

Dr. Fethulah Smalbegović, dipl. inž., dekan Rudarskog fakulteta u Tuzli,

Jordan Stošić, pukovnik geodetske službe, pomoćnik načelnika Vojnogeoografskog instituta JNA,

David Trinki, geodetar, načelnik sektora održavanja premjera i katastra zemljišta u Geodetskoj upravi SR Srbije i

Miladin Vlahović, geodet Zavoda za fotogrametriju u Beogradu.

## GEODETSKI RADOVI NA TELEVIZIJSKOM TORNJU U MOSKVI

### I PODACI O TORNJU

Koncem 1966. godine, u Ostankinju kod Moskve, završena je izgradnja televizijskog tornja, koji ima visinu 536,5 metara. To je danas najviša gradjevina u svijetu.

Donji veći dio tornja visine 385 metara predstavlja armirano-betonski stub, dok je gornji dio visine 150 metara metalni jarbol-antena. Ukupna težina tornja iznosi 32.000 tona. Temelj tornja ima oblik pravilne deseterostrane prizme, čiji deseterokut ima promjer opisanog kruga od 74 metra, a visina prizme iznosi 7,65 metara, od toga je u zemlji 4,65, a iznad tla 3,00 metara.

Donji dio - papuča stuba ima deset nogu, koje se oslanjaju na temelj u metalnim cilindričnim ležajevima promjera 50 cm, dok je u sredini stuba šuplji valjak promjera 7,1 metara, koji ide do vrha betonskog dijela stuba. U tom valjku smješteni su liftevi, električni i telekomunikacioni kablovi, kanalizacioni uređaji i čelične stepenice. Jedan dio antene ima šupljinu tako, da specijalni lift za opsluživanje antene i njenih uređaja ide do visine 470 metara. Armirano betonski stub podijeljen je u četiri dijela. U prvom dijelu do visine 63 metra smješteni su neki specijalni uređaji te restoran i kuhinja. U drugom i trećem dijelu do visine 321 metar, smještene su predajne aparature. U četvrtom dijelu nalazi se sale restorana sa balkonima za razgledanje i to na tri etaže. Kapacitet restorana iznosi 280 osoba, a balkoni osim toga mogu da prime 400 osoba.

Salje restorana posebnim mehanizmom okreću se oko svoje osi u toku jednog sata za puni krug tako, da u toku ručka gosti mogu vidjeti cijelu panoramu. Noću je cijeli toranj osvijetljen reflektorima, a osim toga na njemu su ugrađeni i signalni svjetlosni uređaji za avione.

Toranj je izložen povremeno vrlo jakim vjetrovima, čija brzina dostiže do 25 metara u sekundi /90 kilometara na sat/ na zemlji,

dok na visini od 533 metra dostižu čak i 34 metra u sekundi. Ovako jaki vjetrovi pojavljuju se prema statističkim podacima na svakih 50 godina jedamputa. Pri ovako jakom vjetru mogući su pomaci vrha antene čak i do 10 metara, što su projektanti imali u vidu kod izrade projekta. Prosječno jednom sedmično u Moskvi puše jači vjetar, pa dolazi do ljuljanja tornja sa njima od oko 10 sekundi trajanja, što će gosti u tim danima moći da osjete.

Pored vjetra toranj je izložen neravnomjernom zagrijavanju od sunca. Usljed toga toranj pri vrhu može imati pomake do 2,25, a na dijelu kod restorana i balkona do 0,75 metara.

Radi smanjenja deformacija zbog vjetra i sunca, armirani beton stuba ojačan je jakim čeličnim žicama, kojih ima 50.

## II GEODETSKI RADOVI

Za izvršavanje geodetskih radova formirana je grupa od 5 geodetskih inženjera, koja je trebala da riješi slijedeće:

- obilježiti /iskolčiti/ glavne osovine objekta na terenu
- obezbijediti pravilno obilježavanje glavnijih detalja gradjevine u odnosu na osovine
- obezbijediti vertikalnost geometrijske osi tornja
- obezbijediti izvodjenje šahta za liftove i montažu metalne konstrukcije šahta
- izvršiti periodično kontrolisanje vertikalnosti izgrađenog dijela tornja.

Geodetski radovi u toku izgradnje mogu se podijeliti u 5 etapa:

1. radovi na izgradnji temelja
2. radovi na izgradnji centralnog armirano betonskog šupljeg cilindra promjera 7,1 m do visine +62,0 m.
3. radovi na izgradnji oslonaca, konusnog dijela i monolitnih armirano betonskih prekrivača do visine +63,0 m.
4. radovi na izgradnji stabla tornja i montaži metalne konstrukcije šahta za liftove od visine +63,0 do +385,5 m.
5. radovi na montaži metalne antene od visine + 385,5 do visine +536,5 m.

