

## ISPITIVANJE POMAKA BRANE H. E. PERUČA\*

U novije se vrijeme koriste geodetski instrumenti i metode rada i kod promatranja i određivanja pomaka velikih građevina. Možemo danas kazati da je naša struka, u inozemstvu a i kod nas, stekla punu afirmaciju na području preciznih mjerenja, u cilju praćenja života kompliciranih građevina, radi određivanja elemenata u čisto praktične svrhe ili u krajnjoj liniji i za razna naučna ispitivanja. Nećemo pretjerati ako kažemo, da su u osnovama rasprava koje se bave ovim temama sadržani i podaci geodetskih mjerenja koja po svojoj kvaliteti, načinu izvođenja i obradi podataka spadaju u radove specijalne kategorije, za koje se traži visoka sprema od stručnjaka koji ih izvodi. Među takova mjerenja ubrajamo mjerenja kod izgradnje i kontrole proboja tunela, velikih stambenih objekata, silosa, montiranja velikih strojeva i kranova, izgradnje velikih pristaništa, mostova itd. Međutim, u našoj praksi možemo s puno opravdanja izdvojiti ovakove radove kod izgradnje i kontrole brana. Nećemo ove radove vezati za nekoliko poznatih, u svjetskoj literaturi neugodnih slučajeva, međutim, ostaje činjenica da upravo geodetski podaci mjerenja predstavljaju za konstruktora i izvađača objekta materijal od neprocjenjive vrijednosti, kao direktni i neposredni uvid u život građevine, koji se na osnovu ovih mjerenja može pratiti odnosno regulirati.

Mjerenja u cilju ispitivanja pomaka brana uopće, spadaju među najpreciznije geodetske radove. Često puta se tačnost mjerenja želi povezati redom veličina koje se očekuju kod samih pomaka. Iz iskustva znamo da je to nesigurna pretpostavka, jer se može desiti da su očekivane veličine kako u horizontalnom tako i u vertikalnom pogledu u stvari bile ili daleko veće ili pak manje. Prema tome, kod ovih radova bez obzira na red veličina koje se očekuju kod pomaka, mi moramo osigurati maksimalnu tačnost koju nam danas mogu pružiti instrumenti i metode rada.

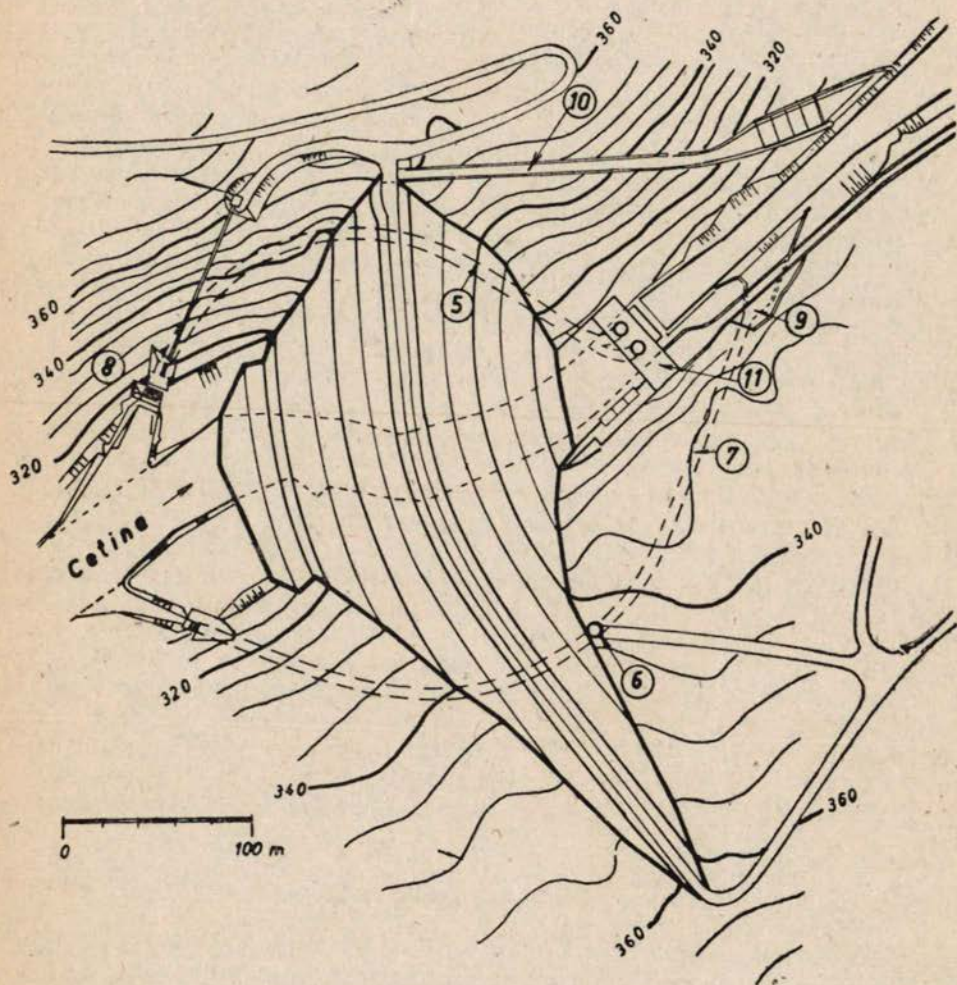
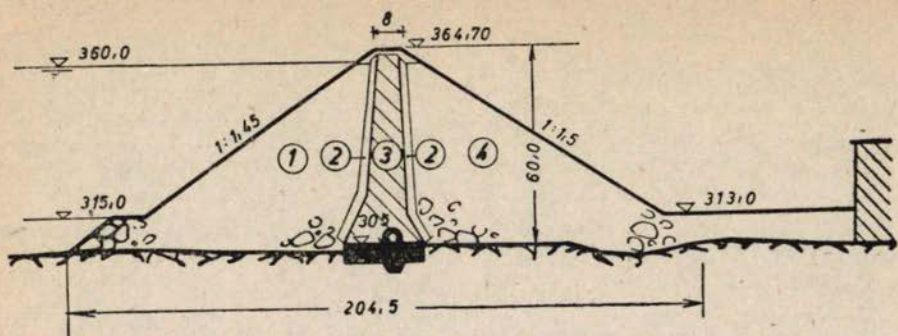
Tri će faktora u ovom slučaju utjecati direktno na dobijanje rezultata :

