Opservacija sa tornjeva

Inž. Boris Višinski

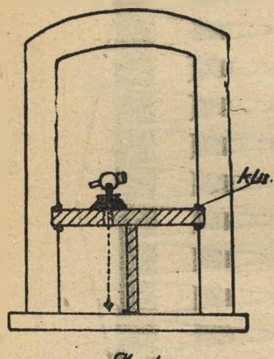
Predavanje je održano na geodetskom sindikalnom tečaju 1946 u Zagrebu a za časopis naknadno dopunjeno

Za svakog triangulatora opservacija sa tornjeva je specialan problem. Toranj predstavlja kombiniranu piramidu — mi dižemo instrumenat na visinu 20—30 m, gdje je manji uticaj titranja zraka i veći vidik pred nama.

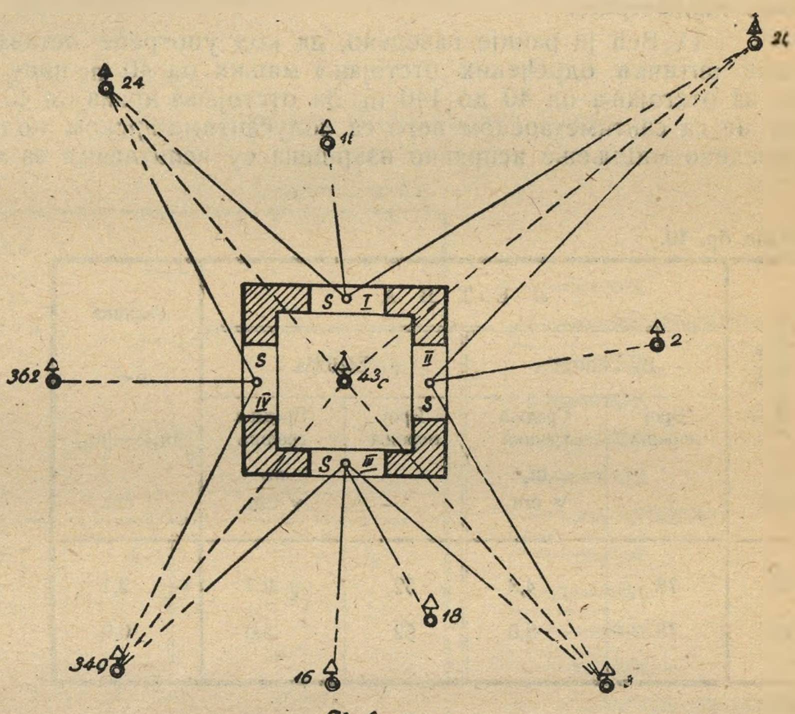
Prilikom rekognosciranja moramo dobro pregledati toranj i zabilježiti pri tom sve bitno: šta treba donijeti od materiala prilikom opservacije da bi mogli sa njega vršiti opažanja. Na tornju je glavni problem: kako ćemo smjestiti instrumenat za opservaciju.

Obično u visini stativa namjestimo dasku (sl. 1), debelu 0,05 m, koju podupremo sa donje strane drugom daskom. Predhodno na mjestu gdje ćemo postaviti instrumenat napravimo svrdlom rupu i centar stajališta projiciramo ili pomoću viska ili pomoću optičke sprave za centrisanje (kolimator). Projekciju centra stajališta dobro označimo, čak preporučljivo je uzidati gvozdeni klin prečnika 2—3 cm. Na taj način stabilizirano stajalište služilo bi za sva vremena, kao ekcentrična stabilizirana točka, za koju bi mogli vezivati poligonu mrežu u slučaju nemogućnosti vezivanja za kamen na površini zemlje, a pogotovu kod gradskih triangulacija.

Za trigonometrijske točke prvog reda dobro je na 48 sati pre opažanja na svakom prozoru napraviti stub od cigala vezanih unakrst. Stub bi mogao služiti i za davanje svjetlosnih signala.



Sl. 1.



Sl. 2

Kao pravilo neka služi ovo: na svakom tornju mora se opservirati sa sva 4 prozora i zatvarati stanični završetak (sl. 2). Potpuno je dovoljno da veza između prozora bude samo po jednom pravcu, ali pritom moramo voditi računa da pravci za međusobno vezivanje prozora budu uzeti na najudaljenije točke i to baš na one od kojih se naš toranj određuje. Kada mi to sve reduciramo na $\overset{+}{\delta}$ C — to suma kutova (uglova) mora biti teoretski 360^0, jer su opažanja vršena kod istih uslova i jednake točnosti. Odstupanje od 360^0 podjelimo sa 4 i dodajemo svakom uglu $\frac{F}{4}$.

