

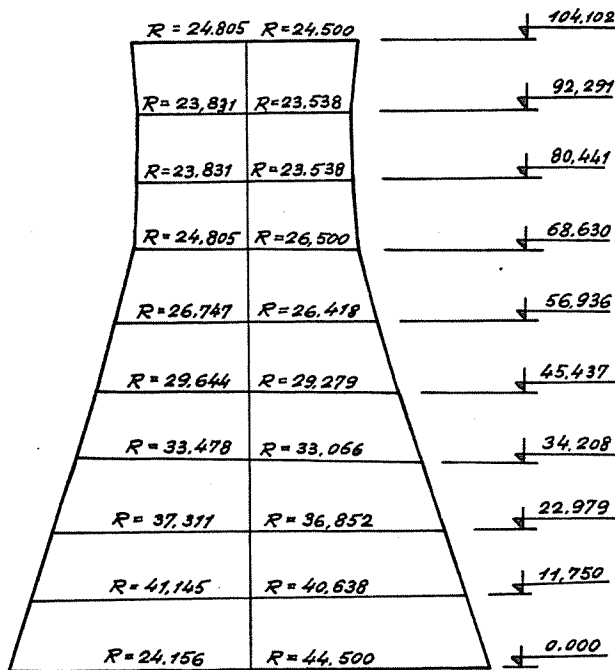
ČELIJEŽAVANJE I KONTROLA MONTAŽE ČELIČNCG RASHLADNCG TORNJA T.E. GACKO

Dr Smail Pašalić, prof. Građevinskog
fakulteta, Sarajevo

U v o d

Rashladni toranj je gradjen u sklopu T.E. Gacko, koja se gradi na bogatom ležištu uglja. Ova termo-elektrana će cjelokupnu proizvodnju uglja pretvarati u električnu energiju. Na taj način će pomoći privredi da dobije neophodnu energiju, a regionu, na kome je locirana, da se brže razvija.

Sam toranj je grandiozno djelo našinske industrije i montaže, kod nas prvi put izvedeno. Njegova površina je kombinovana od pravčastih i hiperboličnih rotacionih površina - Sl.1.



Sl. 1.

Projekat tornja je djelo projekatana iz Sovjetskog saveza, a materijal je takodjer nabavljen u Sovjetskom Savezu.

Gradjevinske armirane betonske radove koji se odnose na temelje tornja i objekte u tornju izvodilo je preduzeće G.P. Hercegovina.

Glavne radove na izgradnji tornja, to jest, rezanje i sklapanje elemenata, te montažu tornja izvodilo je preduzeće "SOKO" Mostar, Fabrika metalne montažnih konstrukcija.

Projekat i podatke za geodetsko obilježavanje i montažu tornja dao je autor ovog članka.

Praćenje montaže tornja, na bazi ovako dobijenih podataka vršio je geodetski inženjer Emir Šaković zajedno sa iskusnim mašinskim tehničarom Stranjakom Jusufom.

Autor je takodjer vršio i kontrolu montaže tornja.

Radovi na tornju počeli su maja 1979. a završeni oktobra 1981.godine. U ovom radu će u najkraćem biti prikazana metodologija izrade geodetske mreže, postavljanje ankernih stubova (temelja tornja), računanje elemenata za montažu i na kraju metode kontrole montaže tornja.

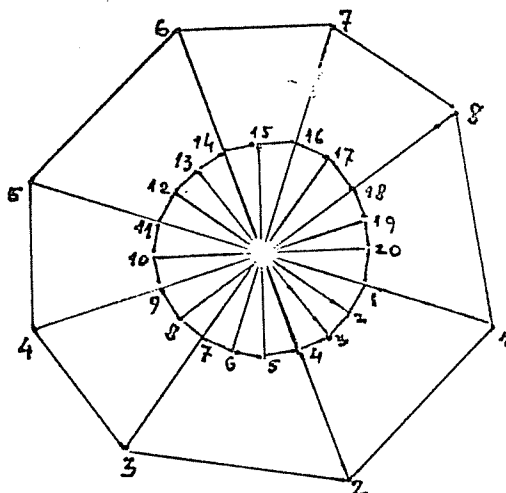
1. Geodetska mreža za obilježavanje i kontrolu montaže