- a) instrumenti i pribor
- b) projekat opažanja i opažać (izvodioć radova) i
- c) vanjski utjecaji.

Kod nas je već ustaljena praksa, da se za opažanje horizontalnih kuteva služimo redovito univerzalnim instrumentima Wildove konstruk-

\* Referat na Savetovanju o primenjenoj geodeziji Sarajevo 23.—25. III 1961.

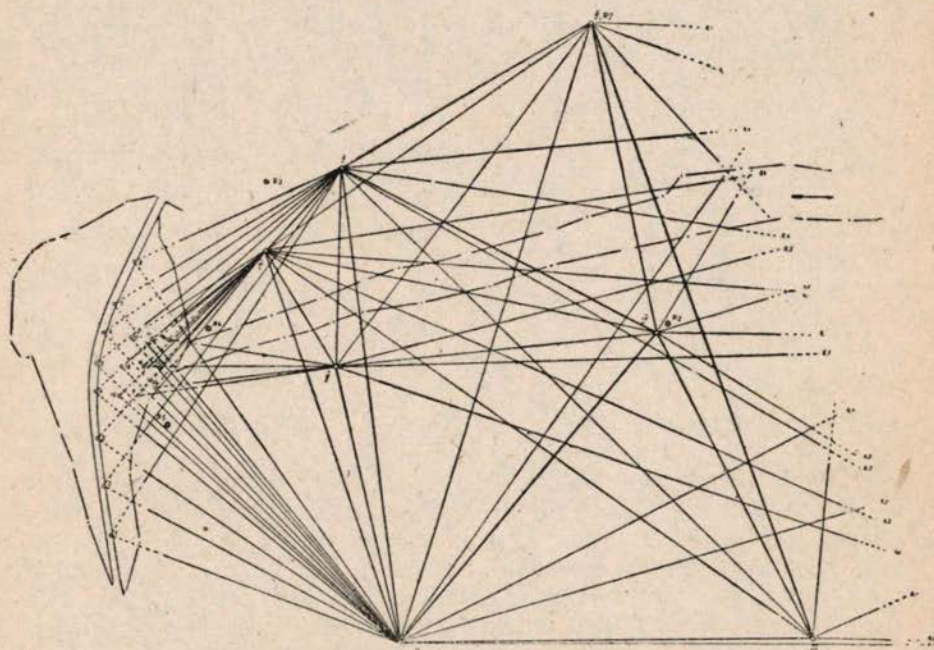




SI. 1

cije T3, a za opažanje visinskih pomaka prvoklasnim nivelirima, koji se inače upotrebljavaju za nivelman visoke točnosti. Pozitivna iskustva s takvim priborom stečena su i u inozemstvu. Sigurno, da za ove radove možemo koristiti i još neke druge instrumente, ali su se ovi kod nas pokazali — do sada — kao najsigurniji.

Projektant i izvršilac geodetskih radova treba da u potpunosti bude stručnjak s iskustvom u izvođenju i projektiranju geodetskih osnova, imajući u vidu utjecaj vanjskih okolnosti na tačnost mjerenja, sigurnost u stabilizaciji, signalizaciji orijentacionih tačaka, stupova i repera, djelovanje slučajnih i sistematskih pogrešaka, primjenu načina izjednačenja i obradu podataka mjerenja.



Sl. 2

Vanjski utjecaji prilikom ovih mjerenja predstavljaju najveći problem i nepoznicu. Samo stručnjak sa velikim iskustvom moći će prema konkretnim prilikama pravilno organizirati rad i redosljed opažanja na ovakovim objektima, gdje konfiguracija i izgrađeni objekti predstavljaju čvrst okvir, van kojeg opažanja ne mogu biti izvedena bez obzira na teoretske zahtjeve.

Jedna od posljednjih ali i najvećih gravitacionih brana, koja je kod nas puštena u pogon jest ona kod Peruče, u sistemu Dalmatinskih hidroelektrana.

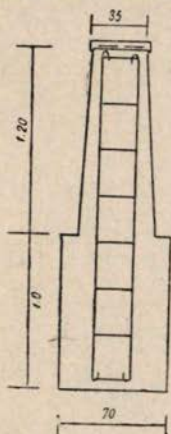
Izgradnja brane kod Peruče na Cetini započeta je 1954. godine i mora osigurati retenciju u maksimumu od 500.000.000 m<sup>3</sup>. Zato se među plani-



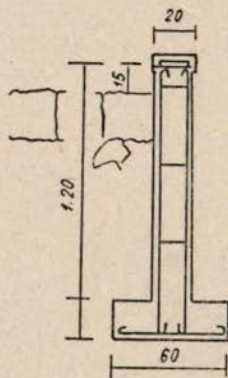
nama na bivšem koritu Cetine formira jezero dugo 22 km i široko u prosjeku 2.5 km. Da se postigne taj cilj trebalo je podignuti branu visoku 63 m i u kruni dugu 443 m U branu je ugrađeno 922.000 m<sup>3</sup> materijala, sl. 1.

