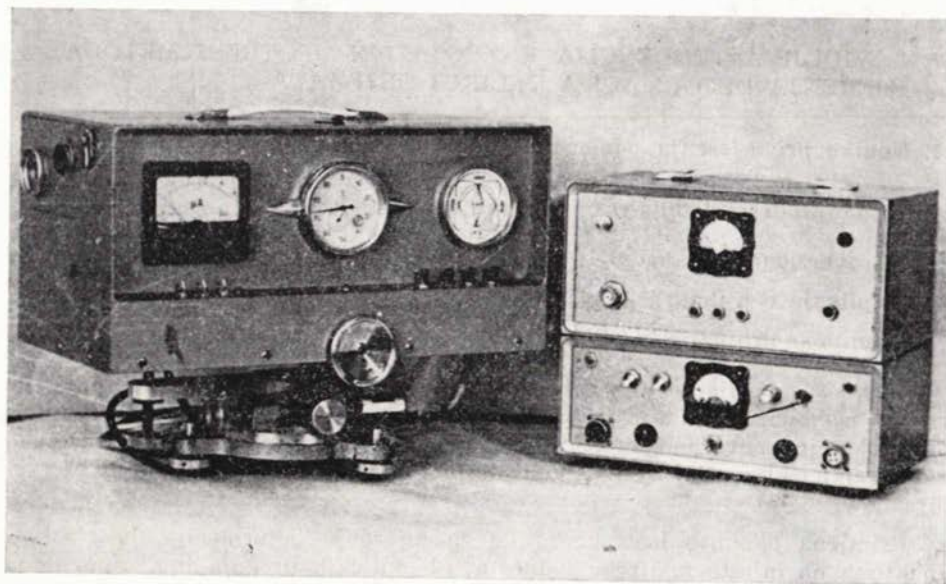
Glavni je nedostatak ove metode veliki utrošak vremena kod većih mreža i novca (vidi 2.5.). Također treba ukazati i na osjetno smanjivanje točnosti pri primjeni na većem području. Dobra je strana ove metode što se određuju apsolutne vrijednosti i što je moguće mjerenjem obuhvatiti i okoliš kontroliranog objekta.

Usavršavanja ove metode nastoje smanjiti odnosno otkloniti njene nedostatke. Njih je moguće poređati na osnovu ovih značajki (21):

- Skraćenje vremena potrebnog za opažanje,
- Smanjivanje broja girusa,
- Jednovremeno opažanje sa dva teodolita,
- Smanjeni opseg mreže (»minimalni program«, vidi »Homogeni sistem opažanja«).

Trilateracija

Temeljnu promjenu trigonometrijske metode s veoma dobrim izgledima donose najnoviji geodetski elektronski uređaji za precizno mjerenje udaljenosti, kao na pr. Mekometar ME 3000 fy Kern Švicarska, ili uređaj (prototip) DVSO — 1200 (sl. 4), koji je razvijen, izrađen i isproban u Politehničkom Institutu u Erevanu SSSR. Ovom metodom po prvi put postaje točnije mjerenje dužina strana od mjerenja smjerova.



Sl. 4 Elektronički precizni daljinomjer DVSD-1200 Politehničkog Instituta Erevan SSSR

Trilateracione mreže koriste se u dvjema varijantama:

1. Točke koje se opažaju na objektu signaliziraju se reflektorima. Veličina deformacije dobiva se kao razlika nultog mjerenja od svakog aktuelnog.
2. Trilateracione mreže, kao podloga trigonometrijskih mjerenja ili aliniranja, ako se prostiru preko 150 m točnije su od mreže u kojima su mjereni kutovi.

