

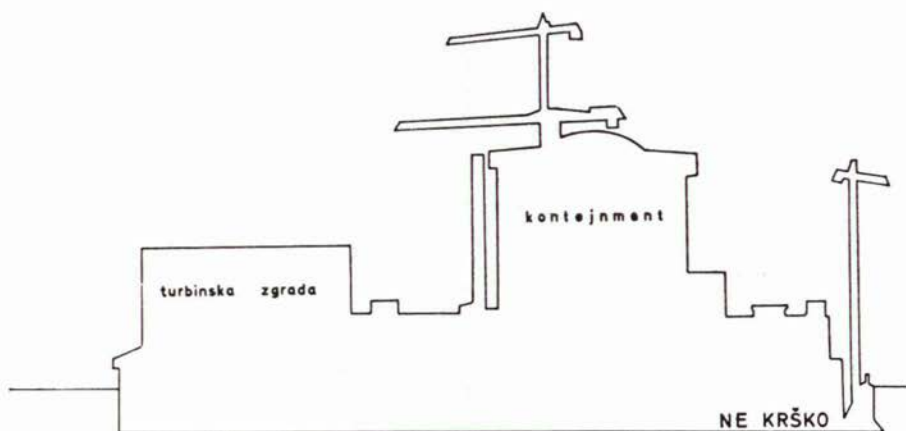
UDK 582.482.5
Stručni radKONTROLA VERTIKALNOSTI CILINDRIČNOG DIJELA
ČELIČNOG KONTEJNMENTA NA NUKLEARNOJ
ELEKTRANI KRŠKO

Krsto ŠIMIČIĆ — Zagreb*

UVOD

Geodetska mjerenja imaju veliku primjenu u projektiranju i izvođenju objekata postrojenja različitih namjena. Tako nailazimo na mnogobrojna složena geodetska mjerenja pri gradnji nuklearnih elektrana. Jedno od tih je određivanje i kontrola vertikalnosti objekata.

Ovdje će se ukratko prikazati kontrola vertikalnosti cilindričnog dijela čeličnog kontejnmenta, poslije tlačne probe, s ocjenom točnosti mjerenja, na nuklearnoj elektrani Krško (sl. 1).



Sl. 1

Najprije treba se upoznati s objektom i njegovom namjenom.

Kontejnment

Kontejnment je jedan od mnogobrojnih objekata na nuklearnoj elektrani. Riječ kontejnment dolazi od engleske riječi »containment« što znači: proces ili postupak

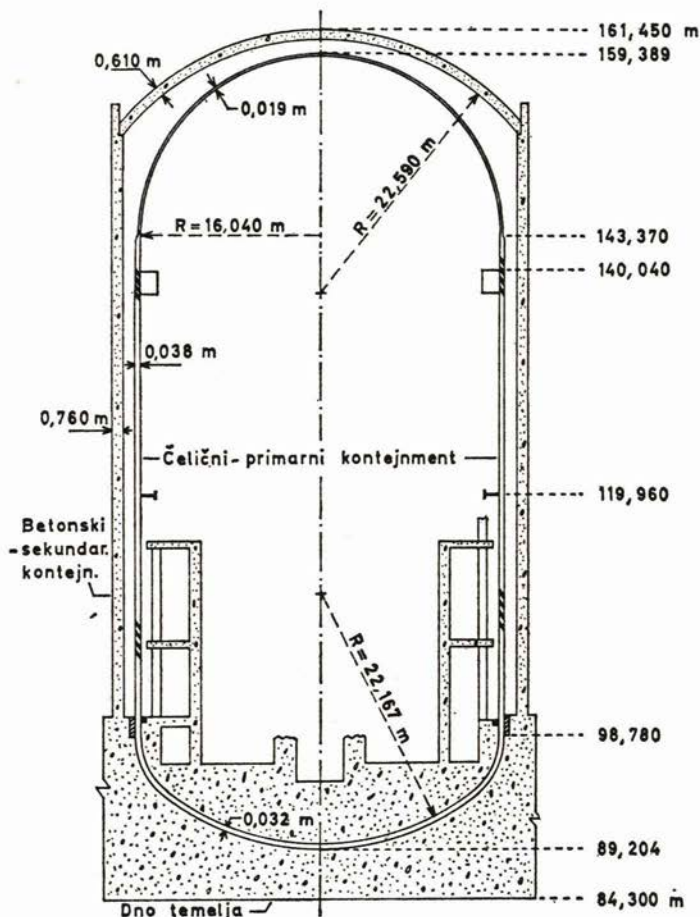
* Adresa autora: Krsto Šimičić, dipl. inž., Geodetski fakultet Zagreb, Kačićeva 26

kojim se radioaktivni materijali u nuklearnom reaktoru zadržavaju u strogo ograničenom prostoru ([3]).