Budući da je to brana s glinenom jezgrom obložena kamenom većih ili manjih dimenzija, to je normalno kretanje branom između pojedinih stupova otežano, a posebno kod opažanja visinskih razlika.

Neminovno, da poteškoće kod toga utječu na fizičku i psihičku koncentraciju opažача, pa i rezultata mjerenja. To se povećava još i time što može doći do slučajnog oštećenja odnosno uništenja skupocjenog



Sl. 3



Sl. 4

instrumentarija, a da se o povredama i ne govori. Zbog toga bi trebalo predvidjeti u takovim slučajevima, kod definitivnog uređenja brane, izgradnju i uređenje staze, za lak pristup i prolaz do pojedinih stupova, jer nije logično tražiti maksimalnu tačnost u mjerenjima, kad zato ne postoje osnovni uvjeti normalnog kretanja. Ta poteškoća dolazi do izražaja između svih stupova osim onih na kruni brane. Pogotovo je to važno kod repera, kao na primjer na nivelmanskoj strani 3—4, gdje nema staze, ni nogostupa već se mjerenja izvode po strmoj djelomično nasutoj kosini, a visinska razlika je veoma velika.

Projekat mreže za opažanje horizontalnih i visinskih pomaka izradila je geodetska grupa poduzeća »Elektroprojekt« — Zagreb 1959 god. Dopune projekta izvršio je Zavod za Višu Geodeziju, AGG fakulteta u Zagrebu, neposredno prije početka opažanja, tj. prve serije mjerenja u 1959 god. Definitivni projekat mreže s orijentacionim tačkama dobio je konačni oblik kako je prikazano u sl. 2. — Na toj su slici nacrtani i svi reperi — izvan tijela brane — na koje se odnose visinska mjerenja. Mjerenje pomaka geodetskim metodama tj. određivanje položaja pojedinih tačaka u prostoru svodi se na mjerenje kuteva, dužina i visinskih razlika. O tačnosti tih operacija ovisi i tačnost određivanja pomaka tačaka na brani. U tu svrhu stabilizirano je 7 betonskih stupova prema sl. 3 koji formiraju vrhove mikrotrigonometrijske mreže, a koja je u obradi po-



dataka i izjednačenju tretirana s dva centralna sistema, oslonjena na osnovnu stranu II—VII. Ta je strana dobivena izjednačenjem pomoću direktno mjerene baze na kruni brane. Mjerena baza je određena s relativnom pogreškom 1 : 106.000. Za opažanje pomaka je ugrađeno 17 stupova u tijelo brane i to 8 u kruni, a 9 u tri reda na pokosu, (sl. 4).

Na gornjoj plohi svih stupova su ugrađene podnožne ploče za centriranje instrumenata i značaka. Orjentacione tačke, ukupno 4, su iza brane tako da se nalaze van zone svim mogućih utjecaja, koji bi se mogli desiti usljed promjene opterećenja kod punjenja jezera ili drugih utjecaja. Četiri su repera, od ukupno sedam, također stabilizirana nešto dalje od tijela brane uz pretpostavku, da će tlo ostati nepomično u visinskom smislu. Svi su reperi stabilizirani vertikalno, dva se nalaze na podnožju stupova za opažanje horizontalnih pomaka, a pet u živoj stijeni. Prema svim pretpostavkama i analizama — a priori, — bili su zadovoljeni svi uvjeti koji bi omogućili dobivanje dobrih i sigurnih rezultata.

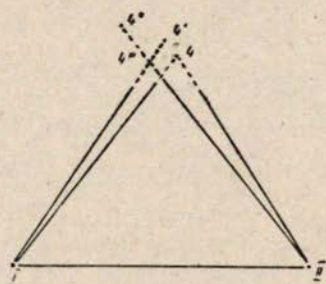
Pošto je potrebno da pomake određujemo dugi period vremena nužno je, da za sva promatranja osiguramo jednaku težinu i po mogućnosti iste instrumente i pribor, a nužno je da i opažači budu uvijek isti. Obrada podataka mora za svaku seriju mjerenja teći istim redom, a kod izjednačenja moraju biti primjenjene iste metode, naravno uz primjenu metode najmanjih kvadrata. Dodavanje ili reduciranje nekih pravaca u mikrotriangulaciji ili bilo kakova promjena u planu opažanja ili računanja nedopuštena je u toku mjerenja ili računanja. Promjene u koordinatama i visinama koje bi neminovno nastale, bile bi makar u maloj mjeri rezultat promijenjenog plana računanja, a ne samo promjene položaja.

Redovit je slučaj, da osnovnu stranu ne možemo direktno mjeriti, što je slučaj i na Peruči, pa je određujemo indirektno na osnovu direktno izmjerene baze i uzimamo nepromijenjenu za sve daljne serije mjerenja. Njenu sigurnost i nepromijenjivost kontroliramo mjerenjima na orjentacione tačke. Pošto u ovim slučajevima relativna tačnost strana ne treba biti velika, to će nam ovaj način kontrole dati siguran podatak za daljnja računanja.