Unutar jednog kuta $^1/_4$ odstupanja djelimo sa brojem vizura, koliko smo opservirali sa dotičnog prozora i svaki drugi pravac će dobiti u okviru opažanja sa jednog prozora popravku $\frac{F}{4(n-1)}$ gdje je n— broj pravaca, kao što je pokazano u slijedećem primjeru.

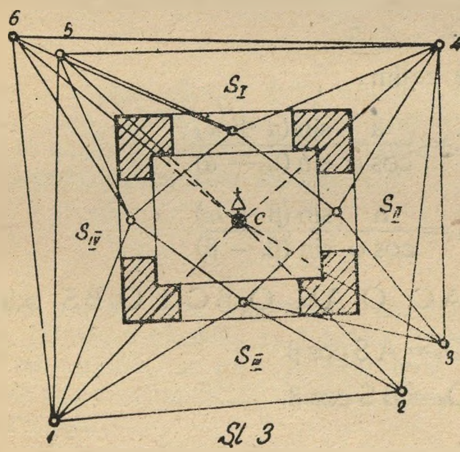
Vizura	Podaci su uzeti	I ° ′ ″	II ° ′ ″	III ° ′ ″	IV ° ′ ″	Konačni pravci ° ′ ″
⚲ 24 Brdo	4.12	0 00 00,0				0 00 00,0
		+0,4				
⚲ 15	4.12	24 30 36,2				24 30 36,6
+	4a46	+0,8				
⚲ 29 Sv. Duh	4a 46	70 29 32,0	0 00 00,0			70 29 32,8
			+0,4			
⚲ 2	4.12		37 42 16,2			108 11 49,4
	4.12		+0,8			
⚲ 3	4.18		90 00 38,2	0 08 08,0		170 30 11,8
				+0,3		
⚲ 18	4.18			24 36 17,2		195 06 29,3
				+0,6		
⚲ 16	4.18			45 14 29,6		215 44 41,7
	4.18			+0,8		
⚲ 349	4.19			87 18 30,2	0 00 00,0	257 48 42,8
					+0,4	
⚲ 362	4.19				60 29 32,0	318 18 15,2
					+0,8	
⚲ 24 brdo	4.19				112 11 16,4	0 00 00,0
		70 29 32,0	90 00 38,2	87 18 30,2	112 11 16,4	— 350 59 56,8

$$F = +3{,}2 \qquad \frac{F}{4} = \frac{3{,}2}{4} = 0'',8$$

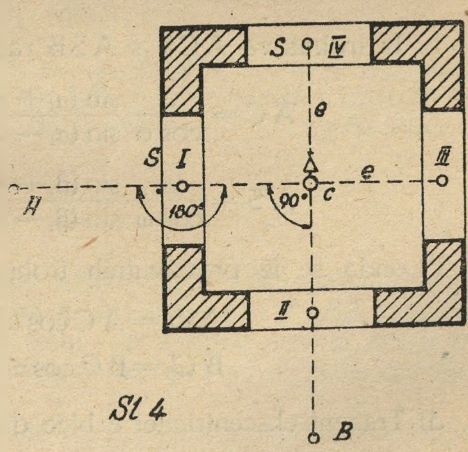
$$F_1 = \frac{F}{4.(n-1)} = \frac{3{,}2}{4\times 2} = +0'',4 \qquad F_3 = \frac{3{,}2}{4.(n-1)} = \frac{3{,}2}{4\times 3} = 0'',3$$

Prilikom opservacije dobro je, a i potrebno, sva stajališta međusobno povezati i to tako da bi se pomoću jednog stajališta mogle sračunati za sve ekscentrične stanice na prozorima privremene koordinate, a koje bi bile u jednom čvrstom međusobnom odnosu. U tu svrhu potrebno je izmjeriti sva odstojanja među stajalištima ukoliko prilike dozvoljavaju. Nakon završetka girusa, ne pomjerajući limb, kod jedne te iste početne vizure uzimamo elemente redukcije, i to direktno ili indirektno, u dva girusa.

Kod indirektnog načina elementi redukcije određuju se sa dvije baze, a sračunavaju se analitičkim putem na principu poligonog vlaka. Položaj baza po mogućnosti mora da bude okomit (upravan) na linije što spajaju stajališta S i signal C, jer samo u ovom slučaju dobijemo najpovoljniji oblik trokuta za sračunavanje odstojanja e i smjernog kuta (slika 3). Kod ove šeme dva susjedna prozora imaju zajedničke početne točke baza (na pr. točka 1 služi za $\overline{S_{III}C}$ i $\overline{S_{IV}C}$). Kao pravilo opet neka nam bude: izrično je zabranjeno određivati projekciju jabuke pod križem, odnosno signala C, od zidova i uglova (ćoškova) jer mi ne možemo garantirati da su zidovi strogo simetrični.