Pod nazivom kontejnment danas se podrazumijeva točno određeni pojam tj. »zgrada, posuda ili sistem u kojoj je smješten nuklearni reaktor, rashladni sistem reaktor i pripadajući pomoćni sistemi« ([3]).

Kontejnment se gradi isključivo kao sigurnosna mjera za slučaj bilo kakve kvara, tako da se štetna radioaktivnost zadrži u kontroliranom prostoru. Iz spone nutog proizlazi da je kontejnment specifičan dio nuklearne elektrane, koji podliježe nizu propisa, zahtjeva i ispitivanja. Zato izgradnji treba prići s velikom odgovornošću.

Postoje različiti oblici kontejnmenta. Na nuklearnoj elektrani Krško izgrađen je čelični (primarni) kontejnment u obliku cilindra sa sferičnom kupolom i sferotoričnim dnom, kao slobodnostojeća čelična konstrukcija (sl. 2 i 3). Oko čeličnog kontejnmenta izgrađena je zaštitna betonska zgrada (sekundarni kontejnment), (sl. 2)



Sl. 2



Sl. 3 Čelični kontejment na nuklearnoj elektrani Krško (snimio: D. Vojković, dipl. inž.)

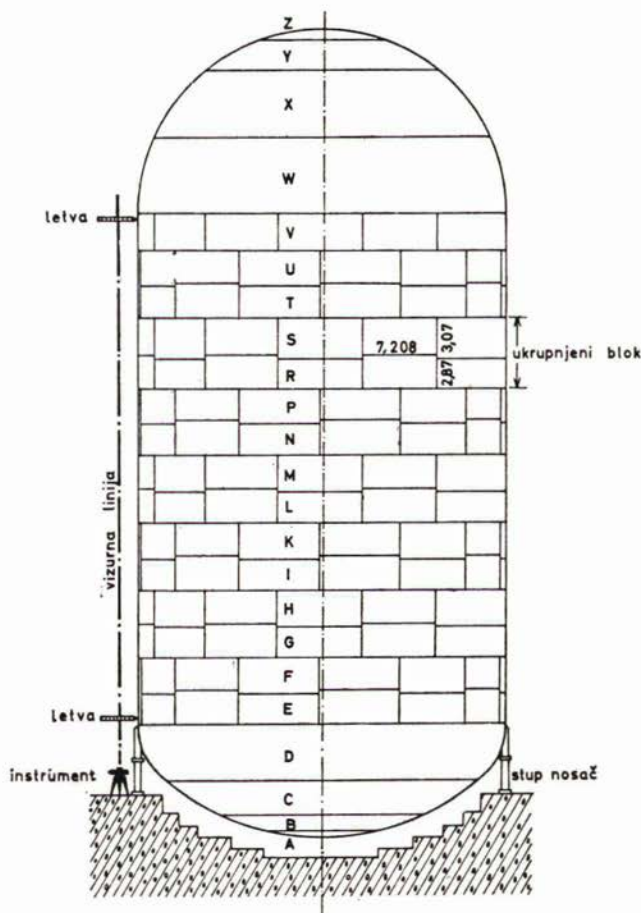
Čelični kontejment je po visini podijeljen na zone od A do Z (sl. 4). Svaka zona u horizontalnom smislu ima 14 segmenta (na cilindričnom dijelu), koji čine jedan »prsten«. Prije montiranja segmenti su se ukрупnjivali (zavarivanje dva segmenta u blok, po visini — sl. 4). Tako ukрупnjeni blokovi montirani su pomoću centralne dizalice na određena mjesta.

MJERENJE VERTIKALNOSTI CILINDRIČNOG DIJELA ČELIČNOG KONTEJNMENTA

U ovom dijelu biti će govora o izboru instrumenta i pribora, metodi mjerenja, proračunu neophodne točnosti mjerenja i ocjeni točnosti mjerenja.