Kako samu mrežu sačinjava niz trokuta, to iz nesuglasica u figurama možemo odrediti veličine vanjskih utjecaja. Na taj način možemo ispitati i odrediti utjecaj slučajnih i sistematskih pogrešaka, koje mogu deformirati sliku pomaka s obzirom na njihovu veličinu, a može se desiti da u nekim uvjetima budu veće od reda veličina samog pomaka. Na taj način imamo mogućnost ocjenjivanja utjecaja izvjesne kategorije pogrešaka, a time i dobijanje realnije vrijednosti samih pomaka. Jedina mogućnost ocjene tačnosti naših mjerenja za tačke u samoj brani jest srednja pogreška pravca opažanog na stanici. Međutim o veličini utjecaja drugih faktora ne možemo zaključivati, jer nam nedostaje osnovni elemenat, suma kuteva u trokutu, a time i odstupanje od jednog matematskog uvjeta, koji nam u ovom slučaju govori o veličini drugih utjecaja, koje ne možemo eliminirati ni pažnjom, ni kvalitetom instrumenta, a ni načinom obrade podataka.



Potrebno je stoga da se prilikom izrade projekta vodi računa o mogućnosti mjerenja s tačaka na koje smo do sada samo vizirali. To će nam omogućiti, na primjer, dobijanje predočbe o utjecaju bočne refrakcije ili drugih utjecaja, čija veličina u ovim uvjetima može preći srednju pogrešku opažanja, a i deformirati sliku o samim pomacima. (Sl. 5, I i II su kontrolni stupovi, a 4 tačka na brani. Prilikom opažanja viziramo na stup 4, međutim bočna refrakcija skreće našu vizuru s I u pravcu 4', a s II u 4''. Presjek tako dobivenih pravaca odredit će novo mjesto stupa 4 u 4''', koji neće odgovarati položaju na terenu. Pretpostavimo da naša mjerenja prema srednjoj pogreški pravca na stanici osiguravaju poprečni pomak od  $\pm 0.25$  mm, refrakcija može skrenuti naše vizure za veličine koje u ovom slučaju ne možemo odrediti. Opažanjem s tačke 4 na I i II mogli bi iz sume kuteva u trokutu i srednjih pogrešaka na stanici odre-



Sl. 5

diti onu veličinu pogrešaka koja otpada na vanjske uvjete. Naravno, da u tom slučaju stupovi moraju biti nešto viši (iznad površine brane) tako, da s njih bude omogućeno opažanje. Ako pretpostavimo, na primjer, da na stanici srednja pogreška pravca računata po formuli

$$M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}}$$

iznosi  $\pm 0''.50$  za sredinu od »n« girusa, onda će srednja pogreška jednog kuta u trokutu iznositi:

$$m_k = \pm M\sqrt{2} = \pm 0''.71$$

dok će srednja greška zatvaranja ovog trokuta biti:

$$m_{\Delta} = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2}$$

gdje su  $m_1, m_2, m_3$ , srednje pogreške kuteva. Uzmimo da su one iste i iznose:

$$m_k = \pm 0''.71$$

tada dobijemo kao pogrešku neslaganja u trokutu:

$$m_{\Delta} = \mp m_k \sqrt{3} = \pm 1''.24$$

Veličine dobivenih nesuglasica u trokutima za sve serije mjerenja daje nam tabela 1. U posljednjem redu te tabele su izračunate predviđene nesuglasice, po prethodno objašnjenom postupku tako, da se lako mogu usporediti dobivene vrijednosti. Rimskim brojevima su označene serije mjerenja u tabeli 1 kao i u svim idućim tabelama, a arapskim brojevima 1—7 figure koje su uzete u izjednačenju.

Tabela 1.

	I	II	III	IV	V
1	— 3."2	+ 3."1	+ 2."6	+ 2."3	— 4."3
2	+ 3.0	+ 3.4	— 1.4	+ 2.3	+ 1.1
3	— 0.2	— 8.0	+ 0.7	— 0.2	— 1.5
4	— 0.8	+ 2.2	— 3.7	— 3.3	— 2.4
5	+ 5.9	+ 2.8	+ 0.2	+ 8.9	— 1.2
6	— 2.3	— 1.6	— 0.5	— 5.7	+ 3.5
7	+ 1.3	+ 1.7	+ 2.2	+ 1.2	— 0.5
	± 1."3	± 1."4	± 1."5	± 2."0	± 1."7

Prosječna srednja pogreška opažanog pravca na stanici iz 4 girusa za pojedinu seriju mjerenja vidi se iz tabele 2, a posljednji red te tabele daje srednje pogreške pravca dobivene nakon izjednačenja.

Tabela 2

	I	II	III	IV	V
m	± 1"08	± 1"16	± 1"21	± 1"63	± 1"43
M	± 0"54	± 0"58	± 0"61	± 0"81	± 0"71
	± 0"82	± 1"75	± 0"72	± 0"97	± 1"20

Iz komparacije ovih dviju tabela može se konstatirati izvjesno neslaganje. Prema srednjoj pogreški aritmetičke sredine mjerenog pravca morali ibo čekivati nesuglasticu u zatvaranju trokuta do  $\pm 2''$ , međutim one u nekim slučajevima daleko prelaze tu veličinu. Utjecaj pogreške centriranja instrumenta i značaka sveden je na minimum, pošto su postavljene uvijek iste značke na iste stupove. Možemo pretpostaviti, da je na različite veličine nesuglasica u najvećoj mjeri utjecala refrakcija, jer o sistematskim pogreškama u ovom slučaju ne možemo govoriti, a slučajne ne mogu dati ovakovu razliku.