Sl 3



Sl 4

Ako unutrašnost tornja ili nekog visokog objekta dozvoljava posmatranje sa jednog prozora na drugi — možemo upotrebiti za određivanje elemenata za centiranje na tornjevima i za povezivanje pojedinih stajališta na tornjevima sljedeću metodu: na zemlji pobijemo jedan pomoćni kolac A (sl. 4) i sa njega pomoću instrumenta projiciramo vizirnu točku na prozor u dva položaja durbina i sredinu označimo jednom trajnom biljegom. Premjestimo instrumenat na kolac B, t. j za 90^0 obzirom na položaj objekta, i na sličan način markiramo i drugu točku na prozoru. Na taj način vertikalne ravnine, koje prolaze kroz te 3 točke: pomoćni kolac A, ili B, vizirnu točku C i stajalište S_I, ili resp. S_{II}, u svom presjeku će davati vertikalnu osovinu dotičnog objekta. Za određivanje projekcije te vertikalne osovine odnosno projekcije vizirne točke, potrebno je produžiti pravce koji spajaju kolce na zemlji i marke — stajališta S, na prozoru do uzajamnog križanja. To ćemo postići ako na prozoru postavimo instrumenat na točku S_I, pa na S_{II}, naviziramo na odgovarajući pomoćni kolac, t. j. sa S_I na A a sa S_{II} na B, prebacimo vizuru preko zenita i označimo na drugom prozoru točke S_{III} resp. S_{IV}. Presek ovih dveju spojnica daće nam projekciju vizirne točke u dotičnom katu (spratu), a dalje već radimo kao obično u slučaju ekcentričnog stajališta, gdje nakon završetka girusa još bacimo vizuru na centar ili na kolac na zemlji, dodavši u ovom slučaju $\pm 180^0$ i odmjerimo odstojanje *e*. Prilikom upotrebe ovog načina preporučljivo je imati dva instrumenta i da rade dvojica jednovremeno: jedan dolje a drugi gore, kad god je moguće. Od 1918 godine na ovamo ova metoda sa velikim uspjehom upotrebljava se u SSSR čime se uštedilo mnogo vremena pri uzimanju elemenata za centrisanje. Prvi put upotrebio sam ovaj način prilikom rada na triangulaciji grada Vinkovaca pa se pokazao kao praktičan, brz i efikasan.

Često puta u primorskim gradovima, u turskim četvrtima, gdje su ulice suviše uzane i krivudave, nije moguće naći dovoljno prostora za bazu u poprečnom smislu spram objekta, već samo u uzdužnom smislu. U ovom slučaju koristićemo vertikalne kutove (uglove) za određivanje elemenata za centrisanje. Za tu svrhu uzima se baza u pravcu linije stajališta instrumenta i projekcije centra vizirne točke, a u slučaju ekcentrično obilježene točke z odpada obaveza da vidimo barem jednu bilo koju trigonometrisku točku, i lako možemo sračunati elemente i koordinate ekcentrično postavljene nadzemne biljege. Ovaj metod sastoji se u sljedećem:

Na zemlji na odstojanju većem od zbira visine tornja i dužine baze namjestimo instrumenat na kolac (točka A), naviziramo na vizirnu točku C — na sam vrh križa, projiciramo pravac na prozor — gdje će biti naše buduće stajalište S, a isto tako na zemlji pobijemo i drugi kolac B — početak naše baze (a) (slika 5). Na taj način dobijemo sve četiri točke u jednoj vertikalnoj ravnini. Povoljno i preporučljivo je na stajalištu S postaviti marku tipa Zeiss-a. Sa točaka A i B mjerimo vertikalne kuteve α, α_1 β i β_1 obzirom na vizirnu točku C i naše eksentrično stajalište S.

Vertikalni kutevi (α, β, α_1 i β_1) mjere se u tri girusa. Bazis a (horizontalna projekcija odstojanja između kolaca u tačkama A i B) treba izmjeriti sa što većom (u granicama mogućnosti) tačnošću barem tri puta. Kod ovih mjerenja pantljika se očitava do na milimetar, treba uzeti u obzir i popravku za temperaturu a takođe i popravku za istezanje pantljike prema sili zatezanja.

