

METODA SIMULTANOG ODREĐIVANJA POMERANJA TAČAKA ZA OPAŽANJE I SIGNALNIH TAČAKA KOD ODREĐIVANJA DEFORMACIJA GEODETSKIM METODAMA*

I UVOD

Sa intenzivnom gradnjom velikih objekata nastala je potreba kontroliranja njihove stabilnosti za vrijeme gradnje a također i kasnije. Pored merenja relativnih deformacija u unutrašnjosti objekta, koja se obično mogu izvesti jednostavnim mjerenjima, često je potrebno odrediti iznos apsolutnih deformacija, tj. celokupnog pomeranja objekta. Posebno i vrlo često javlja se taj problem npr. kod dolinskih pregrada, visokih industrijskih objekata, mostova itd.

Kada možemo izvesti relativna merenja u unutrašnjosti samog objekta, potrebno je priključiti apsolutna merenja na tačke koje se nalaze izvan zone pomeranja. U toj zoni se kod velikih objekata često nalazi sva bliža okolina. Zato je potrebno potražiti tačke izvan utjecaja pomeranja u dovoljnoj udaljenosti. Određivanje apsolutnog pomeranja objekta prema tim odgovarajuće udaljenim stabilnim tačkama moguće je izvesti preciznim geodetskim merenjima. Poznato je da su takvi radovi, usled svojih obsežnih opažanja i kompliciranih računanja, vrlo skupi. Kod pristupanja takvim merenjima potrebno je ustanoviti dali su troškovi za eventualnu sanaciju objekta u srazmernoj proporciji sa troškovima za izvršenje preciznih geodetskih merenja.

II OPŠTI POJMOVI

Često je izvođenje geodetskih merenja, radi šablonskog postupka, neopravdano komplicirano. Uzrok tome je u nedovoljnoj predhodnoj analizi stanja. Obično se postavlja samostalna mikrotriangulacija u kojoj se uključe stabilne tačke, koje se nalaze izvan zone deformacija. Ta mreža se strogo samostalno izravna i obično priključuje kao čvrst sistem na državnu trigonometričnu mrežu. Između tako određenih kontrolnih tačaka i objekta postavljaju se tačke za opažanje, koje se mogu nalaziti u zoni eventualnih pomeranja. Kontrolne i tačke za opažanje stabili-

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

ziramo dobro fundiranim betonskim stubovima, koji imaju posebno pripravljene uređaje za tačno centrisanje teodolita odnosno signalnih značaka. Pomeranje unutrašnjih stubova za opažanje, određuju se pomoću merenja sa stabilnih stubova presecanjem napred. Na objektu su obično pravilno raspoređene precizno signalizirane tačke tzv. signalni reperi. Zadatak je da se odredi prostorno pomeranje tih repera. Pomeranja signalnih repera određuje se pomoću merenja stubova za opažanje takođe presecanjem napred, gde moraju biti opažanja predhodno korigirana radi eventualnih pomeranja stubova za opažanja. Pošto se položaj svih tačaka (kontrolnih, za opažanje i signalnih) radi pomeranja neznatno menja, možemo zameniti računsko određivanje pomeranja, presecanjem napred, sa upotrebom jednostavnih smernih dijagrama (1). Pri tome se neposredno očitaju pomeranja grafički u dovoljno povećanoj razmeri.

Kod tog načina merenja nastaju sledeći izvori pogrešaka:

1. Centriranje teodolita na kontrolnim stubovima,
2. Centriranje signalnih značaka na stubovima za opažanje,
3. Viziranje i čitanje orijentacionih pravaca (na udaljene dobro vidljive tačke),
4. Viziranje i čitanje pravaca na opažane tačke,
5. Centriranje teodolita na stubovima za opažanje,
6. Centriranje signalnih značaka na kontrolnim stubovima,
7. Viziranje i čitanje pravaca na kontrolne stubove,
8. Viziranje i čitanje pravaca na signalne repere.

Pod greškom viziranja smatramo grešku radi nepreciznog, odnosno slabo vidnog signala (fazni skok), uticaj refrakcije, lična greška uravnanja končanice na signalnu značku i uticaj nekih instrumentalnih grešaka.

Iz navedenih izvora grešaka vidi se takođe redosled radnih operacija kod opažanja. Broj izvora pogrešaka i ekonomičnost opažanja zavisi pretežno od broja stanica teodolita; zato neka bude to ograničeno na neophodni broj potreban za dobijanje rezultata i kontrole.

Umesto većeg broja nezavisnih prekobrojnih opažanja bolje je povećati tačnost manjega broja opažanja.