Iz ove analize možemo jasno vidjeti kako je potrebno da se na gradilištu zadovolje i potrebe geodetskog projekta za izvršenje mjerenja. Nije rijedak slučaj da su pomaci uporišta brane osjetljive veličine (slučaj



kod brane Piave di Cadoro, [1]). Potrebno je stoga kontrolirati strane terena u koje se usjeklo tijelo brane. U našem slučaju tu funkciju su preuzeli stupovi I, II, V, VI, koji formiraju jedan centralni sistem oslonjen na stranu I—II, zajedničku sa prvim centralnim sistemom, koji kontrolira nepomičnost stupova za opažanje.

Sa svih ovih tačaka opažane su tačke za orijentaciju. Ta mjerenja povezana s onima na druge stupove mogu nam dati kontrolu pomaka pojedinačnih stupova iz razlike pravaca pojedinih mjerenja,

$$[(n-1) - \text{mjerenje}] - (n \text{ mjerenje}).$$

Upoređenjem tih rezultata možemo, kao prvo, konstatirati da nema pojave sistematskih utjecaja, a drugo da su veličine razlika po apsolutnim vrijednostima poredane kako slijedi:

0,0—0,5 . . . . .	112	razlika
0,5— 1,0 . . . . .	52	»
1,0— 2,0 . . . . .	60	»
2,0— 3,0 . . . . .	26	»
3,0— 4,0 . . . . .	22	»
4,0— 6,0 . . . . .	15	»
6,0—8,0 . . . . .	4	»

Ukupno 291 razlika

Prema tome od ukupnog broja razlika preko 50% se nalazi u granicama do 1,0, i što je normalno prevladavaju manje razlike nad većim. Ako ovu kutnu vrijednost pretvorimo u linearni pomak dobivamo:

dužina	200	300	400	500	600	700 m
pomak	0,96	1,44	1,92	2,40	2,88	3,36 mm

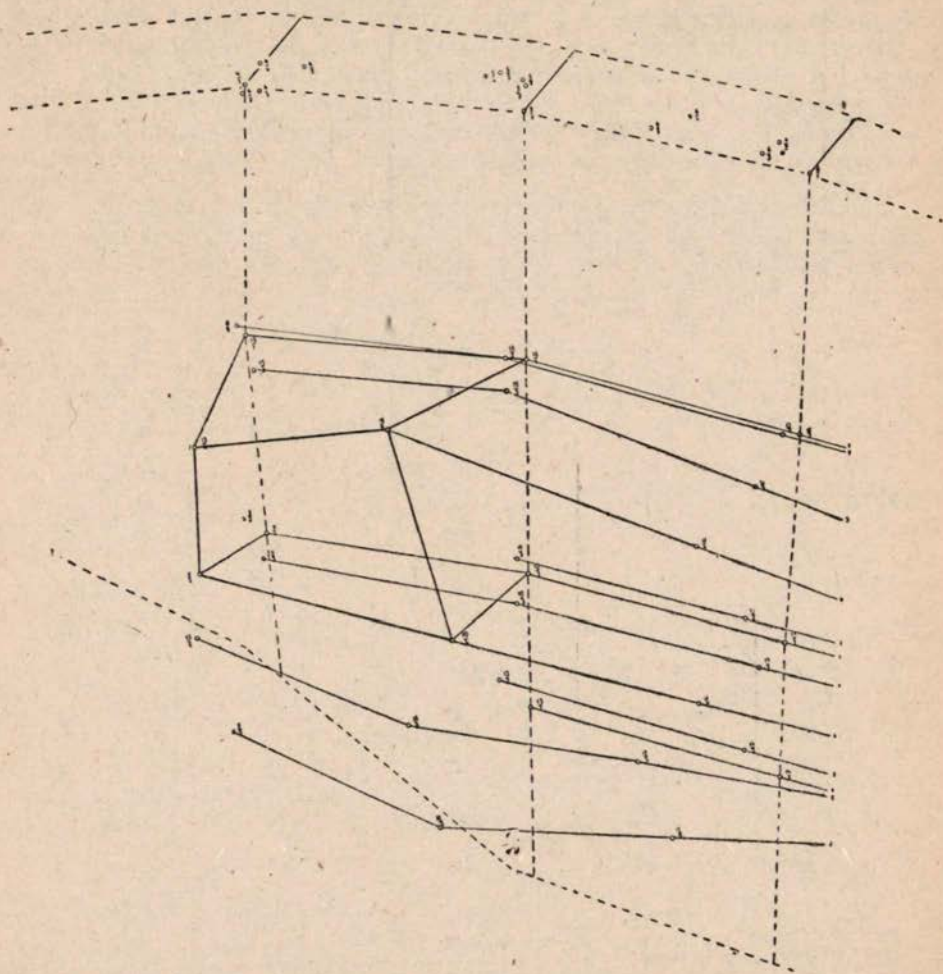
Srednja vrijednost dužine strana u prvom centralnom sistemu iznosi 462 m, a u drugom 267 m. Prema gornjem mogli bi očekivati pomak cca 2 mm. Ako pak uzmemo u obzir, da su srednje pogreške pravaca na stanicama u srednjem  $\pm 0,6$  onda se ova veličina svodi na linearni pomak manji od 1 mm, a to su veličine takovog reda, koje ne možemo uopće registrirati kao moguće pomake.

Prema slici 2 opažano je mnogo više pravaca nego je trebalo za izjednačenje. Svi su opažani pravci uzeti u razmatranje kod sastava razlike pravaca, a kod izjednačenja uzet je u obzir samo potreban broj pravaca i potrebne mreže su formirane u dva centralna sistema bez dijagonala.