3.3. Precizna poligonometrija

Već neko vrijeme se trigonometrijska mjerenja, posebno na dolinskim pregradama, zamjenjuju ili dopunjuju preciznom poligonometrijom (vidi 19, Kobot, Bachman). Ometajući atmosferski uticaji mogu se izbjeći na taj način da se mjerenja prebace u unutrašnjost dolinske pregrade. Rezultati mjerenja dat će apsolutne deformacije, ako se mjerenja oslanjaju na točke, koje su postavljene na krajevima kontrolnih hodnika produženih za oko 100 m u živu stijenu, na koju je oslonjena dolinska pregrada. Tada se može smatrati da su ove oslone točke »nepromjenjive«. Poligonski vlakovi katkada se priključuju radi kontrole na točke izvan objekta, koje su postavljene radi kontrolnih mjerenja drugim metodama.

Pri izvođenju precizne poligonometrije na dolinskim pregradama treba se upitati, da li da se mjerenja obavljaju samo u unutrašnjosti objekta i onda, ako je najviši kontrolni hodnik još uvijek dosta udaljen od krune brane. U tom slučaju bi kruna ostala bez neposredne kontrole i ako su njene deformacije najveće. Stranice preciznih poligona danas je moguće mjeriti preciznim elektronskim daljinomjerima, kao što je npr. Mekometer ME 3000 Kern, što je ekonomičnije od ranijih metoda.

4. VIDLJIVA TENDENCIJA RAZVOJA PRI UPOTREBI METODA MJERENJA DEFORMACIJA VELIKIH OBJEKATA

4.1. Novine pri mjerenju pomoću njihala (viskova) (22)

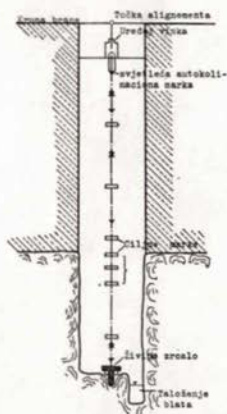
U zadnjih deset godina razvijene su nove metode:

- reverziono njihalo
- plivajuće njihalo
- optičko projiciranje (slike 5 do 8)

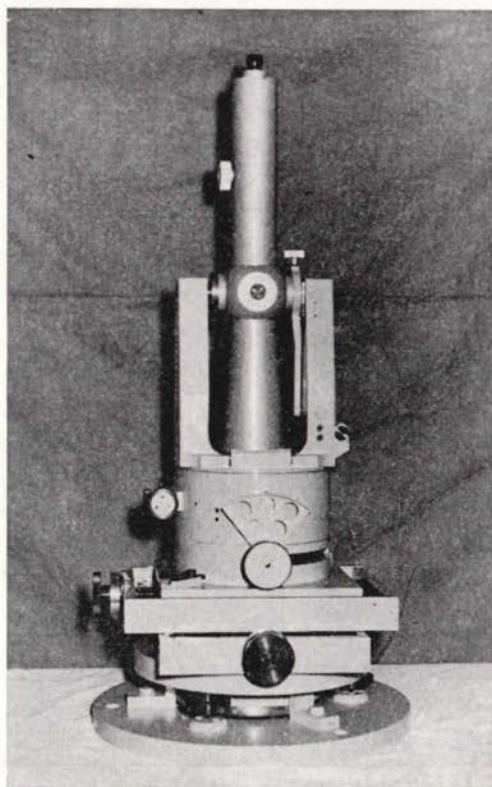
Ove nove varijante pokazale su se u praksi kao uspješne. Trenutno se radi na njihovoj automatizaciji slično kao kod aliniranja (mehaničko projiciranje okomice povezano sa signalnim aparatima), te na uvođenju laserske zrake (sovjetski uređaj LZC-1; optical plummet« i »electrical plummet« od Chranowskog-a).