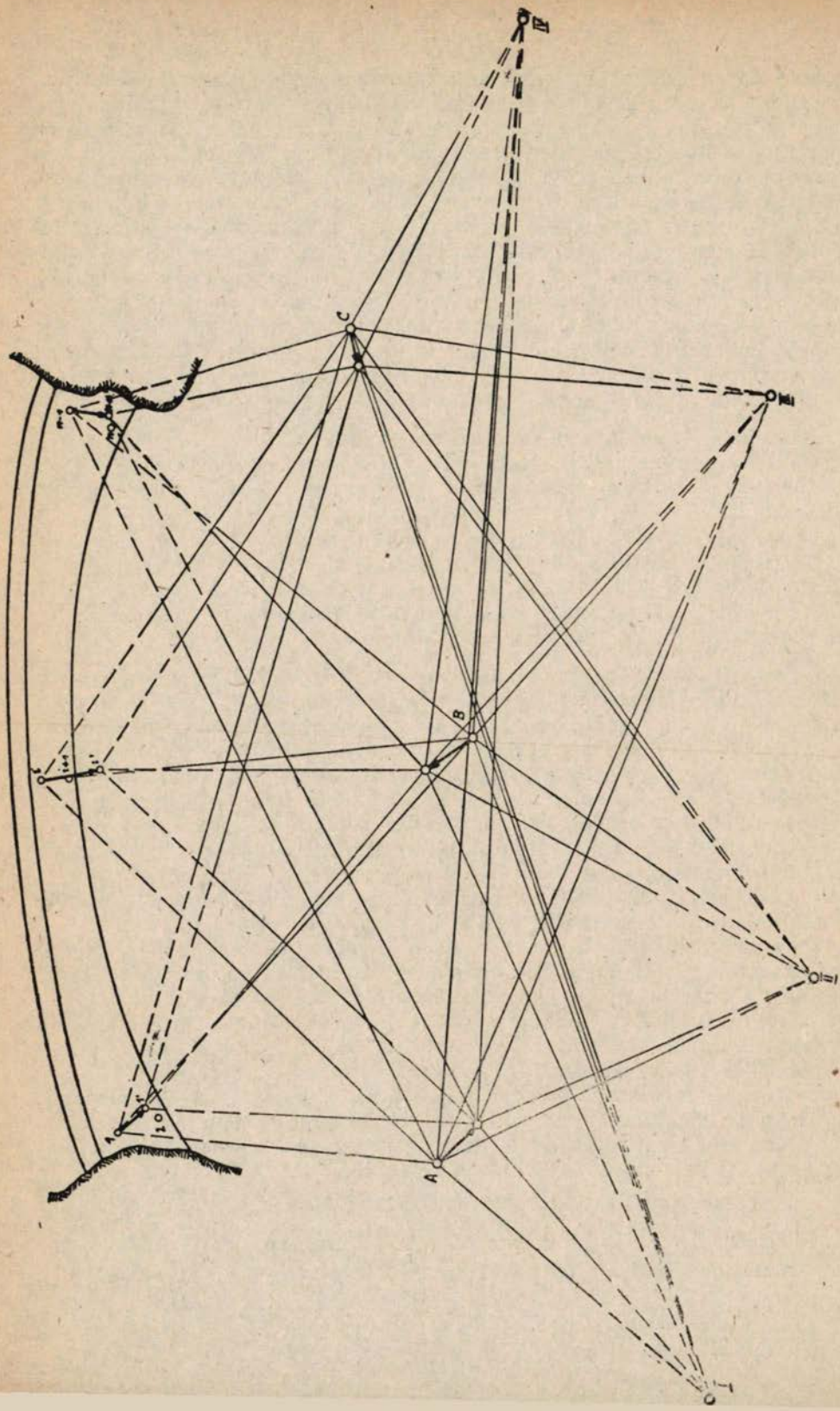
Kod povoljnih terenskih prilika može se smanjiti opseg opažanja smanjenjem broja stajališta teodolita; time se smanjuju takođe i izvori pogrešaka. Neka npr. raspored kontrolnih repera (I, II, ... IV) i stubova za opažanje (A, B, D) odgovara slici 1. Kontrolni reperi imaju stalno ugrađene signalne značke, koje su osigurane od oštećenja.

Dobro je ako su tubovi za opažanje opremljeni sa posebnim podnožnim pločama, koji služe za opažanje (A, B, C) na kontrolne i signalne repere. Na osnovi unutrašnjih pravaca na kontrolne repere (I...IV) određuju se eventualni poamci stajališnih tačaka (-A, B, C), a pomoću pravaca na signalne repere (1, 2...n) pomeranje signalnih tačaka.

Kod povoljnih terenskih prilika smanjuje se broj stanica na tri; neophodno su potrebne dve, jedna je kontrolna.

Preostali izvori grešaka kod opažanja su sledeći:

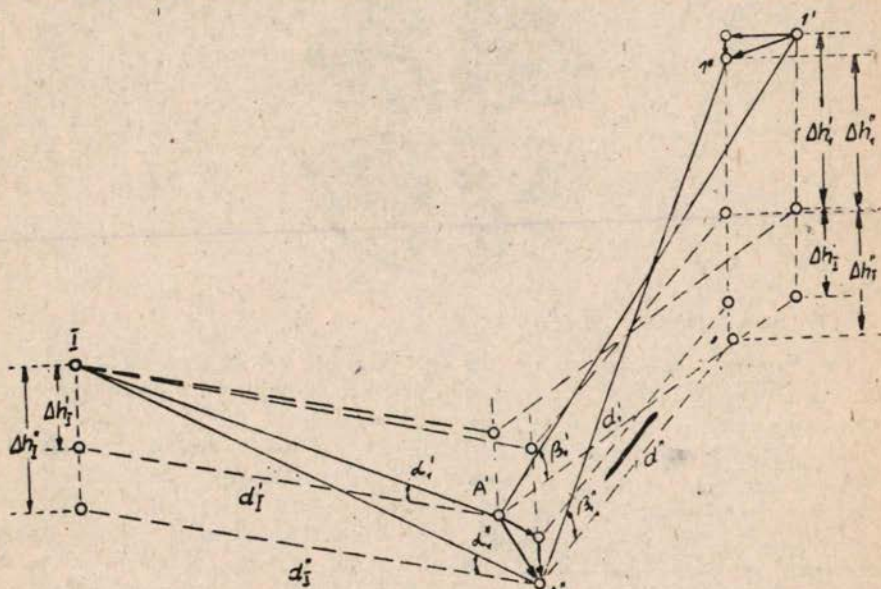
1. Viziranje i čitanje pravaca na kontrolne repere,
2. Viziranje i čitanje pravaca na signalne repere.