Mrežu treba projektovati tako da je sa nje bez teškoća moguće vršiti cjelokupno obilježavanje i kontrolu montaže tornja. Pored toga treba paziti da presjeci pravaca pomoću kojih se vrši obilježavanje daju zadovoljavajuću tačnost, a da pri tome tačke mreže što manje smetaju mehanizaciji, saobraćaju i objektima oko tornja. Uz sve to treba nastojati da numerička rješenja budu što jednostavnija i da dobijeni rezultati koji će se realizirati instrumentima budu što jednodobrazniji. Na taj način će moći i manje stručno osoblje da pomaže pri radu i da se uvjerava da je izvedeno stanje dobro.

Najbolje je mrežu postaviti tako da njezne tačke budu na jednakom rastojanju od tornja na pravcima koji idu od centra tornja preko ankernih stubova i to tako da sa njih budu obezbijeđeni dobri presjeci i da rastojanje od centra do tačaka mreže bude takvo da se bez teškoća može virizati vrh tornja.

Ako nije moguće postići da sve tačke mreže budu na istom rastojanju od centra tornja, onda treba težiti da tačaka sa različitim rastojanjem bude što manje. U krajnjoj nuždi, ako situacija oko tornja tako nalaže, mogu se uzeti i tačke slobodno raspoređene oko tornja. U tom će slučaju numerička obrada, analiza tačnosti obilježavanja

vanja i kontrola montaže biti najsloženija. U našem slučaju mreža je razvijena prema slici 2. (tačke spoljnog poligona od 1 do 8).



Sl. 2.

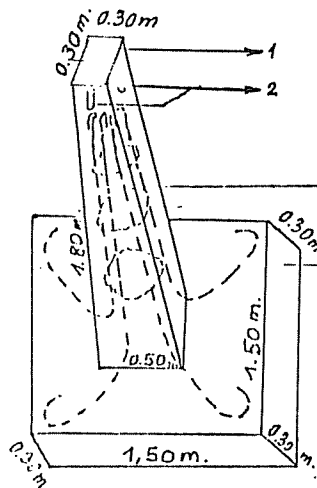
Rastojanje ovih tačaka od centra tornja projektovano je da bude 100 metara.

Postupak oko obilježavanja i stabilizacije mreže tekao je na slijedeći način:

- (1) Približno su obilježena mjesta tačaka drvenim koljem.
- (2) Na tim mjestima iskopane su rupe i na licu mjesta izliveni stubovi prema projektu na slici 3.
- (3) Na metalnim pločama ugrađenim na vrhovima stubova obilježene su pomoću instrumenta približna mjesta tačaka mreže.
- (4) Izmjerene su dvije osnovice pantližica i svi uglovi sekundnim teodolitom Wild T2 u 4 girusa.
- (5) Mreža je izravnata po strogoj metodi i sračunate koordinate tačaka u lokalnom koordinatnom sistemu u kojem su također sračunate projektne koordinate mreže.
- (6) Pomoću ovako dobijenih (geodetskih) i projektnih

koordinata sračunati su pomaci (reda veličine nekoliko santimetara) i njihovi nagibi pomoću kojih su izvršena definitivna obilježavanja tačaka mreže.

Srednja položajna greška ovog obilježavanja dobijena iz kontrolnih mjerenja iznosila je ckc 2 milimetra ($m = 2 \text{ mm}$).



Sl. 3.

1. Metalna ploča od nerđajućeg metala

2. Dva metalna držača koji učvršćuju ploču na stubu.

3. Armatura

4. Ploča

NAPOMENA:

Ploča i 0,40 m stuba treba da je u zemlji.

2. Postavljanje ankernih stubova

Ankernih stubova ima 20 raspoređenih prema slici 2 (unutarnji poligon). Ovi stubovi nose čitavu konstrukciju tornja, oni su u stvari temelj tornja. Njih je trebalo postaviti prema projektu: na zadati položaj po x i y, na zadatu visinu, kosinu i u određenu vertikalnu ravan. Dakle, svaki ovaj stub u isto vrijeme morao je zadovoljiti 5 parametara.