Primjena okomite laserske zrake za mjerenje deformacija na visokim objektima na mjesto upotrebe jednostavnih optičkih uređaja ima samo onda smisla, ako se na visini većoj od 70 m treba postići točnost projiciranja manja od ± 1 mm. Ne smije se pri tom zaboraviti na osjetljivost ovih uređaja na

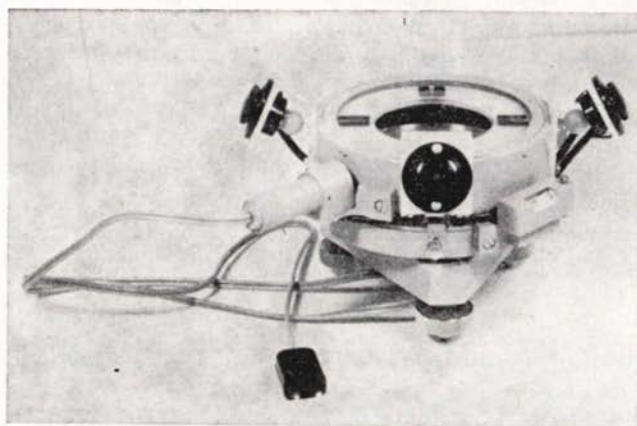
kretanje zračnih masa i refrakciju. Pri upotrebi laserske zrake još uvijek ima poteškoća u stabiliziranju pravca zrake, postavljanje zrake u vertikalni položaj, za prijem signala i opažanje zrake u promatranoj točki objekta. Ovdje je potrebno ukazati na idealno povezivanje aliniranja i projiciranja okomice. Potrebne informacije dobivaju se brzo i dobrom točnošću.



Sl. 5 Optičko proiciranje principijelna skica



Sl. 6 Optičko proiciranje-uređaj pomoću QLA TU Dresden

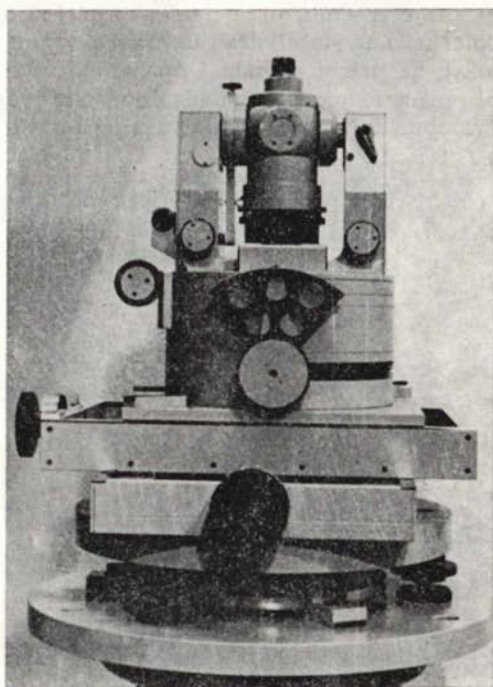


Sl. 7 Optičko proiciranje — živino zrcalo (horizont)

4.2. Hidrostatički nivelman

U novije vrijeme razvijeni su:

- stacionarni sistemi i
- sistemi sa daljinskim očitavanjem.



Ss. 8 Optičko proiciranje — uređaj pomoću QLA 2 TU Dresden

Oba sistema obećavaju veoma uspješni razvoj (23).

Stacionarni sistemi

Uređaji bez automatizacije mogu se vidjeti u katedrali u Milanu i na sovjetskoj brani Krasnojarsk. Primjenjene su cijevi od nekorodirajućeg metala (4), (13).

Automatizirani sistem preporučuje firma Boekels iz Savezne Republike Njemačke. Ovdje su spojne cijevi izrađene od takvog materijala da mogu podnijeti visoki tlak, a pune su živom. Podaci mjerenja automatski se registriraju ili prikazuju u digitalnom obliku.

Ocjenom ukratko prikazanih novih sistema dolazi se do zaključka: Stacionarni uređaji su bolji od dosadašnjeg hidrostatičkog nivelmana, kao i preciznog geometrijskog nivelmana, jer uštedeju potrebno vrijeme za rad i ljudstvo. To vrijedi osobito za automatizirane uređaje.

Razumije se samo po sebi da je ugradnja stacionarnih sistema preporučljiva samo za one objekte koji se moraju kontrolirati neprekidno.