Točnost centriranja teodolita ne utiče na rezultat, jer se odražava kao pseudo-pomeranje stubova za opažanje. Pravci na signalne repere dobijaju zato odgovarajuće popravke.

Računsku obradu opažanja moguće je pojednostaviti grafičkim metodama i konstrukcijama. Upotrebom ovih grafičkih metoda možemo unapred odrediti potrebnu tačnost opažanja pravaca odnosno uglova da bi dobili unapred postavljenu tačnost pomeranja.

Vertikalna pomeranja određujemo na osnovu visinskih razlika između kontrolnih i signalnih repera trigonometrijskim putem. Sa stubova za opažanje opažamo vertikalne uglove na kontrolne i signalne tačke.



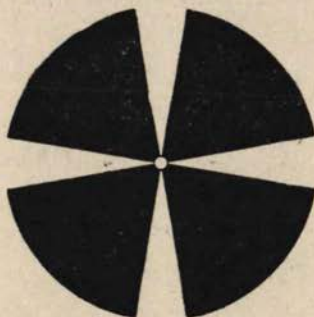
Sl. 2

Na osnovu usvojenih približnih rastojanja određujemo visinske razlike između kontrolnih i signalnih tačaka (slika 2). Kod računanja odgovarajućih visinskih razlika za sledeća periodična opažanja potrebno je predhodno usvojena približna horizontalna rastojanja između tačaka korigirati za dužinske komponente horizontalnih pomeranja tačaka. Razlika između prvobitne i novoodređene visinske razlike predstavlja vertikalno pomeranje.

III TERENSKJE PREDRADNJE

Položaji signalnih tačaka, koje određuje građevinska ustanova, označavaju se trajnim dobro vidljivim znacima (npr. sl. 3). Konusni metalni vrhovi nisu preporučljivi, jer nastupaju, pri promeni osvetljenja i pored zaštite od sunčanog osvetljenja, osetni fazni skokovi. Najugodniji

oblik značaka bio bi oblik končanice teodolita na transparentnoj osnovi. Ove bi trebalo sa suprotne strane veštački osvetliti. To bi omogućilo pored homogenog osvetljenja cele značke još i noćna opažanja kada su povoljniji uslovi za opažanje. Značke treba da budu približno orijentirane prema simetrali ugla, koga zatvaraju pravci od odgovarajuće značke prema krajnjoj levoj (A) i krajnjoj desnoj (C) tački za opažanje. Kada se opažanja ne vrše treba značke zaštititi zaštitnim poklopcima.