Svi su pravci opažani zajedno tj. nisu izdvojeni pravci koji formiraju kuteve u mikrotriangulaciji od onih, koji su opažani radi kontrole pomaka brane. Opažanje je vršeno preko cijelog dana, kontinuirano. Prof. Boaga preporuča da se opažanja vrše samo u jutro i na večer, kako bi se izbjegao štetan utjecaj refrakcije. Noćna opažanja uopće ne preporučuje. Za pravilnu ocjenu rezultata mjerenja preporuča registriranje podataka o temperaturi, vlazi, atmosferskom pritisku i stanju naoblake. Na osnovu ovih podataka moći će se lakše povezati i razmotriti odnos



srednje pogreške na stanicama s nesuglasticama u trokutima. Ukupni pomaci stupova na brani — Peruča — nalaze se unutar 2—3 cm, za prve 4 serije mjerenja. Ovdje treba napomenuti, da opažanja za prve 4 serije nisu izvršena pri maksimalnim razlikama vodostaja. (Vodostaji su upisani u



Sl. 6

tabeli 6 — visinskih pomaka). Podaci nakon 5 serije mjerenja su u odnosu na one prve osjetno veći. U tom međuvremenu je vodostaj dosegao svoj maximum što je jasno ostavilo odraza na pomacima brane (sl. 6). Ako su srednje pogreške dobijene analizom manje ili jednake veličini očekivane prema podatku instrumenta i metodi rada pomnožene s 3, onda se ne može govoriti da su postojali neki realni pomaci, [1].

Na slici 6 je prikazana samo sredina brane, kako bi se mogao dobiti niz povezanih profila idući od krune do nožice. Taj uvjet je ispunilo



samo 11 tačaka postavljenih u tri profila i 4 reda. Moramo napomenuti, da tačke 13 i 14 nisu opažane u III, IV i V seriji mjerenja, jer je već bila podignuta strojarnica, koja je onemogućila mjerenja. Položaji stupova u pojedinim serijama su na slici spojeni linijama, pa njihove spojnice predstavljaju gotovo paralele, koje nam ujedno definiraju pomake. Vidimo da je spojnica pomaka iz pete serije mjerenja znatno udaljena od spojnice u prijašnjim serijama. Iz grafičkog prikaza svih pomaka izdvojeni su i debljim linijama spojeni pomaci tačaka 9, 10, 15, 16 u I i IV seriji mjerenja. Iz slike sada možemo lako vidjeti, da smo time definirali volumen koji na tijelu brane, uslijed pomaka po cijeloj površini povećava njene dimenzije na pokosima, uslijed slijeganja na kruni.

Iz naših podataka možemo samo konstatirati, da su pomaci u vertikalnom pogledu na kruni mnogo veći nego pomaci na njenim pokosima. U tabeli br. 3 dat je pregled horizontalnih, a u tabeli 6 vertikalnih pomaka za sve serije mjerenja.

Tabela 3

Mjerenje	(I—II) mm	(II—III) mm	(III—IV) mm	(IV—V) mm
Tačka 1	3.82	1.08	14.38	70.13
» 2	2.32	4.21	10.42	18.14
» 3	0.71	1.35	7.12	32.80
» 4	1.63	3.70	6.42	10.38
» 5	7.20	1.04	9.40	3.32
» 6	10.60	4.54	18.80	9.38
» 7	15.41	6.50	7.35	7.96
» 8	6.12	3.86	16.70	26.19
» 9	6.24	9.86	14.70	35.98
» 10	4.13	10.38	17.20	42.40
» 11	10.32	11.18	16.40	30.99
» 12	6.25	10.36	17.19	25.22
» 13	9.66	—	—	—
» 14	10.22	—	—	—
» 15	2.77	10.40	21.82	43.10
» 16	4.65	6.99	28.82	66.56
» 17	3.92	12.69	19.31	49.60