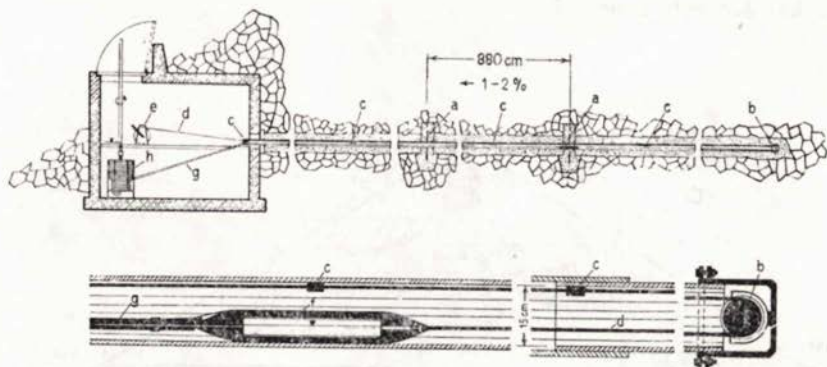
Uređaji za hidrostatički nivelman sa daljinskim očitavanjem

Nužnost potrebe da se izmjeri slijeganje visokih objekata iz nasutog materijala (kamen, zemlja) dovela je do razvoja takvih uređaja za hidrostatički

nivelman, kod kojih je jedna od spojenih posuda (staklena cijev) smještena na nepristupačnijoj točki objekta, a druga se nalazi na pristupačnom mjestu.

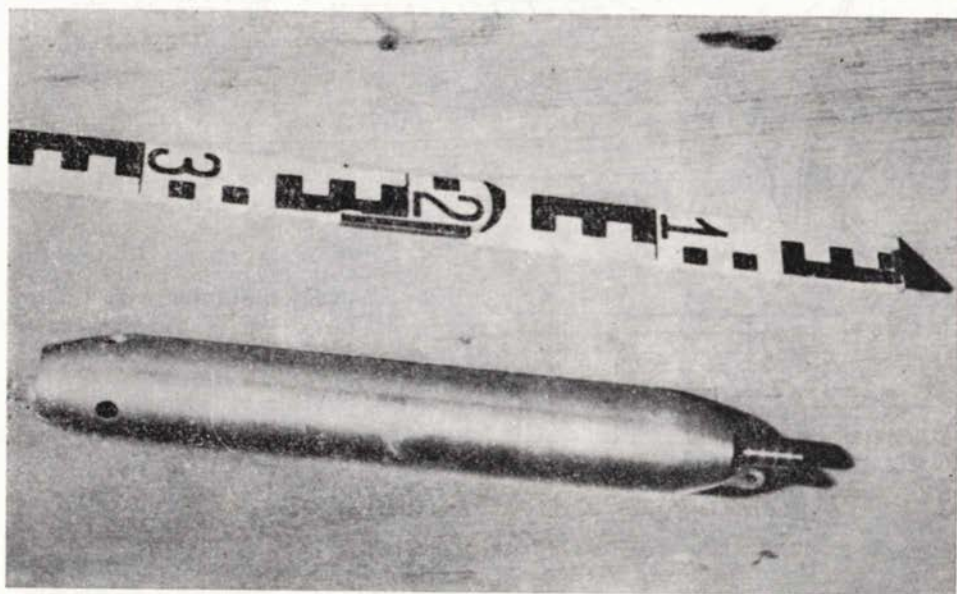
Ovdje treba razlikovati stacionarne i prenosne uređaje:

- Beckerov uređaj za hidrostatički nivelman, DDR; stacionaran, točnost od $\pm 0,01$ do $\pm 0,1$ mm (2).