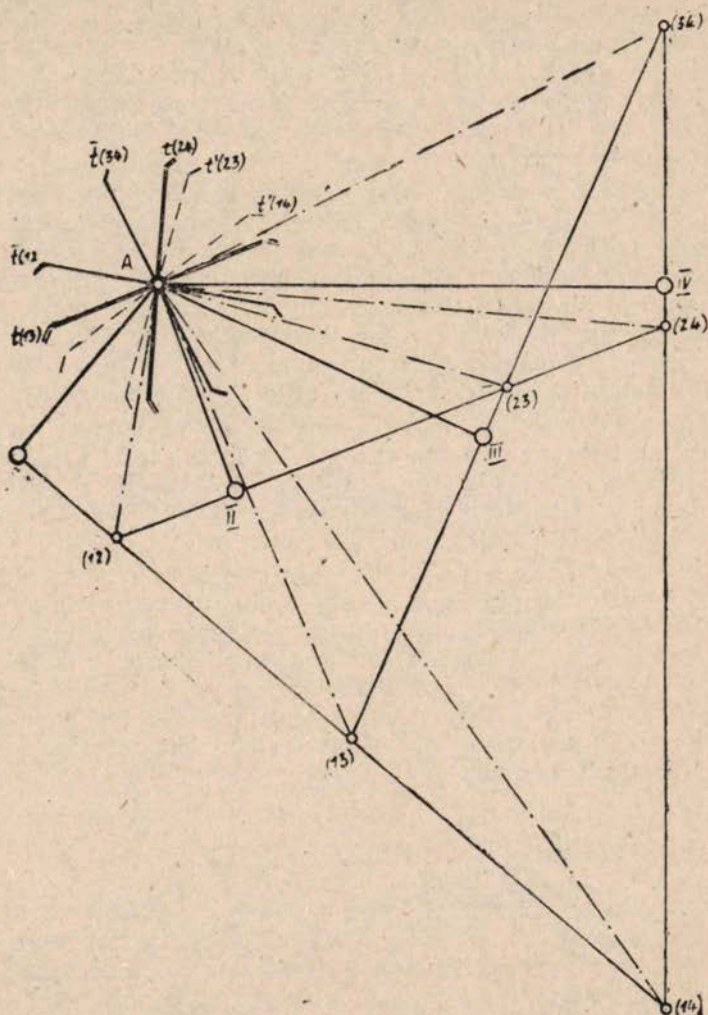


Sl 3

Određivanje položaja stupova za opažanje (A B C) zavisi od rasporeda signalnih repera i od terenskih prilika. Neophodno su potrebna dva stupa za opažanje, ali za kontrolu potreban je još jedan. Težnja je da se te tačke nalaze čim bliže objektu i da su povoljni preseki pravaca (presecanje napred). Treba izbegavati uticaj refrakcije. Broj opažanja u stvari ovisi od rastojanja između stubova za opažanje i signalnih repera. Poznato je, da se broj opažanja potrebnih za dobijanje neke tačnosti »a priori« menja proporcionalno kvadratu udaljenosti. Tako npr. kod dvostruke udaljenosti između stubova za opažanje i signalnih tačaka potrebno je četiri puta više opažati. Drugi faktor, od koga zavisi položaj stubova za opažanje je rastojanje kontrolnih repera od objekta. Kontrolni reperi moraju da se nalaze izvan zone pomeranja. Radi simetričnog rasporeda opažanja zgodno je ako su stubovi za opažanje približno na sredini između kontrolnih i signalnih repera (sl. 1). Da bi preseki pravaca bili povoljni, dobro je da se npr. srednji stub (B) postavi, u odnosu na spojnicu oba krajnja (A, C), nešto pomaknut unazad. Pri izboru preseka potrebno je uzimati u obzir sve moguće kombinacije pravaca. Visina stubova neka iznosi približno 1,30 m, posebno fundiranje nije potrebno. Moguće je vršiti opažanja neposredno sa stativa; u tom slučaju moraju biti tačke za opažanje precizno označene i prikladno stabilizirane. Centriranje se vrši optičkim ili mehaničkim viskom. Ali taj način nije preporučljiv radi nestabilnosti stativa za vreme opažanja.

Za kontrolu repera posebno je važno da su izvan zone pomeranja i da nije bliža okolina izložena dinamičkim opterećenjima (železnica, cesta, industrijski objekti). Predpostavljamo da su te tačke apsolutno stabilne. Za određivanje pomeranja tačaka za opažanje kod povoljnih terenskih prilika neophodno su potrebne tri kontrolne tačke

(presecanje nazad); četvrta služi za kontrolu. Kontrolne tačke neka budu signalizirane isto kao i signalni reperi. Veliku pažnju treba posvetiti osiguranju kontrolnih repera protiv oštećivanja (zaštitni poklopci). Raspoređuju se tako da su presecanja nazad u tačkama za opažanje čim povoljnija. To će se ostvariti kada budu povoljni preseci odgovarajućih opisanih



Sl. 4

krugova. Oni se radi uproščavanja grafičke konstrukcije zamenjuje tangentama. Za tačku A je npr. ispitivanje povoljnog preseka tangenata sledeći (sl. 4). Povučemo pravac iz tačke A prema kontrolnim tačkama (I..... IV); situacija tih tačaka određuje se npr. tahimetrijski i to približno. Preko tačaka I....IV spustimo normale na pravce koje polaze iz tačke A. Ove se seku u tačkama (1, 2), (1,3), (1,4) 2,3), (2,4) i (3,4). To

su za tačku A diametralne tačke opisanih krugova oko trouglova (A I II), (A I III), (A I IV), (A II III) (A II IV) i (A III IV). Spojnica tih tačaka sa tačkom A predstavlja prečnik spomenutih krugova. Odgovarajuće tangente dobijemo, ako iz tačke A spustimo normale na te prečnike. Na taj način dobijamo 6 tangenata. Od tih su po dve između sebe nezavisne i to t_{12} , t_{34} , odnosno t_{13} , t_{24} . Neophodno su potrebne dve tangente, treća služi za kontrolu. Između nezavisnih tangenata izabraćemo onaj par koji ima povoljniji presek (t_{13} , t_{34}) i kod kojeg su rastojanja od tačke A do odgovarajućih tačaka najkraća. Obično ćemo izabrati kompromisno rešenje između oba zahteva. Po istom kriterijumu izabraćemo treću zavisnu tangentu kao i za prve dve (t_{12}).

Za tačke B i C postupak je isti. Treba potražiti takav raspored kontrolnih repera I...IV, da budu preseki odabranih tangenata u svim opažavajućim tačkama optimalni. Sa nešto prakse moguće je brzo oceniti potrebna pomeranja kontrolnih tačaka. Mogao bi se rešavati optimalni raspored kontrolnih tačaka i onih za opažnje kompleksno, ali to nema praktičnog značaja. Iz kasnijih izvođenja videće se, da sa prikladnim organizovanjem opažanja možemo kompenzirati znatna odstupanja od optimalnih odnosa i to sa pooštrenjem kriterijuma tačnosti.