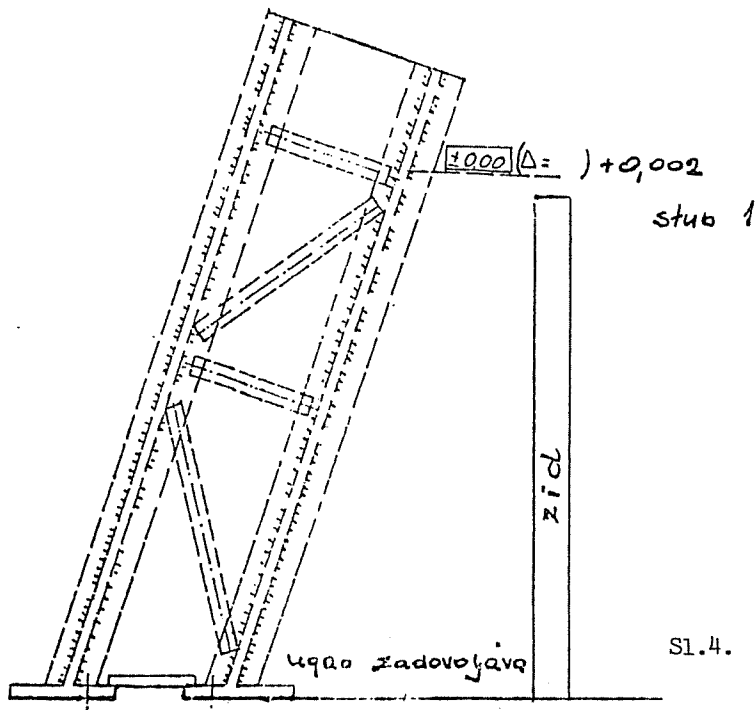
Ovo je bio i najteži dio posla, jer su stubovi teški preko 10 tona (sl.4), monter neiskusni (prvi put rade ovaj posao), alat i dizalice neprikladni, a traži se tačnost fiksiranja stubova do maksimalno 3 milimetra po bilo kojem parametru. Pored svega toga i autoru je bio to prvi posao ove vrste. Trebalo je u isto vrijeme raditi sa teodolitom, pantljkom, nivelirom i šablonom za kosinu stubova koji je

za ovu svrhu po nacrtu autora, napravljen.

U ekipi za fiskaciju ovih stubova učestvovali su, pored autora, dva geodetska inženjera, dva mašinska tehničara, 5 montera i 3 figuranta.

Metodologija rada sastojala se u slijedećem:

U blizini ankerskih stubova sa unutrašnje strane tornja izgrađen je zid u visini stubova i to na razdaljini od njih oko 1 metar kako prikazuje slika 4. Na ovom zidu su precizno pomoću teodolita i distomata, iz centra tornja obilježeni pravci i usvojena približna rastojanja stubova od centra tornja. Na taj način je omogućeno da se pomoću džepnog dvometra relativno lako odredi položaj jedne materijalizovane tačke stuba, u odnosu na centar tornja. Nakon toga otpočeo je mukotrpan posao fiksiranja ankerskih stubova. Jedan geodeta je iz centra tornja davao pravac i vertikalnu ravan u kojoj treba da leži simetralna ravan stuba, drugi geodeta pomoću nivelira i letve davao je zadatu visinu stuba, dok je Autor sa pomoćnikom dočimerao projektovana rastojanja i projektovanu kosinu stuba. Monteri su u isto vrijeme pomoću dizalica, šarafa i ostalih pomagala dovodili stub na dirigovano mjesto. Usljed težine stuba, nepodesnih dizalica, velikog hoda navoja na šarafima i ostalog, stub je najčešće mjesto milimetara kretao se u santimetrima u različitim pravcima, tako da je nekad dolazilo do situacija u kojima se ne vidi kraj podešavanja, da bi u određenom momentu, nekad i slučajno, stub zauzeo željeni položaj.



3. Računanje geodetskih elemenata potrebnih za montažu tornja

Geodetska mreža (slika 2) je nosioci cijele geometrije tornja. Iz podataka ove mreže i podataka dobijenih pomoću projekta tornja sračunati su geodetski elementi pomoću kojih je vršena montaža tornja.