Postavljanje zadatka, izbor instrumenta i pribora, metoda mjerenja

Točnost geodetskih mjerenja u prvom redu ovisi o izboru instrumentarija, pribora i metode mjerenja. Ovaj izbor ovisi najviše o toleranciji (dozvoljenom od-



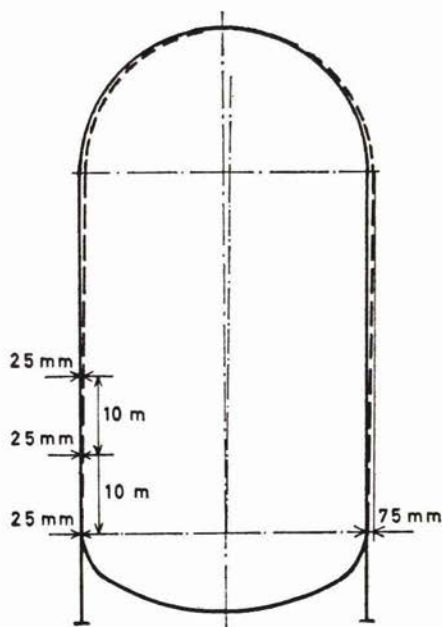
Sl. 4

stupanju) koja se traži pri izvođenju radova, zatim o organizaciji rada na gradilištu zaštititi na radu i ostalim elementima koji su prisutni pri gradnji objekata.

Prema postupku dimenzionalne kontrole cilindričnog dijela čeličnog kontejnmenta na nuklearnoj elektrani Krško odstupanje od vertikale ne smije prelaziti 25 mm na svakih 10 m, dok maksimalno odstupanje na bilo kojoj visini ne smije biti veće od 75 mm (sl. 5). Ove tolerancije nije lako postići zbog velike mase i dimenzija ukрупnjenih blokova (sl. 4), kao i otežanih uvjeta rada na gradilištu.

Na osnovi tehničkih podataka odlučeno je da se mjerenje obavi optičkim visikom WILD ZNL i industrijskom letvom dužine 92 cm sa centimetarskom podjelom na invarnoj traci.

Mjerenje je obavljeno na 16 pravilno raspoređenih izvodnica. Instrument je bio postavljen na najvišoj stepenici temelja kontejnmenta tako, da vizurna linija prolazi približno 200 do 300 mm od vanjske plohe kontejnmenta (sl. 4). Letva se postavljala u horizontalan položaj pomoću zidarske libele, a u okomit položaj prema objektu od oka, što je dovoljna točnost. Čitanja na letvi su se očitovala u dva po



Sl. 5

ložaja durbina, pri čemu je uzdužna os cijevne libele bila usmjerena u pravcu centra kontejnmenta tj. okomita na plohu kontejnmenta (sl. 4). Pri očitavanju letve milimetri su se ocjenjivali.

Na slici 6 vide se položaji vizurnih točaka, koji se nalaze približno 100 mm ispod i iznad zavara — granice zona i dužine vertikalala.

Opažalo se u noćnim satima (od 2 do 6 sati) radi postizavanja optimalnih uvjeta za točnost mjerenja i sigurnost radnika.

Proračun neophodne točnosti mjerenja

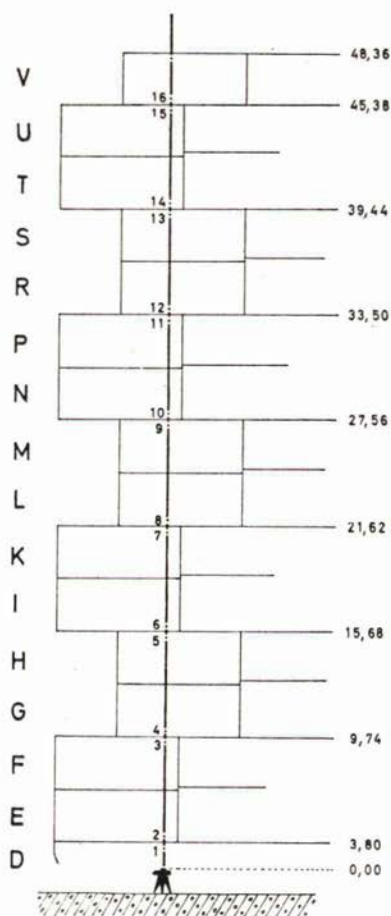
Proračun neophodne točnosti mjerenja uvjetovan je podacima projekta. U ovom slučaju najvažnija je veličina tolerancije pri montaži kontejnmenta, što omogućuje da se unaprijed proračuna neophodna točnost mjerenja.