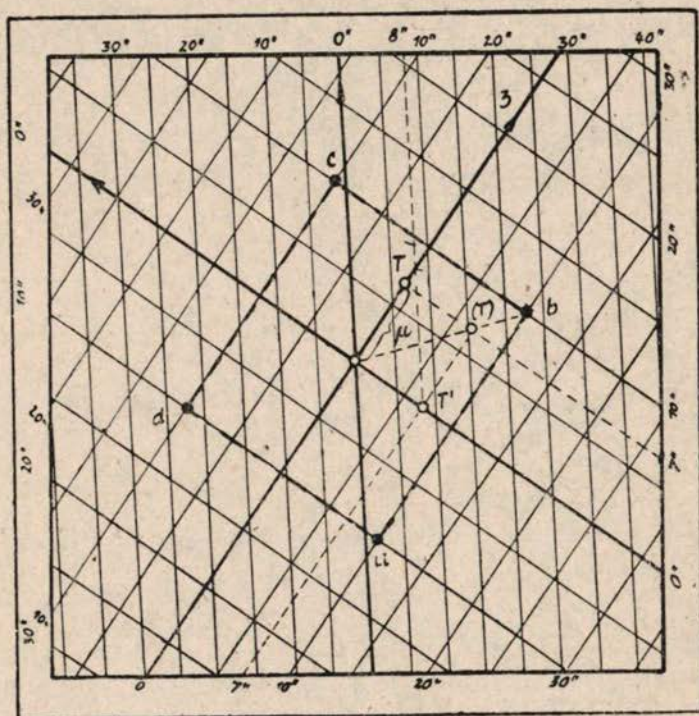
Radi preglednosti kod opažanja sve se tačke (signalne, za opažanje, i kontrolne) označe sa primerno velikim brojevima odnosno drugim znacima tako, da su dobro vidljive sa tačaka za opažanje. Potrebno je još odrediti situaciju definitivnog opažavajućeg sistema. Ona se može odrediti tahimetriskim ili trigonometrijskim putem.

Za trigonometrijsko određivanje potrebno je približno izmeriti neku udaljenost između dva kontrolna repera, koja će služiti kao baza (sa tačnošću 1 : 100 do 1 : 1000). Za kontrolu se izmeri još jedna zgodno izabrana dužina (kontrolna baza) u sistemu za opažanje. Položaje svih tačaka u ovoj mreži računamo približno na osnovu izmerene baze i tačno merenih uglova. Izravnjanje mreže nije potrebno. Tačnost u merenju baze prouzrokuje malu promenu u razmeri celog sistema, što ne utiče na tačnost određivanja pomaka.

IV KANCELARIJSKE PREDRADNJE

Izradi se situacioni plan u većoj razmeri. Pregledno se registriiraju približno određene horizontalne dužine od tačaka za opažanje do kontrolnih i signalnih repera. Na osnovu situacionog plana izaberu se povoljni pravci za presecanje i konstruiraju, za signalne repere, odgovarajući smerni diagrami (1), i za tačke za opažanje, tzv. tangentni diagrami (2). Poslednji su analogni smernim dijagramima i služe za određivanje manjih pomeranja kod presecanja nazad. Svi se diagrami pažljivo konstruiraju tako, da su horizontalne linije milimetarskog papira paralelne sa uzdužnom osovinom objekta. Time će biti omogućeno neposredno čitanje uzdužne i poprečne komponente pomeranja. Razmera diagrama neka bude npr. 10 : 1 ili veće. Upotreba smernih i tangentnih diagrama je ista s time što se kod smernih diagrama uvode promene pravaca za presecanje napred, kod tangentnih pak promene u uglovima za prese-

canje nazad. Slika 5 prikazuje smerni odnosno tangentni diagram za tri pravca odnosno tri tangente. Pomoću tih diagrama moguće je sastaviti program tačnosti opažanja. 1, 2 i 3 su pravci (tangente) na neku tačku (sl. 5). Predpostavimo, da je tačnost tih pravaca $\pm 10''$. Tačnost tačke određene pomoću pravaca 1 i 3 predstavljena je elipsom, koja je upisana u pravougaoniku (a, b c i d).



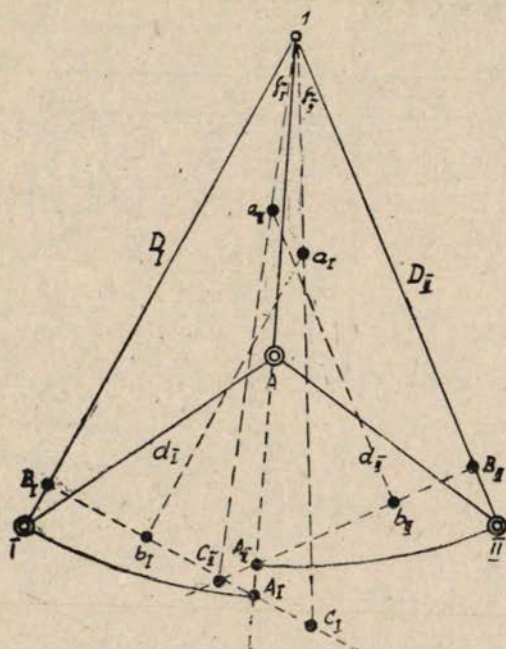
Sl. 5

Na dužu osovinu pravougaonika (smer 3) nanosimo iz sredine zahtevanu odnosno usvojenu tačnost određivanja pomeranja (μ) u razmeri 100 : 1. Za dobijenu tačku T odnosno T' očitamo sa interpolacijom odgovarajuće pomeranje pravca odnosno tangente 1 i 3 ($7''$); za oba pravca odn. ugla predpostavljena je ista tačnost opažanja. Očitane vrednosti treba deliti sa 10, jer je bilo pomeranje μ nanašano u razmeri 100 : 1. Za treći kontrolni smer odn. tangentu 2 sa interpolacijom se očitava ona vrednost za T i T' koja ima veću absolutnu vrednost ($8''$). Isto i to treba podeliti sa 10. Greške koje pri ovome nastaju radi uprošćenja, su u prilog tačnosti.