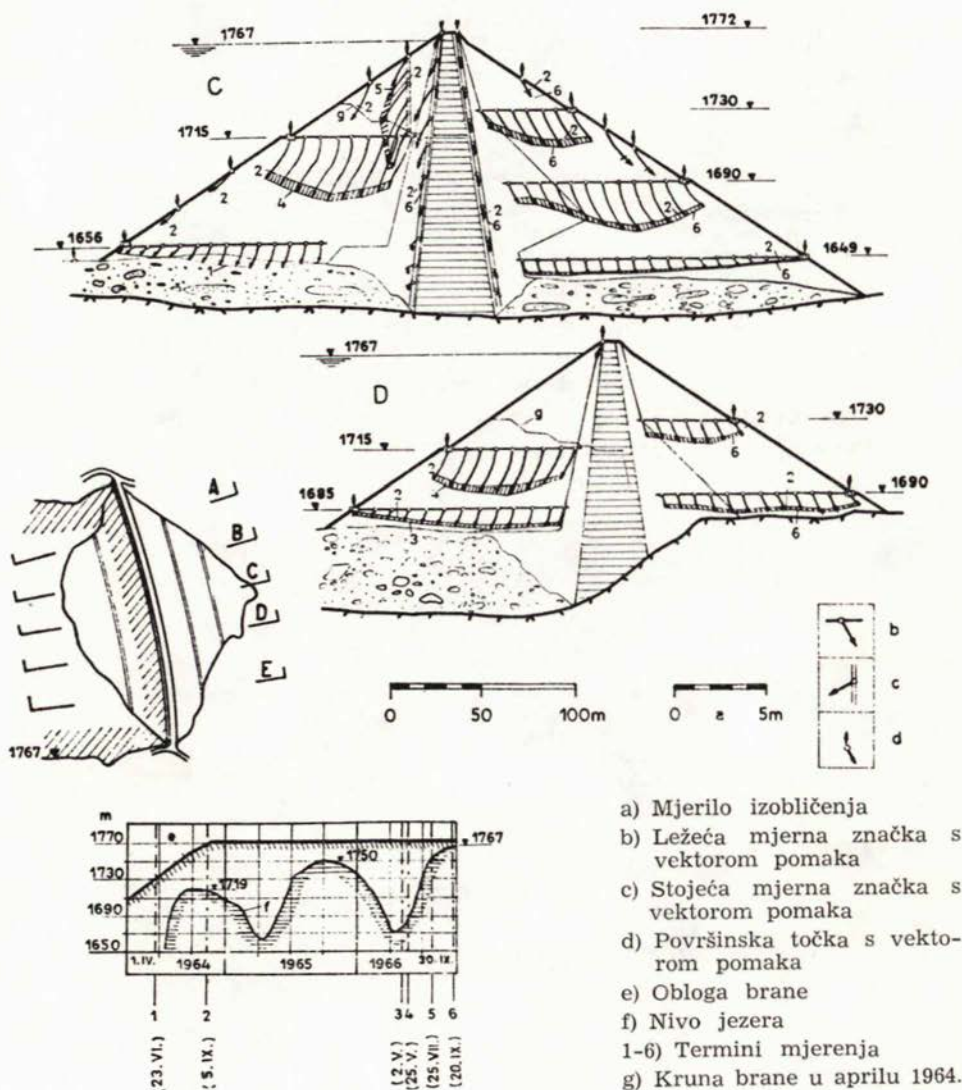
Sl. 9 Pomična cijevna vaga

- Uređaj Militzer-a, DDR; stacionaran; $\pm 0,01$ mm.
- Pomični uređaj TIVAG, Austrija ; ± 1 cm do ± 2 cm (10), (sl. 9).
- Pomični uređaj DDR; ± 1 mm do ± 3 mm (24), (sl. 10).



Sl. 10 Mjerna glava pomične cijevne vage, Vodoprivreda DDR (24)

Od osobitog je značaja što je uređajem za hidrostatički nivelman s daljinskim očitavanjem moguće dobiti informacije o ponašanju onih točaka objekta, koje su do sada bile nepristupačne. Pomični uređaji odlikuju se i time da je moguće mjerenje obaviti ne samo u jednoj točki nego i u nizu točaka na jednoj liniji. To znači dragocjeno i veliko proguščavanje broja informacija o objektu, a time se omogućava donošenje sigurnije ocjene o stabilnosti objekta, kao što je to brana.