Položajna i visinska osnova za obilježavanje temelja sastoji se iz sistema - mreže tačaka 1A,.... 20A, koje su stabilizirane na približnim udaljenostima od oko 50 m od centra tornja O. Ove tačke obezbjedjuju glavne položajne osi gradjevine. Stabilizacija je izvršena betonskim stubovima sa metalnom cilindričnom šipkom u sredini, ukopanim na dubinu 1,5 m. Na gornjoj osnovi cilindra privarena je metalna pločica dimenzija 15 x 15 cm, na

kojoj je urezan centar. Centri na ovim tačkama obilježeni su pomoću teodelita, koji je postavljen u centralnoj tački O tako, da su pravci zaklapali jednake uglove /tačno po  $18^\circ$ /. Mjerenje uglova izvršeno je teodelitom Wild T 2, a mjerenje strana komparisanom čeličnom pantljikom povećanom tačnošću. Kasnije su ove tačke priključene poligonometrijskim vlakom na tačke gradske poligonometrijske mreže. Relativna greška priključnog vlaka iznosi 1:12000.

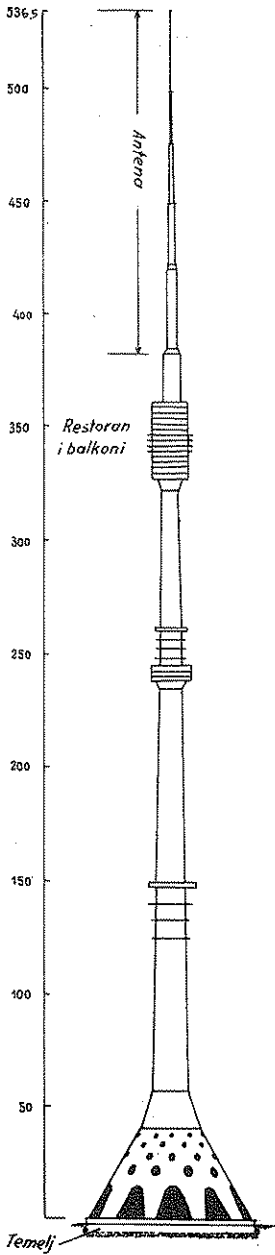
Po završetku betoniranja prstenastog temelja, izvršeno je novo obilježavanje parnih osovinskih tačaka 2L, 4L, ... 20L i to metalnim šipkama /bolcnima/ promjera 42 mm, koje su ubetonirane u temelj tako, da su stršile 2 - 5 cm iznad površine betona /vidi crtež 1/. Urezivanje centara na ovim parnim osovinskim tačkama izvršeno je viziranjem i utjerivanjem u pravac sa naspramnih tačaka 2A-12A, ... 10A-20A i preciznim odmjeranjem. Svi radovi na obilježavanju detalja unutar tornja do nulte visinske kote izvodjeni su od ovih tačaka na prstenastom temelju.

Prije početka radova iznad nulte visine, prenešen je centar tornja na specijalno izradjenu platformu i to presijecanjem pravca sa tačaka 2L, ... 20L. Sa platforme je centar tornja zatim prenešen na monolitni prekrivač na visini -3,7 m i tu stabiliziran armirano betonskim stubom.

Do početka gradjenja viših dijelova tornja, od ukupno 20 osovinskih tačaka obilježenih na terenu, sačuvale su se samo njih 3, dok su sve ostale bile uništene. Ove tačke nisu ponovno postavljene na istim mjestima, pošto su bile suviše blizu tornja, pa se nebi moglo vršiti prenošenje vertikalne osi sa njih na više dijelove tornja, nego je izvršeno novo obilježavanje osovinskih tačaka na udaljenostima od 90 do 110 metara od centralne tačke. Te su tačke na crtežu označene sa 1B, ... 20B. Njino novo obilježavanje i računanje izvršeno je na slijedeći način:

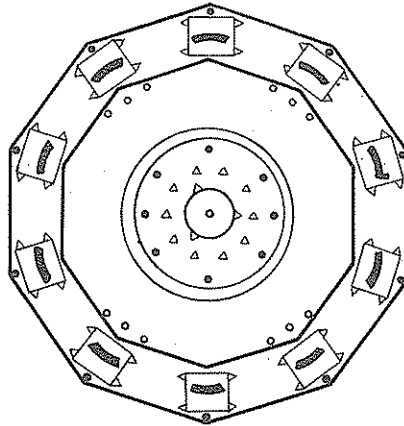
Prvo je provjereno obilježavanje tačaka na temelju /2L, ... 20L/ i u centru O. na taj način, što su precizno izmjereni svi uglovi u centralnom sistemu, koji se sastoji od 10 pravilnih trouglova, i sve periferijske strane desetougla. Zatim je izvršeno izravnavanje uglova, i jedna strana uzeta je kao početna iz ranijih mjerenja. Ostale su strane sračunate iz izravnatih uglova i usvojene početne strane. Poslije toga sračunate su koordinate tačaka 2L, ... 20L i uporedjene su sa ranijim. Iz dobivenih razlika sračunata je srednja kvadratna greška položaja, koja iznosi  $\pm 3$  mm u odnosu na centralnu tačku kao nultu. Pomoću razlika između ovako sračunatih i projektovanih koordinata izvršeno je korigovanje centara na ovim osovinskim tačkama i odgovarajuće popravljanje dužina strana. Zatim su strane ponovo izmjerene i uporedjene sa projektovanim. Dobivene razlike nisu prelazile veći iznos od 2 mm.