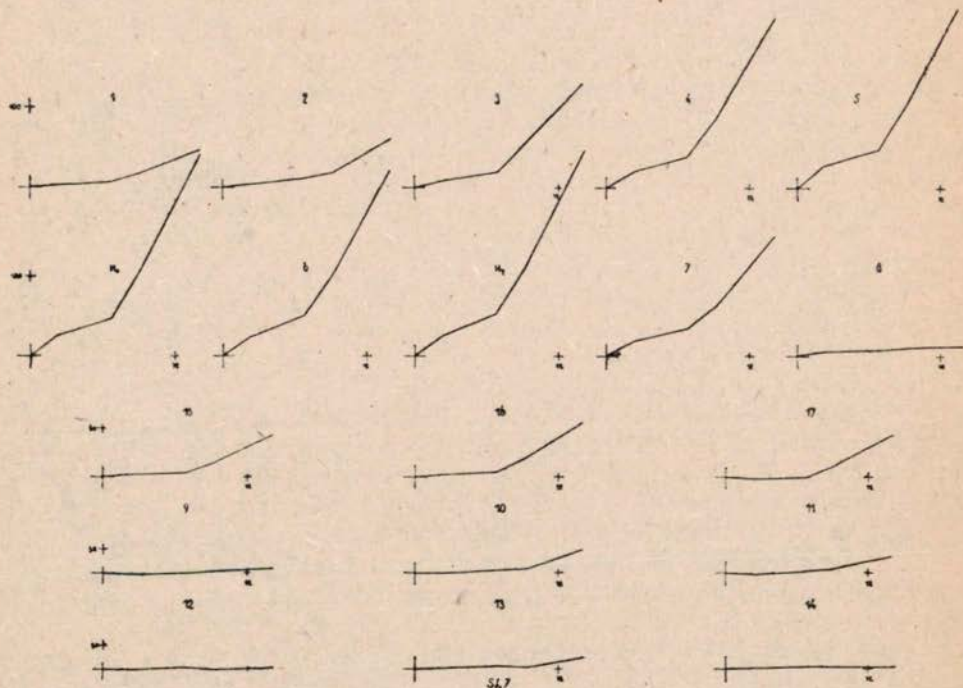


Kao što je već naglašeno, visinske razlike između stupova na brani su određene metodom geometrijskog nivelmana povezane na sedam vertikalno stabiliziranih repera. U načelu je primjenjivan klasičan način opažanja, s jednakim duljinama vizura, od čega se u pojedinim serijama mjerenja odstupilo samo kod nekih stupova na tijelu brane. U prvoj i drugoj seriji mjerenja su opažani svi stupovi »iz sredine«, a u ostalim serijama su samo visinske razlike između stupova na pokosu brane određene nesimetrično » kraja«.

U prvoj seriji mjerenja je korišten instrumenat Zeiss Ni B s plan-paralelnom pločom, u drugoj Zeiss Ni A s plan-paralelnom pločom, a u ostalim serijama nivelir Wild N3. Instrumenti su ispitivani i rektificirani na terenu prije samog rada. Tabela 4 nam daje pregled granica tačnosti do koje je izvedena rektifikacija:-

Tabela 4

I	II	III	IV	V
—	—	0,3 mm na 38 m	0,5 mm na 30 m	0,3 mm na 32 m



Sl. 7



Kod računске obrade odgovarajućih podataka uzeta je u obzir pravka uslijed te nerektificiranosti vizurnog pravca i glavne tagente na marci libele. Svi stupovi na brani i reperi br. 1, 3, 4, 5, su uključeni u četiri zatvorena poligona (uključujući i obodni) tako, da postoji sigurna mogućnost provjere dobivenih podataka. Nivelmanske strane 1—2, 1—6 i 3—7 nisu obuhvaćene zatvorenim poligonima. Tabela 5 daje nam pregled postignute tačnosti, to jest srednjih pogrešaka.

Tabela 5

	I	II	III	IV	V
Dvostruka mjerjenja	$\pm 2.50$	$\pm 1.48$	$\pm 1.10$	$\pm 1.34$	$\pm 1.13$
Zatvoreni poligoni	—	$\pm 0.96$	$\pm 0.53$	$\pm 1.24$	$\pm 1.72$
Vremenske prilike	sunčano, toplo	sunčano, pomalo vjetrovito	vjetrovito, kiša	oblačno, mirno	kišovito, pljuskovi, vjetar

Srednje pogreške su izražene u mm/km. U trećoj seriji mjerjenja je nesuglasica dvostrukog mjerjenja nivelmanske strane 3—7 povećala srednju pogrešku, a u četvrtoj seriji mjerjenja nesuglasica nivelmanske strane 3—4. Isključujući te nesuglasice dobili bi u trećoj seriji mjerjenja srednju pogrešku dvostrukog mjerjenja  $\pm 0.87$  mm/km, a u četvrtoj  $\pm 0.58$  mm/km. Analizirajući tabelu br. 5 vidimo, da je postignuta primjerna tačnost usprkos često loših atmosferskih prilika, slabijeg kvaliteta radnika i teških uvjeta kretanja, dok je opažać bio isti u svim serijama osim prve.

Da dobijemo uvid i pregled veličina visinskih pomaka pojedinih stupova izrađena je slika 7, na kojoj su naneseni pomaci (ordinata) kao funkcije vremena (apscisa). U gornja dva reda nalaze se pomaci stupova 1—8 i cijevi 1 i 2, a u trećem, četvrtom i petom redu pomaci odgovarajućih stupova na brani iz drugog, trećeg i četvrtog reda.

Numerički podaci za konstrukciju tih dijagrama se nalaze u tabeli 6. U tu svrhu su tabelu uključeni i reperi, datum opažanja i srednji vodostaj u retencionom jezeru. Pomaci su izraženi u mm, a sve se visine računaju u odnosu na reper 2, pa je pomak kod tog repera stalno jednak  $\pm 0$ .

Analizirajući podatke tabele 6, odnosno gledajući sliku 7, vidimo da su pomaci u prve tri serije mjerjenja veoma maleni, dok su u ostale dvije mnogo veći odnosno logičniji. Izuzetak čine pomaci cijevi 1 i 2, koji su već od prve serije mjerjenja osjetniji. Najveći su pomaci — slijezanje — na sredini krune brane, a prema bokovima su sve manji. Pomaci drugog, trećeg i četvrtog reda stupova su osjetno manji od onih na sredini krune brane.