Sl. 11 Brana Gepatsck — izobličavanje presjeka brane

4.3. Mjerenje nagiba

U najnovije vrijeme obnovljena je metoda mjerenja nagiba na branama i energetskim postrojenjima. Pomoću ovog mjerenja moguća je neovisna kontrola savijanja vertikalne linije (Biegelinie) pomoću viska. Ona se pri projiciranju vertikale dobiva pomoću sekantnog poligona. Dobro podudaranje rezultata dobilo se već kod prve primjene na brani Rauschenbach u DDR, pri čemu su rezultati mjerenja nagiba upoređeni s rezultatima dobijenim mehaničkim i optičkim viskom (17).

4.4. Specijalna električna mjerenja (10)

Da bi se mogli izmjeriti vertikalni i horizontalni pomaci u unutrašnjosti brana od nasutog kamenja za vrijeme same gradnje, a i nakon dovršenja, postavljaju se u tijelo brane plastične cijevi u vertikalnom i horizontalnom smjeru (sl. 11). Na određenim razmacima omataju se ove cijevi aksialno sa metalnim pločama, koje dobro vode električnu struju. Postavljanje metalnih ploča je takvo da mogu neometano kao i same cijevi, slijediti svaki pomak nasute mase.

Ove ploče su mjerne točke ovog sistema. Da bi se odredila tražena deformacija pomiče se kroz cijev električna sonda za mjerenje. Promjena u udaljenosti sonda-metalna ploča izaziva promjene u frekvenciji električnog titrajnog kruga sonde u odnosu na neki konstantni titrajni krug. Promjene su vidljive na prijemu.

Do sada su dobiveni dobri rezultati pomoću »Radio sonde RPS 200« firme Maihak, Savezna Republika Njemačka, koja je izrađena prema dr Idel-u (11). Njome se mogu obavljati mjerenja i u cijevima koje su ispunjene vodom. Tvornica izjavljuje da je moguće postići točnost od 1 mm.

U Engleskoj je mahaničko pokretanje sonde pomoću kabela zamijenjeno malim motorom gonjenim komprimiranim zrakom (12).

ZAKLJUČAK

U ovom članku pokušalo se ukazati koje su tendencije razvoja pri mjerenju deformacija velikih objekata i zašto baš ove. Zbog obilja materijala nije ga bilo moguće obuhvatiti potpuno, već je autor izdvojio one tendencije razvoja koje smatra osobito važnim, a koje obećavaju znanstveni i ekonomski uspjeh.

Na kraju treba istaknuti da u cjelokupnoj ovoj problematici oko mjerenja deformacija treba građevni objekt i područje gradnje obuhvatiti kao cjelinu, jer u mnogim slučajevima veće opasnosti krije u sebi ponašanje područja gradnje, od samog objekta.