Ocjena točnosti mjerenja dobivena je pomoću srednje pogreške.

Točnost mjerenja vertikalala opterećena je mnogim pogreškama, a mogu se podijeliti u nekoliko skupina:

1. Pogreške instrumenta
2. Pogreške pribora
3. Lične pogreške
4. Pogreške prouzrokovane vanjskim utjecajima

U [11] proračunata je neophodna točnost mjerenja pojedinačno za svaku skupinu, a prema već iznesenim podacima (instrument, pribor, visina objekta i drugo).



Sl. 6

Ukupna neophodna točnost mjerenja izračunata je po formuli:

$$m = \pm \sqrt{m_1^2 + m_v^2 + m_p^2 + m_r^2 + m_a^2}$$

gdje je

m_1 srednja pogreška vrhunjenja libele (približno 1 mm)

m_v srednja pogreška viziranja uslijed paralakse nitnog križa (približno 0,5 mm)

m_p srednja pogreška očitavanja na letvi (procjenjivanja), (približno 1 mm)

m_r srednja pogreška prouzrokovana vanjskim utjecajima (refrakcija), (približno 1 mm)

m_a srednja pogreška postavljanja letve (približno 2 mm)

U našem slučaju:

$$m \doteq \pm 2,7 \text{ mm}$$

Ili u relativnom iznosu:

$$m \doteq 1 : 18500$$

Ako se za toleranciju uzme dozvoljeno odstupanje ukupno 7,5 mm na 10 mm visine, to statistički rečeno, uz pouzdanost 0,9545 za koju je intervalna procjena jednaka dvostrukom iznosu srednje pogreške mjerenja, možemo zaključiti da se za traženu točnost može upotrijebiti odabrani instrument, pribor i metoda mjerenja, tim više što se u proračun neophodne točnosti mjerenja ušlo s prilično nepovoljnim pretpostavkama.

Ocjena točnosti mjerenja

Ocjena točnosti mjerenja izračunata je za svaku označenu izvodnicu (vertikal) i na spojevima zona (prema slici 6).

Točnost mjerenja vertikala. Na svakoj vertikali imamo 17 vizurnih točaka (sl. 6), odnosno 17 dvostrukih mjerenja. Srednja pogreška izračunata je iz razlika dvostrukih mjerenja na pojedinim točkama. Opažane točke se nalaze na različitim visinama tj. mjerenja nisu iste točnosti, pa su pojedinim mjerenjima date odgovarajuće težine:

$$p = \frac{1}{d^2}$$

Srednje pogreške pojedinih dvostrukih mjerenja izračunate su po formuli:

$$\eta_0 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{2}}, \text{ gdje je } m_0 = \pm \sqrt{\frac{[pd^2]}{2n}}$$

Tako izračunate srednje pogreške kreću se od $\pm 0,09$ mm do $\pm 0,14$ mm ([11]).

Točnost mjerenja po zonama. Ovdje je ocjena točnosti mjerenja sračunata u zonama tj. na jednakim visinama. Ukupno ima 9 zona (spojeva zona) na kojima se mjerilo (sl. 4 i 6). Na svakoj zoni ima 32 dvostruka mjerenja, osim na zoni V gdje ima 16 dvostrukih mjerenja. Srednja pogreška izračunata je iz razlika dvostrukih mjerenja na pojedinim točkama. Pošto su sve točke jedne zone na jednakim visinama, može se uzeti da su mjerenja na pojedinim zonama iste točnosti tj. jednake jedinici.

Srednje pogreške mjerenja na svakoj zoni sračunate su po formuli:

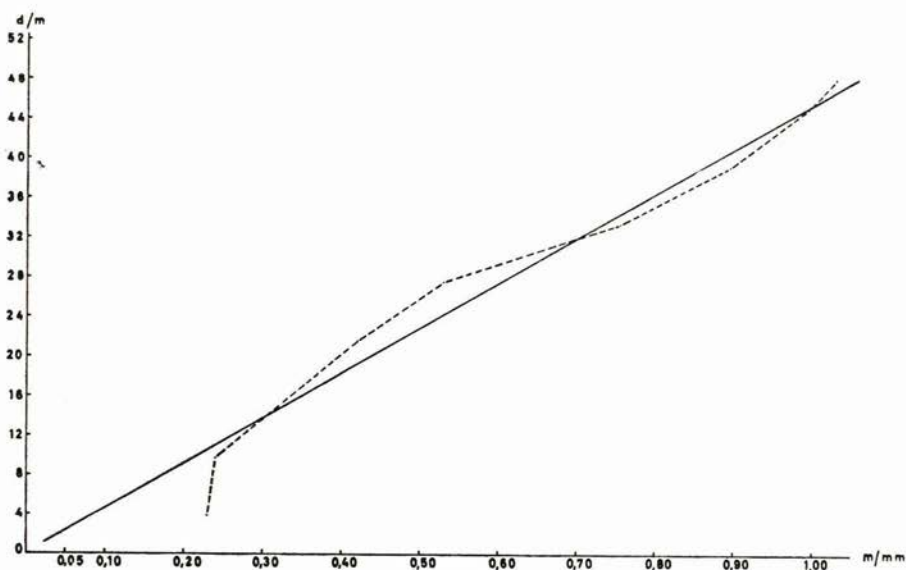
$$M = \pm \frac{\eta_0}{\sqrt{n}}$$

gdje je

$$\eta_0 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{2}} \text{ i } m_0 = \pm \sqrt{\frac{[d^2]}{2n}}$$

Ovako sračunate srednje pogreške kreću se od $\pm 0,23$ mm (na najnižoj zoni) do $\pm 0,3$ mm (na najvišoj zoni), ili u relativnom iznosu 1 : 46000 ([11]).

Srednje pogreške mjerenja po zonama grafički su prikazane na slici 7.



Sl. 7

Mnogo zahvaljujem prof. dr. D. Benčiću i doc. K. Šmitu što su pročitali rukopis i dali mi vrlo korisne savjete.

LITERATURA

- [1] Benčić D.: Geodetski instrumenti I dio, Zagreb 1971.
- [2] Benčić D.: Geodetski instrumenti II dio, Zagreb 1973.
- [3] Borđukalo B.: Kontejnment — sigurnosna posuda za smještaj nuklearnog reaktora i pripadajućih komponenata primarnog kruga u nuklearnim elektranama, Stručni časopis složene organizacije udruženog rada »Đuro Đaković«, broj 2 (str. 3 do 9), Slavonski Brod 1978.
- [4] Čubranić N.: Teorija pogrešaka s računom izjednačenja, Zagreb 1967.
- [5] Čubranić N.: Viša geodezija I dio, Zagreb 1974.
- [6] Janković M.: Inženjerska geodezija I dio, Zagreb 1968.
- [7] Janković M.: Inženjerska geodezija II dio, Zagreb 1966.
- [8] Nuklearna elektrana Krško: Postupak dimenzionalne kontrole čeličnog kontejnmenta, »Đuro Đaković« — Westinghouse, Krško 1975. — 1976.
- [9] Prospekti: Nuklearna elektrana Krško Tvornica WILD, Heerbrugg
- [10] Šimičić K.: Mjerenje vertikalnosti cilindričnog dijela čeličnog kontejnmenta na nuklearnoj elektrani Krško (Tehnički izvještaji), »Đuro Đaković« — Westinghouse, Krško 1976.—1977.
- [11] Šimičić K.: Određivanje i kontrola vertikalnosti objekata, Diplomski rad, Zagreb 1979.

SAŽETAK

U ovom članku ukratko je opisana kontrola vertikalnosti cilindričnog djela eličnog kontejnmenta na nuklearnoj elektrani Krško. Mjerenja su obavljena optičkim viskom WILD ZNL (točnost 1 : 30 000, povećanje durбина 10X, osjetljivost libele 20"). Ocjena točnosti mjerenja izvršena je po vertikalama (izvodnicama) po zonama (visinama). Postignuta je relativno visoka točnost mjerenja (1 : 46 000).

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Aufsatz ist die Kontrolle der Vertikalen von zylindrischen Teilen des Stahlbehälters (»containment«) am Kernkraftwerk Krško beschrieben. Die Messungen sind mit dem optischen Lot Wild ZNL (Genauigkeit 1 : 30000, die Vergrößerung des Fernrohres 10X, die Genauigkeit der Libelle 20") durchgeführt. Die Genauigkeitsabschätzung der Messungen ist für die Vertikalen und Höhen gegeben. Die erreichte Genauigkeit ist relativ sehr gross : 1 : 46000.

Primljeno: 1980—02—25