Zatim će se računanja sprovesti slijedećim redom:

a) Prvo se računa udaljenost (odstojanje) A B između obrtnih (prekretnih) osi durbina u točkama A i B.

$$AB = \frac{a}{\cos\omega}$$

b) Iz trokutova ACB s ASB računaju se zatim:

$$AC = \frac{a}{\cos\omega}\cdot\frac{\sin(\alpha_1 + \omega)}{\sin(\alpha_1 - \alpha)}; \quad BC = \frac{a}{\cos\omega}\cdot\frac{\sin(\alpha + \omega)}{\sin(\alpha_1 - \alpha)}$$

$$AS = \frac{a}{\cos\omega}\cdot\frac{\sin(\beta_1 + \omega)}{\sin(\beta_1 - \beta)}; \quad BS = \frac{a}{\cos\omega}\cdot\frac{\sin(\beta + \omega)}{\sin(\beta_1 - \beta)}$$

c) onda se iz pravokutnih trokutova OAC, O_2AS, O_1BC i O_3BS određuju:

$$AO = AC\cos\alpha \qquad AO_2 = AS\cos\beta$$

$$BO_1 = BC\cos\alpha_1 \qquad BO_3 = BS\cos\beta_1$$

d) Traženi ekscentricitet e biće dakle:

$$e = AO - AO_2 = BO_1 - BO_3$$

čime smo našu zadaću riješili na pokazni način Pritom da bi odredili kut ω moramo se poslužiti odnosom:

$$\operatorname{tg}\omega = \frac{a}{\Delta h},$$

gdje Δh znači razliku visina između prekretnih osi instrumenata u točki A i u točki B.

Ako označimo

sa ΔH — visinsku razliku između kolaca A i B

sa I_A — visinu instrumenta u točki A

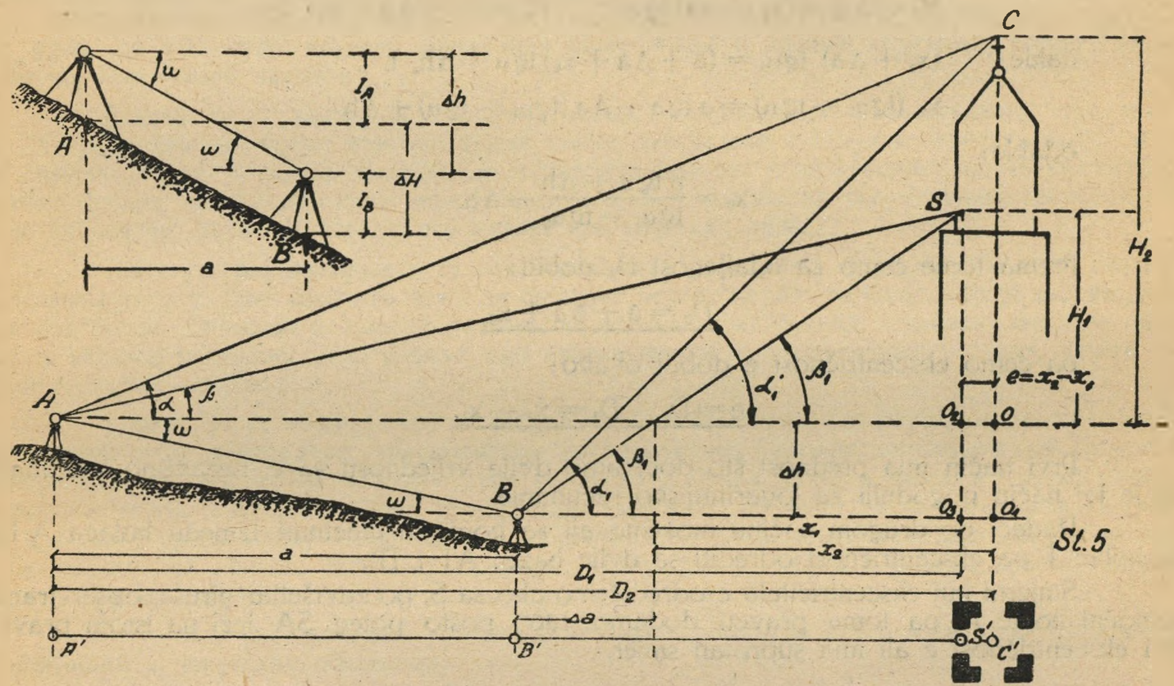
sa I_B — visinu instrumenta u točki B

onda vidimo iz skice na slici 5 da uvjek mora biti zadovoljen uvjet (uslov):

$$\Delta H + I_A = \Delta h + I_B \text{ odakle dobijemo:}$$

$$\Delta h = \Delta H + I_A - I_B,$$

dočim a jeste udaljenost $\overline{AB}$ reducirana na horizonat. Iz ovih podataka možemo odrediti tg ω.