Tabela 6

mjerena vrijeme vodostaj	I. — II. VII. 1959—X. 1959 337,35 320,60 mm		II. — III. X. 1959—II. 1960 320,60 334,14 mm		III. — IV. II. 1960—V. 1960 334,14 353,80 mm		IV. — V. V. 1960—X. 1960 353,80 340,90 mm		I. — V. Ukupni pomak mm	
Reper 1	+	0.7	—	2.3	+	0.3	+	0.7	—	0.6
„ 2	±	0.0	±	0.0	±	0.0	±	0.0	—	0.0
„ 3	+	1.2	—	2.1	+	1.8	—	1.4	—	0.6
„ 4	—	1.2	—	1.8	+	1.1	—	1.6	—	3.5
„ 5	—	1.2	—	0.3	—	1.3	—	0.1	—	2.9
„ 6	—	—	—	2.1	—	0.1	—	0.7	—	2.9
„ 7	—	—	—	4.3	+	3.2	—	—	—	1.1
Točka 1	+	3.5	+	4.3	+	10.1	+	28.9	+	46.8
„ 2	+	4.8	+	6.4	+	12.7	+	48.9	+	72.8
„ 3	+	9.7	+	9.7	+	24.5	+	84.4	+	128.3
„ 4	+	21.5	+	17.7	+	48.5	+	123.5	+	211.2
„ 5	+	27.8	+	21.3	+	54.6	+	138.6	+	242.3
„ 6	+	25.8	+	24.6	+	51.6	+	135.9	+	237.9
„ 7	+	16.8	+	17.5	+	27.3	+	90.1	+	151.7
„ 8	+	5.4	+	2.5	+	2.7	+	1.0	+	11.6
„ 9	—	1.2	+	1.1	—	1.7	+	7.5	+	5.7
„ 10	+	0.4	+	3.4	+	1.8	+	24.1	+	29.7
„ 11	—	1.3	+	2.1	+	3.1	+	15.8	+	19.7
„ 12	+	0.3	+	2.0	—	2.2	+	0.9	+	1.0
„ 13	+	1.2	+	1.9	—	1.1	+	11.5	+	13.5
„ 14	±	0.0	+	1.4	+	0.2	+	0.3	+	1.9
„ 15	+	2.8	+	1.7	+	13.2	+	34.7	+	52.4
„ 16	+	3.1	+	3.2	+	15.9	+	46.5	+	68.7
„ 17	—	1.7	+	2.5	+	14.1	+	39.6	+	54.5
cijev 1	+	26.2	+	20.6	+	60.2	+	145.8	+	252.8
„ 2	+	26.4	+	26.8	+	59.2	+	144.1	+	256.5

Međutim, pomaci u tabele 6, koji se odnose na repere, primaju u pretežnom broju isti predznak, a u ukupnom zbroju (pomak od prve do pete serije opažanja) zadržavaju uvijek isti predznak protivan onom kod stupova i cijevi.

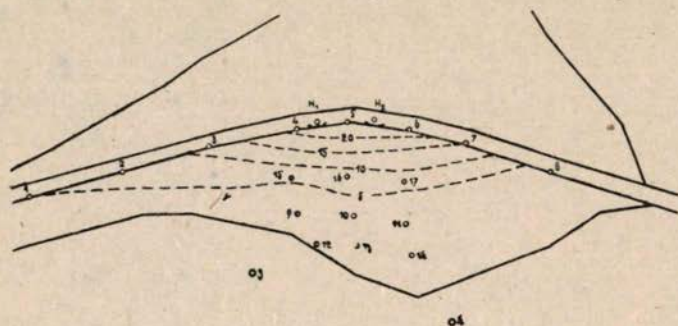
To bi značilo, pretpostavljajući da je polazni reper 2 ostao nepomičan, da ostali repere pokazuju laganu tendenciju uzdizanja ili se je reper 2 malo spustio, a ostali su zadržali svoj položaj. Obzirom na činjenicu, da je reper 2 jedan od najudaljenijih od brane, vjerojatnije je pretpostaviti, da su se bočni repere nizvodno od brane malo podigli uslijed velikog pritiska vode na bočne stijene.

Radi jasnog prikazivanja slijeganja cijele brane izrađena je slika 8, na kojoj su izvučene linije jednakog slijeganja na razmaku od 5 cm.

Svi već ranije izneseni podaci odnosno zaključci jasno se odražavaju i na toj slici. Najveće se slijeganje nalazi oko cijevi 1 i 2, a najmanje u podnožju brane.



Rezimirajući sve izloženo — obuhvativši horizontalne i vertikalne pomake — vidimo, da se brana H. E. Peruča nalazi tek u interesantnoj fazi za promatranje. Pretpostavljajući da će se ta opažanja normalno nastaviti još dulji interval vremena, mislimo da bi trebalo vršiti opa-



Sl. 8

žanja i kod ekstremnih vodostaja u jezeru, a svakako regularno i permanentno pratiti daljnja pomicanja.

#### LITERATURA:

1. G. Boaga: Strumenti e metodi di geodesia per il controllo delle grande dighe.

#### DIE BEOBACHTUNG DER BEWEGUNGEN DES STAUWERKES PERUČA

Dieser Aufsatz berichtet über die geodätischen Kontrollmessungen des Stauwerkes Peruča bei Sinj. Die Darstellung umfast alle Arbeiten, von dem Projekt bis zu den Rechnungen, mit speziellen Rückblick auf die theoretischen Bedingungen und Genauigkeit. Die Messungen sind im Jahre 1959 begonnen und mit sehr hoher Genauigkeit ausgeführt. Bisher sind fünf Reihen der Kontrollmessungen ausgeführt und in der Zukunft werden sie regelmässig fortgesetzt sein. In den Tabellen 3 und 6 sind die Ergebnisse der horizontalen und vertikalen Bewegungen eingetragen und die Abbildungen 6 und 8 stellen die Horizontal und Vertikalbewegungen dar.

## » GEOMEHANIKA «

Zanatska radnja za geodetske instrumente i pribor

ZAGREB, Trnjanska 37

Telefon: 38-598 - Tekući račun 40-KB-5-Ž-228