Nakon provjere i korekcije tačaka na temelju 2L, ... 20L izvršeno je postavljanje novih tačaka 1B, ... 20B na taj način, što su prvo obilježene parne tačke 2B, ... 20B direktnim viziranjem iz



Televizijski toranj  
Sl. 1

Plan temelja  
sa nivelnanskim reperima

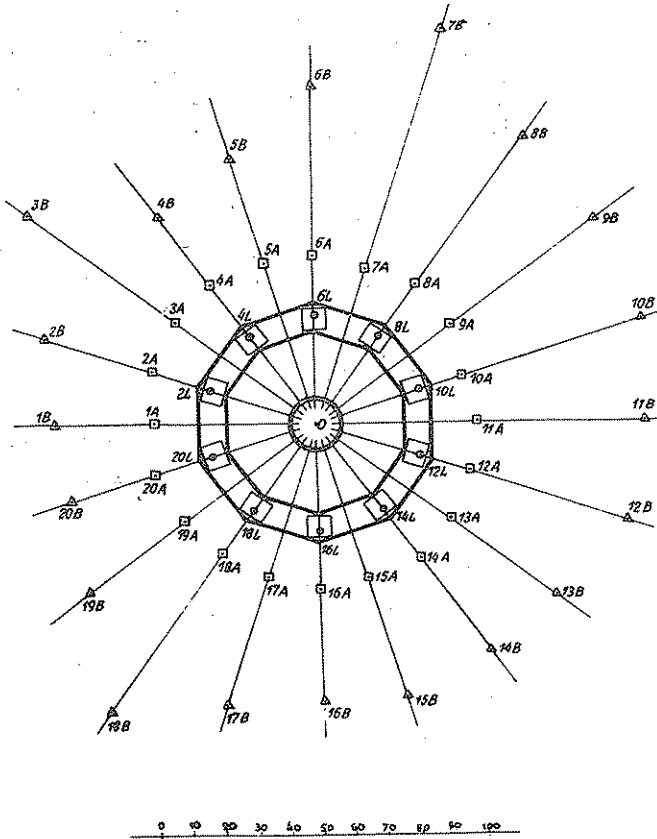


Legenda :

- Reperi slijeganja prije betoniranja tornja
- △ Reperi slijeganja početkom betoniranja tornja
- Reperi deformacija temelja

Sl. 3

Mreža osovinskih tačaka  
sa tlacrtom temelja



Sl. 2

centralne tačke 0 preko tačaka 2L, ... 20L, a neparne tačke pomoću određenih uglova od po  $18^{\circ}$ . Preko parnih tačaka 2B, ... 20B postavljen je poligonometrijski vlak i sračunate koordinate. Na parne tačke priključene su vlakovima neparne tačke. Poslije računanja koordinata svih tačaka 1B, ... 20B izvršeno je korigovanje njihovih centara.

Kao visinska osnova, u prvoj etapi izgradnje, služile su iste osovinske tačke 1A, ... 20A, koje su prethodno iznivelane i priključne na reper gradskog nivelmana III reda. Pri izgradnji viših dijelova tornja, kao visinska osnova služili su dubinski reperi broj 1 i 2, koji su stabilizirani na udaljenosti od 70 do 90 m od centra tornja, kao i kontrolni reperi za slijeganje. Dubinski reperi stabilizirani su u krečnjaku, na dubinama 37,7 i 40,2 metra. Način stabilizacije vidi se na crtežu 3.

(nastaviće se)

Ing. Aganović Ismet

#### NOVIJI GEODETSKI INSTRUMENTI

#### /FRAGMENT SA IZLOŽBE NA IV KONGRESU/

Neki noviji geodetski instrumenti, na izložbi, prigodom IV Kongresa SGIG-a Jugoslavije, koji je održan 6. i 7. novembra 1968. god. u Sarajevu, bili su napose interesantni, pa su na traženje nekih učesnika Kongresa izvršena posebna demonstriranja i praktična mjerenja njima.

Izmjeren je jedan direkcioni kut i dvije baze.

Na izložbi su pokazale svoje instrumente slijedeće firme:

- MOM BUDAPEST,
- CARL ZEISS JENA,
- KERN AARAU 1
- WILD HEERBRUGG.

Žiroskop-teodolitom Gi-B2, firme MOM, određen je jedan direkcioni kut poligonometrijske mreže kod Tehničke škole u Sarajevu, pa je ovaj izračunat iz koordinata krajnjih tačaka.

Iako je uz opažanje vršeno objašnjavanje s prijevodom (s njemačkog), mjerenje je obavljeno za oko jedan sat vremena.

Razlika mjerenoga i izračunatog kuta od 15 sekundi potvrđuje date podatke o preciznosti instrumenta ( $\pm 10''$ ), imajući u vidu predugo trajanje zbog objašnjavanja, te prisutnost preko 40 zainteresiranih stručnjaka.