Sl. 5

U praksi, međutim, neće biti

$$AO - AO_2 = BO_1 - BO_3$$

nego ćemo, ustvari, dobiti dvije vrijednosti za e, t. j., e_1 i e_2, koje će se razlikovati međusobno za jednu malu veličinu koja će zavisiti od točnosti sa kojom smo mjerili i odredili čitav niz veličina iz kojih rezultiraju ta dva podatka: e_1 i e_2. Sa dovoljnom približnošću moći ćemo za e uzeti prostu aritmetičku sredinu, t. j.

$$e = \frac{e_1 + e_2}{2},$$

što će biti utoliko jače opravdano ukoliko se trokuti ABC i ABS ne razlikuju jako jedan od drugoga, odnosno ukoliko su i kutevi presjeka vizura kod točaka C i S bliži jedan drugome po veličini. Ukoliko se pak javljaju jače razlike u tome onda bi se morale uvesti težine pa izračunati opća aritmetička sredina. Ali u većini slučajeva za praksu će biti dovoljno uzeti prostu sredinu.

Sve naprijed izvedeno učinjeno je, razumije se, pod pretpostavkom da se vrh križa nalazi u osi simetrije jabuke pod križem, što se može uvjek ustanoviti posmatranjem pomoću instrumenta iz dva smjera međusobno približno okomita. Ako ni ovaj uslov nije ispunjen, onda znajući udaljenost AC i BC, i mjereći horizontalne kuteve na lijevu i na desnu vertikalnu tangentu jabuke pod križem a istovremeno i na sam vrh križa, može se odrediti, tako reći, ekscentričnost vrha križa u odnosu na centar jabuke, po veličini i po smjeru, pa istu veličinu uzeti u obzir prilikom izračunavanja elemenata za centrisanje.

Ekscentričnost e možemo odrediti i na još jedan način, koji proizlazi iz slike 5, i to ovako:

$$H_1 = D_1 \operatorname{tg} \beta \qquad H_1 = x_1 \operatorname{tg} \beta_1$$

dakle: $(a + \Delta a + x_1) \operatorname{tg} \beta = x_1 \operatorname{tg} \beta_1$, odakle slijedi

$$x_1 = \frac{(a + \Delta a) \operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}\beta_1 - \operatorname{tg}\beta} = \frac{a + \Delta a}{\frac{\operatorname{tg}\beta_1}{\operatorname{tg}\beta} - 1} = \frac{a + \Delta a}{Q - 1}$$

Na taj način dobili smo D_1, naime:

$$\underline{D_1 = a + \Delta a + x_1}$$

gde je $\Delta a = \Delta h \operatorname{cotg} \beta_1$, a Δh je određeno na već naprijed pokazani način.

Udaljenost D_2 dobićemo pomoću veličine x_2 ovako:

$$H_2 + \Delta h = (x_2 + \Delta a) \operatorname{tg}\alpha_1 \qquad H_2 = (a + \Delta a + x_2) \operatorname{tg}\alpha$$

dakle: $(x_2 + \Delta a) \operatorname{tg}\alpha_1 = (a + \Delta a + x_2) \operatorname{tg}\alpha + \Delta h$, t. j.

$$x_2 (\operatorname{tg}\alpha_1 - \operatorname{tg}\alpha) = a \operatorname{tg} a - \Delta a (\operatorname{tg}\alpha_1 - \operatorname{tg}\alpha) + \Delta h$$

odakle:

$$x_2 = \frac{a \operatorname{tg}\alpha + \Delta h}{\operatorname{tg}\alpha_1 - \operatorname{tg} a_2} - \Delta a.$$

Prema tome ćemo za udaljenost D_2 dobiti:

$$\underline{D_2 = a + \Delta a + x_2,}$$

pa ćemo ekscentričnost e dobiti ovako:

$$\underline{e = D_2 - D_1 = x_2 - x_1.}$$

Prvi način ima prednost što dobivamo dvije vrijednosti za e, nezavisno sračunate, i što je taj način pogodniji za logaritamsko računanje.

Radeći po drugom načinu možemo ali za kontrolu umetnuti između kolaca A i B treći kolac T pa ekscentričnost odrediti sa dvije baze: AT i TB.

Smjerni kut ekscentriciteta e odredićemo ako sa S, po završetku girusa, opserviramo i pomoćni kolac A, pa tome pravcu dodamo 180^0, pošto poteg SA leži na istom pravcu kao i ekscentričnost e ali ima suprotan smjer.