Preveo, Prof. Ivan Kreiziger

L I T E R A T U R A

1. Aeschlimann, H.: Zur Genauigkeit von Iivardraht- und Mekometermessungen. Vortrag 1/22 Internat. Kurs Ing. mess. hoher Präzision, Graz 1970.
2. Becker, A.: Überlaufmeßverfahren zur Feststellung vertikaler Bewegungen nicht mehr erreichbarer Punkte in Bauwerken. Patentschrift 35 705, Wirtschaftspatent, DDR Kl. 42c, 24/02, IPK: G 01c, Ausgabetag 15. 1. 1965.
3. Chrzanowski, A. u. a.: Alignment surveys in a turbulent atmosphere using laser. Papers from the 31st Annual Meeting. Americ. Cong. Surv. and Mapp., Washington 1971, S. 494—513.
4. Galetto, R.: Schaffung einer hydrostatischen Präzisions-nivellierungsangle. Sonderdruck zur 14. Nationaltagung der SIFET.
5. Ganser, O.: Die Meßeinrichtungen der Staumauer Kops. Die Talsperren Österreichs, Heft 16, Wien 1968.
6. Hilger, F.: Zur Genauigkeit geodätischer Netze hoher Präzision. Vermess.-Techn. Rundschau 34 (1972) 6, S. 233—236.
7. Jakob, G.: Zur Bestimmung kurzzeitiger Staumauerbewegungen durch mechanisch-elektrisches Alignment. Vermessungstechnik 17 (1969) 4, S. 144—147.
8. Janusz, W.: Geodezyjne badania przyczyn nie prawidłowosci jazdy suwnic mostowych. Prace IGiK, Warszawa 29 (1966) 2, S. 182—224.
9. Kusnecov, G. I.: Novaja programma stvornych nabljudenij. Geod. i Kartogr., Moskva (1971) 3, S. 35—41.
10. Lauffer, H. u. a.: The Gepatsch rockfill dam in the Kauner valley. Huitieme congrès des Grands Barrages, Edimbourg 1964, Question 31, R. 4, und persönliche Informationen anlässlich einer Studienreise.
11. Maihak AG: Messungen von Setzungen und horizontalen Verschiebungen mit einer Radiosonde nach Dr. Idel. Firmenschrift 1967.
12. Penman, A. D. M. u. a.: Measuring movements of engineering structures. XIII Internat. Kongreß der Vermessungsingenieure, Wiesbaden 1971, Bericht 605, 4.
13. Rabevič, I. S.: Gidrostatičesko nivelirovanie na plotine Krasnojarskoj GES. Geod. i . Kartogr., Moskva (1972) 8, S. 23—28.
14. Repalov, I. M.: Automatizacija processov izmerenij pri geodezičeskom kontrole sastojanija podkranovych putej. LID Leipzig, Inf. 1972/10, Ing. vermess., S. 21.
15. Robertson, K. D.: The measurement of small movements in large structures. Surv. Review (1971) No. 160, S. 74—84.
16. Robertson, K. D.: Alignment measurements on large structures. apers from the 31st Annual Meeting. Americ. Congr. Surv. and Mapp., Washington 1971, S. 61—82.
17. Schneider, M.: Beiträge zur geophysikalischen Neigungsmeßtechnik unter Berücksichtigung ihrer Anwendung in Talsperren. Habilitationsschrift, Bergakademie Freiburg 1968.
18. Werner, H.: Forderungen an Deformationsmessungen. Vermessungstechnik 23 (1975) 8, 5.298—300.
19. Werner, H.: Talsperrenmeßtechnik, Betrachtungen zu den geodätischen Verfahren der Talsperrenmeßtechnik unter besonderer Beobachtung der Lotmessungen. Mitteilungen des Institutes für Wasserwirtschaft 29 (1968), VEB Verlag für Bauwesen, Berlin.
20. Werner, H.: Ob izmeritel'nom techničeskom kontrole Kamennonasipnich sten. Geod., Kartogr., Zem., Sofia, 1973/6, XIII., S. 24—28.
21. Werner, H.: Einschätzung des gegenwärtigen Entwicklungsstandes trigonometrischer und polygonmetrischer Verfahren der Bauwerksüberwachung. Vermessungstechnik 21 (1973) 4, S. 135—137.

22. Werner, H.: Alignements- und Lotungsmessungen in der Bauwerksüberwachung- ihre besondere Stellung und Weiterentwicklung. Vermessungstechnik 21 (1973) 6, S. 172—174.
23. Werner, H.: Entwicklungstendenzen ausgewählter relativer Verfahren zur Bestimmung von Bauwerksveränderungen. Vermessungstechnik 21 (1973) 6, S. 206—209.
24. Bewegliche Schlauchwaage für hydrostatische Nivellements in Staudämmen. Abschlußbericht im VEB Projektierung Wasserwirtschaft Halle, DDR, Außenstelle Dresden 1971.