Radi određivanja prenosa grešaka pomeranja tačaka za opažanje na pomeranje signalnih repera, potrebno je odrediti pomeranja tih tačaka

sa povećanom tačnošću. Stepem povećanja tačnosti opažanja određuje tzv. faktor K. Taj se faktor određuje na sledeći način:

Označimo sa »v« celu grešku pravca iz tačke A. Greške u pravcima na kontrolne repere uzrokuju grešku u položaju tačke A. Usled toga se



Sl. 6

pomeri smer na signalnu tačku 1 (slika 6). Ako pri tome uzmemo u obzir još grešku opažanja pravca na tačku 1 dobićemo:

$$v_1^2 = (nm_A \cos \gamma)^2 + m_1^2$$

gdje je $n'' = D_I / d_I$, m_A = pomak pravca usled položajne greške tačke A, m_1 = pomak pravca usled greške u opažanju na tačku 1. Opšte važi odnos $m_A \geq m_1$; za uprošćenje izvođenja predpostavimo, da je $m_A = m_1 = m$. Sa rešenjem gornje jednačine po m dobijemo:

$$m = \frac{v_1}{\sqrt{1 + n^2 \cos^2 \gamma}} = K \cdot v_1$$

$$\text{gdje je } K = \frac{1}{\sqrt{1 + n^2 \cos^2 \gamma}} = \frac{d_I}{\sqrt{d_I^2 + D_I^2 \cos^2 \gamma}}$$

Faktor K možemo odrediti i grafičkim putem.

Produžimo smer $1 \overline{A}$ i na taj smer nanesemo iz tačke 1 dužine $D_I, D_{II} \dots$. Iz dobijenih tačaka A_I, A_{II}, \dots spustimo normale na $D_I, D_{II} \dots$. Kao nožišta tih normala dobijamo tačke $B_I, B_{II} \dots$. Pravce $\overline{B_I A_I}, \overline{B_{II} A_{II}} \dots$ po potrebi produžimo i na njih nanesemo iz tačaka B_I, B_{II} udaljenosti $d_I, d_{II} \dots$. Dobijene tačke C_I, C_{II} spojimo sa tačkom 1 i na spojnice nanesemo jedinicu mere iz tačke C_I, C_{II} . Kroz tako dobijene tačke povučemo paralele sa smerom D_I, D_{II} na preseccima sa stranicama $B_I C_I; B_{II} C_{II}$ dobijamo tačke b_I, b_{II} . Tražene vrednosti faktora K predstavljaju dužine $b_I C_I, b_{II} C_{II}$.

Faktor K određujemo za orjentacione pravce (na kontrolne tačke) i to na što udaljenije tačke i one koje su u smernim i tangetnim diagramima uzete u obzir. Taj faktor je isti za sve kombinacije pravaca kod kojih je proporcija $D \cos \gamma : d = n$ konstantna. Zato ga određujemo samo za one kombinacije pravaca sa različitom proporcijom n .

Što su tačke za opažanje bliže signalnim reperima, tim je veći faktor povećanja tačnosti. Iz ovog sledi, da je pri satavljanju programa tačnosti opažanja potrebno dobijene vrednosti iz smernih i tangentialnih diagrama pomnožiti sa faktorom povećanja tačnosti odnosno što je jednostavnije, uvesti u smerne i tangentialne diagrame pretpostavljenu tačnost određivanja pomeranja, neposredno pomnoženu s faktorom »K« μ i tako očitati odgovarajuće vrednosti.

Opisani postupak možemo rešiti obratnim putem. Polazeći iz neke pretpostavljene tačnosti opažanja možemo obratnim putem odrediti tačnost pomeranja signalnih repera. Sa normalnim i obratnim postupkom moguće je naći kompromisno rešenje između kvaliteta i ekonomičnosti merenja. Pomoću analize tačnosti izaberemo za merenje najprikladniji instrument. U tu svrhu se upotrebljavaju instrumenti velike tačnosti (na pr. WILD, KERN, DKM — 3, ZEISS Tolo...). Potrebno je detaljno laboratorijsko ispitivanje izabranog instrumenta. Posebnu pažnju treba posvetiti nepromenljivosti vizurne osi kod fokusiranja durbina. Ako poznajemo grešku u jednom opažanju pravca ili ugla, a na osnovu predhodne analize grešaka za pojedine pravce odnosno uglove, možemo na osnovu poznatog zakona iz teorije grešaka odrediti broj odgovarajućih opažanja. Ti brojevi se pregledno registriraju. Ako opažanja vrše razne osobe potrebno je da se ustanovi lična sistematska greška opažanja.

Posebni program tačnosti opažanja za određivanje vertikalnih pomeranja signalnih tačaka nije potreban jer je zahtevana tačnost obično dostižna, kod manje nagnutih pravaca, bez poteškoća. Visinska razlika za svaku signalnu tačku neka se određuje nezavisno obzirom na makar dve kontrolne tačke i iz dve tačke za opažanje. Za određivanje visinskih razlika izaberu se najkraći smerovi s najmanjim nagibom. Njihova tačnost neka bude približno 1,5 puta veća od željene tačnosti određivanja vertikalnih pomeranja.

V OPAŽANJA

Opisani način sastava programa tačnosti opažanja ne odgovara strogoj teoriji prenosa grešaka, ali zadovoljva nameni. Strogim načinom bi zadatak nepotrebno komplicirali i proširili.