Na primjer, za prvi prsten iz projekta su dobijeni podaci prema slici 5. Uzimajući u obzir kote i koordinate tačaka mreže i podatke za materijalnu tačku sa slike 5 dobiju se za nju horizontalni i vertikalni uglovi pomoću kojih se ova tačka, odnosno element (težak 10-15 tona), pomoću dizalice, namješta na svoje projektor predviđeno mjesto.

Podaci za obilježavanje tačaka 1, 2, 3 i 4 prstena I sa tačaka mreže 01 i 02 daju se slijedećom tabelom:

Broj tačke	Horizontalni ugao			Zenitna daljina		
	01					
02	0	00	00			
08	126	00	00			
4	38	24	46	82	23	47
3	42	11	38	81	05	07
2	50	35	39	79	46	15
1	63	00	00	79	09	45
20	75	24	21	79	46	15
19	83	48	22	81	05	07
18	87	35	14	82	23	47

Broj tačke	Horizontalni ugao			Zenitna daljina		
	02					
03	0	00	00			
01	126	00	00			
7	38	24	46	83	10	06
6	42	11	38	81	59	13
5	50	35	39	80	48	03
4	63	00	00	80	15	05
3	75	24	21	80	48	03
2	83	48	22	81	59	13
1	87	35	14	83	10	06

Ovi podaci su dobijeni utičačnim geodetskim računom, koji je automatiziran pomoću džepnog računara CASIO fx - 201p.

Ovo odstupanje je najvećim dijelom rezultat mogućnosti sklapanja - rezanja elemenata (vrši se na zemlji), zatim namještanja elemenata i njihovim varenjima na spojevima, dok je u svemu tome greška obilježavanja najmanja.

Ukupno odstupanje iznosi nekada i nekoliko santimetara.

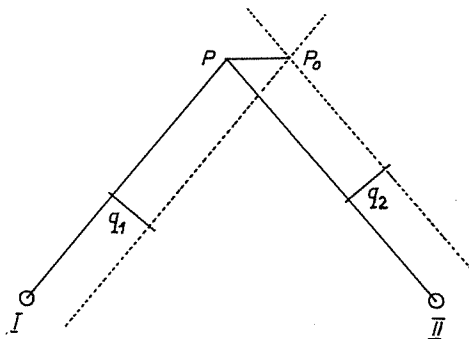
Medjutim, uslijed nabrojanih i drugih uzroka ovu grešku niti je moguće, niti ima potrebe svoditi u milimetarske kvire, jer bi u tom slučaju jako produžili i poskupili radove, a ne bi dobili skoro nikakvo geometrijsko ni statičko poboljšanje.

Analitičko - grafička metoda

Ova metoda se je pokazala praktičnijom od analitičke, a daje potpuno zadovoljavajuće rezultate. Sastoji se u tome da se tačke prstena tornja (one koje kontrolišemo) i mreže nanesu u jednoj razmjeri pogodnoj za crtanje (sl.6). Zatim se povlače prave paralelne pravcima povučenim na skici od tačaka mreže do opažanih tačaka prstena na rastojanju q_i . Ovo rastojanje uzima se u proizvoljnoj razmjeri pogodnoj za crtanje romana.

Veličine q_i dobiju se kao radijalna pomjeranja tačaka usljed uglovnih odstupanja :

$$q_i = \frac{D \Delta \alpha_i''}{\rho''}$$



Sl. 6.

Tačke I i II su tačke mreže, P je tačka dobijena iz projektnih koordinata, a P_0 je opažana tačka (izvedeno stanje).

$\Delta\alpha''$ je uglovno odstupanje u sekundama,

Vektor $\vec{P}P_0$ je (u odabranoj razmjeri) položajno odstupanje tačke P.