Teodolit neka bude zaštićen od neposrednog uticaja sunčanih zrakova. Metode merenja najzgodnije je po stavovima. Svu pažnju treba posvetiti opažanju pravaca. Opažanja treba vršiti sa najvećom pažnjom: preporučljivo je dvojno fokusiranje durbina, dvojno uravnanje končаницe na cilj, dvojno koincidiranje mikrometra i dvojno čitanje za svaki smer. Postignuta tačnost neka se kontrolira uporedo; pravci odnosno uglovi za koje je postignuta predviđena tačnost, izdvajaju se iz daljih opažanja. Merenje horizontalnih pravaca neka se neprekidno za vreme opažanja sa iste stanice jer predstavljaju celinu (jedno centriranje i horizontiranje za sva stajališta). Opažanje horizontalnih pravaca i uglova mogu se izvesti odvojeno od merenja vertikalnih uglova, ali neka budu vremenski razmaci čim kraći, da u međuvremenu ne nastupe nova pomeranja. Kod merenja vertikalnih uglova potrebno je posvetiti pažnju visinskoj libeli. Ta neka bude tačno uravnanā pred i po čitanju vertikalnog kruga.

Povoljno je da se teodolit tačno centrira na tačkama za opažanje, i ako manja ekscentričnost ne utiče na rezultat. Veliku pažnju treba posvetiti horizontiranju teodolita. Nevertikalnost alhidadne osi prouzrokuje ekscentričnost preseka triju osi teodolita; za vreme opažanja horizontalnih pravaca neka se ne vrše nikakva popravljanja u horizontiranju instrumenta. Sve značke na kontrolnim i signalnim tačkama potrebno je prikladno zaseniti (ili osvetliti) tako da su jednako osvetljene.

Preporučuje se da se pre početka opažanja ponovo ispita instrument i odredi stvarna tačnost viziranja neposredno na signalnim i kontrolnim reperima. Kod opažanja sa stativa treba posvetiti najveću pažnju stabilnosti.

Redosljed opažanja prilagođava se svetlosnim uslovima (položaj sunca). Radi eventualnih grešaka optičkog mikrometra i horizontalnog kruga preporučuje se da se opažanja vrše kod istih očitavanja.

Visine teodolita (presek triju instrumentalnih osa) kod periodičnih opažanja se u nekoliko razlikuju. To nastupa radi različitih položajnih zavrtnja. Ali to ne utiče na određivanje iznosa vertikalnih pomeranja jer se oni određuju na osnovu visinskih razlika između kontrolnih i signalnih repera.

VI KANCELARISKI RAD (NAKON OPAŽANJA)

Potrebno je najprije kontrolirati opažanja zatim orijentirati pravce i izračunati uglove. Uzimaju se u obzir eventualne popravke usled ličnih grešaka. Pravci na signalne tačke orijentiraju se prema najudaljenijoj kontrolnoj tački. Zatim sledi računanje aritmetičkih redina i pripadajućih srednjih popravaka, koje se onda upoređuju sa programom tačnosti opažanja. Iz tih upoređivanja vidi se dali odgovara tačnost opažanja pretpostavljenim zahtevima.

Za presek pravaca natrag računaju se razlike u uglovima iz dvaju uzastopnih periodičkih opažanja.

Te razlike se sa njihovim predznacima uvedu u tangentne diagrame. U preseku (povučenih) tangenata nalazi se novi položaj opažane tačke. Tri tangente moraju da se seku u zajedničkoj tački u granicama predviđene tačnosti (kontrola).

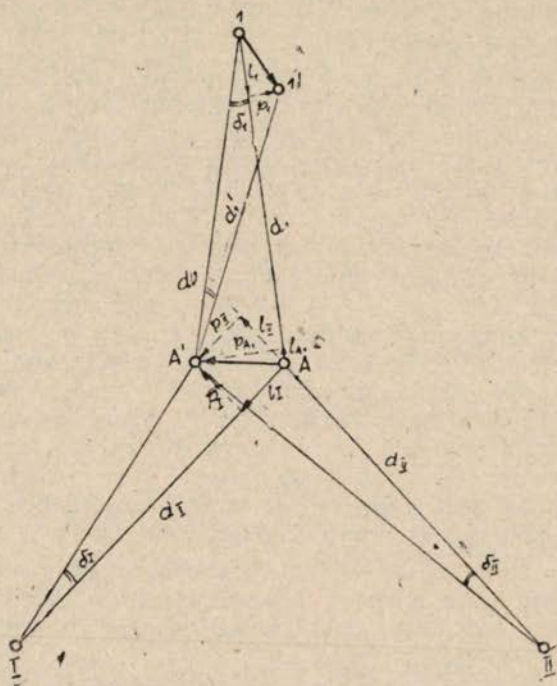
Potrebno je reducirati prethodna opažanja na nove (pomaknute) položaje opažanih tačaka. To je u stvari centriranje pravaca sa ekscentrične stanice na centar. Iznosi ekscentričnosti su vrlo mali, zato je moguće izvesti centriranje na jednostavan polugrafički način. Tangentni diagraman, koji je konstruiran na milimetarskoj mreži orijentiranoj po kordinantnim osama usvojenog sistema (X osa je uzdužna os objekta); položimo s kordinatnim početkom na odgovarajuću tačku za opažanje na situaciskom planu i orijentiramo. Položaj pomaknute tačke prepikiramo na situacioni plan. Isto postupamo sa ostalim tačkama. Na taj način dobijemo na situaciskom planu vektore horizontalnih pomeranja u razmeri na pr. 10:1 (sl. 7). Te vektore rastavimo grafičkim putem na komponente, u smeru kontrolnih i signalnih tačaka (1) i upravno na te pravce (p). Za računanje popravaka pravaca δ_I izmerimo upravnu komponentu d (uzimamo u obzir razmeru). Iz registara dužine uzmemo odgovarajuću dužinu d^I . Odgovarajuća popravka pravca $\delta_I = p_I \varrho''/d_I$. Na taj način odredimo popravke za sve pravce. Pravcima prethodnih opažanja dade-mo spomenute popravke uzimajući u obzir predznak.