Odstupanje po visini računa se na slijedeći način:

$$H = D \operatorname{ctg} Z$$

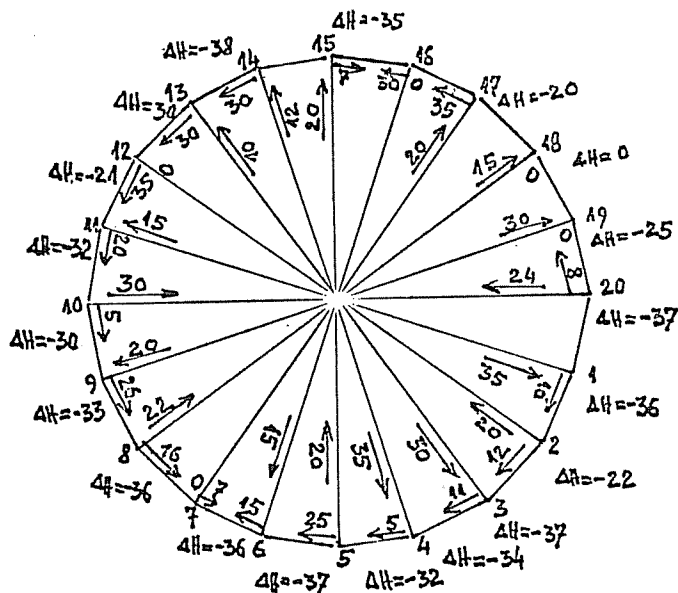
$$dH = -D \frac{1}{\sin^2 Z} \frac{\Delta Z''}{p''}$$

Gdje je D horizontalna dužina (uzima se sa skice), a $\Delta Z''$ je odstupanje zenitnog rastojanja u sekundama.

Nakon toga izradi se situacija izvedenog stanja (skica) na kojoj se po pravcu i intenzitetu (u milimetrima) naznače odstupanja kontrolisanog prstena. Ova situacija prilaže se u docije c izvedenog stanju tornja.

Kao primjer daje se situacija izvedenog stanja prstena

4 slika 7.



Sl.7. - situacija izvedenog stanja prstena br. 4.

Z a k l j u č a k

U zaključku moglo bi se reći slijedeće:

1. Lakše bi se vršilo obilježavanje i kontrola da su tačke mreže bile na većem rastojanju od centra tornja. Međutim, objekti i prepreke oko tornja nisu to omogućavali.

2. Usvojena - približna rastojanja od centra tornja do ankernih stubova mogu se mjeriti distomatom, dok sva ostala linear-na mjerenja treba mjeriti preciznom ručnom pantljkicom. Uglove treba mjeriti sekundnim teodolitom, a visine preciznim nivelmanom.

3. Naročitu pažnju treba obratiti podešavanju anker-nih stubova. Ovdje treba postići tačnost 2 - 3 milimetra po svim parametrima. Tačnost obilježavanja prstencva ne zavisi toliko od geodetskih mjerenja koliko od drugih uzroka i ona je kako pokazuje slika 7 znatno manja.

Sovjetski propisi dozvoljavaju da veličine odstupanja budu proporcionalne visini tornja, jer se vjerovatno radi o nekoj drugoj metodologiji obilježavanja.

Opisana metodologija, koju je Autor primjenio, omogućava da odstupanja budu istog reda na svim prstenovima.

4. Pored toga što su stubovi za stabilizaciju tačaka mreže, kako slika 3 pokazuje glomazni i teški, desilo se nekoliko puta da je uslijedi prolaza i rada teške mehanizacije (stotonska dizalica i slično) stub 8 pomjerio se nekoliko puta. Radi toga je ova tačka, u toku rada, nekoliko puta pomjerana (red veličine nekoliko santimetara). Iz toga slijedi pouka: da stubovi za stabilizaciju mreže ne bi smjeli biti manjih dimenzija i drugo da treba često kontrolisati vezne uglove na tačkama mreže.

5. Prilikom rada na obilježavanju i kontroli bilo je, pored opisanih i drugih teškoća, koje radi obimnosti članka nisu opisane, kao što su npr. : materijalizacija ravni koja čini simetriju svakog stuba, a koja će se dovoditi u vertikalnu ravan, odabiranje tačaka na motaču tornja koje će se podešavati i za koje će biti računati elementi, zatim, problemi sa izvođačima koji nisu na početku uvažavali geodetske potrebe i zahtjeve itd.