Zatim se računaju razlike između novo orijentiranih pravaca (dv) i predhodnih, centrirane na nove tačke za opažanje. Pravci se orijentiraju na najudaljenije kontrolne tačke. Te razlike pravaca uvedemo u smerne diagrame.

Pomaknuti pravci moraju se u granicama predviđene tačnosti seći u zajedničkoj tački (kontrola). Ta tačka označava pomaknuti položaj signalne tačke u razmeri na pr. 10:1. Isti postupak ponovimo za sve ostale signalne tačke. Smerne diagrame položimo analogno tangentnim na odgovarajuće tačke situaciskog plana i orijentiramo ih. Novo dobijene tačke prepikiramo na situaciski plan. Dobijeni vektor (11^{\rightarrow}) projiciramo na pravce onih opažanih tačaka (A), sa kojih se za odgovarajuću signalnu tačku (1) određuje vertikalno pomeranje. Određivanje horizontalnih vektora pomeranja sa tim je završena. Za svako periodično opažanje izrađuje se grafički prikaz pomeranja. Preko situacionog plana se po svakom periodičnom opažanju položi providni crtači papir na kome precrtamo situaciju tačaka sa vektorima pomeranja u razmeri na pr. 10:1.

Za određivanje vertikalnih komponenata pomeranja potrebno je naj-prije popraviti prvo usvojene (odn. već korigirane) dužine između odgovarajućih tačaka radi njihovih horizontalnih pomeranja (poglavito kod strmih vizura). Kod toga se odgovarajući pravci skrate ili produže za iznos dužinskih komponenata pomeranja (na pr. $d'_1 = d_1 - l_1 - l_A$; sl. 7). Pomoću vertikalnih uglova i popravljenih udaljenosti (d_2^1), računaju se predviđene visinske razlike obzirom na bliže kontrolne repere. Diference visinskih razlika dobijenih iz uzastopnih opažanja, predstavljaju

vertikalna pomeranja signalnih repera. Za definitivnu vrednost vertikalnih pomeranja, dobijenih sa različitih kontrolnih repera za iste signalne tačke uzima se aritmetička sredina. Ona se na odgovarajući način registruje u grafičnom prikazu pomeranja.



Sl. 7

VII ZAKLJUČAK

Raspored sistema za opažanje skoro uvek zavisi od terenskih prilika, zato često nisu dovoljne 3 tačke za opažanje i 4 kontrolne. Broj tih tačaka možemo po potrebi povećati. Ipak prednost opisanog načina u tim slučajevima se bitno ne smanjuje.

Nedostaci obrađene metode su sledeći:

1. Manje prilagođivanje terenskim prilikama (sa svake opažene tačke moraju biti vidljiva četiri zgodno raspoređena kontrolna repera).
2. Potpuna ovisnost od stabilnosti kontrolnih repera.
3. Zavisnost vertikalnih pomeranja od horizontalnih.

Tome treba dodati, da imaju i ostale metode, doduše u nešto manjoj meri iste nedostatke.

Prednosti predložene metode su sledeće:

1. Celi sistem opažanja se pojednostavnjuje;
2. Smanjuje se broj potrebnih merenja;

3. Eliminiran je uticaj greške u centriranju teodolita i signalnih tačaka;

4. Broj izraza grešaka pri opažanjima smanjen približno na polovicu;

5. Numeričko-grafična obrada podataka omogućuje uparošćavanje kancelariskih poslova.

Cilj ovih izlaganja je da se merenja absolutnih deformacija oslobode od nekih ustaljenih klasičnih geodetskih metoda, te da se do rezultata dođe najkraćim putem, dakle ograničiti se samo na potrebno. U nekim slučajevima, naročito za određivanje pojedinih komponenata pomeranja, moguće je kraće i jednostavnije rešenje. Svakako se preporučuje da se prethodnom temeljitom analizom u pogledu tačnosti i ekonomičnosti potraži optimalno rešenje. Obratiti najveću pažnju kod opažanja onih elemenata koji su za određivanje pomeranja najosetljiviji.

LITERATURA

1. Ing. F. Rudl: »Proučavanje deformacije visokih pregrada geodetskim metodama«. Geodetski list Zagreb 1953 — let VIII (30) broj 1—4, 5 g.
»Komparator za mikrometarsko merenje« Geodetski list Zagreb 1955 let IX (32) br. 5—6.
2. Ing. B. Makarovič: »Grafička metoda pronalazjenja podzemnih centara triangulacionih točaka i mogućnost analognog određivanja pomaka pristupačnih točaka na branama«. Geodetski list Zagreb 1956 — let X (33) br. 11—12.

ARHITEKTONSKI BIRO HABERLE

ZAGREB

PREOBRAŽENSKA UL. 2/I KAT, TEL. BR. 37-134

Projektira sve vrsti javnih i stambenih zgrada