

Ing. Franjo Rudl — Ljubljana

Proučavanje deformacija visokih pregrada geodetskim metodama

(Osvrt na h. c. Moste)

U opšte

Kod geodetskih metoda određivanja deformacija pregrada upotrebljavamo precizne teodolite i precizne nivelire. Pošto se kod tih merenja naslanjamo na fiksne ishodne tačke, dobijamo apsolutne vrednosti deformacija za razliku od drugih metoda, gde se upotrebljavaju klatna i klinometri.

Opažanja možemo da vršimo već i za vreme gradnje i tako smo u stanju odrediti prostorne promene pregrade, koje uzrokuje prvo punjenje akumul. bazena. Ove promene su naročito interesantne za projektanta i za stručnjaka, koji gradi pregradu.

Po prvom punjenju bazena ređaju se naizmenično pražnjenja i punjenja bazena, opažanja vršimo dalje i time dobivamo podatke za određivanje prostornih promena, koje nastaju do definitivne elastičnosti pregrade.

Posle izvršenog građenja treba nastaviti kontrolna merenja, i to periodično.

Sa geodetskim metodama kontroliramo i eventualna pomeranja fundamentalne skale, kao i visinske promene tačaka okolo pregrade koje su pristupačne za niveliranje

Geodetska merenja delimo na trigonometrijska merenja, gde opažamo horizontalne i visinske uglove i na direktno visinsko merenje putem nivelmana.

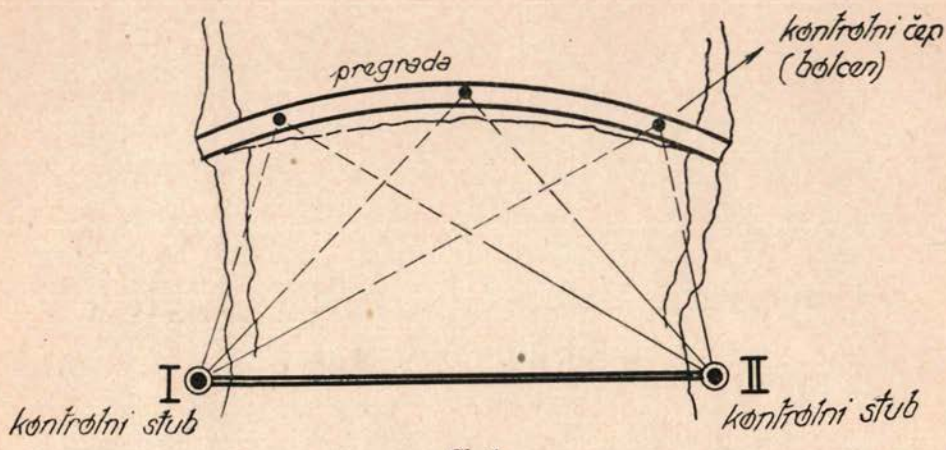
Napominjemo, da su ove metode bile prvi put primenjene godine 1921 u Švajcarskoj i to na lučnoj pregradi Montsalvens.

Osnova za trigonometrijska opažanja.

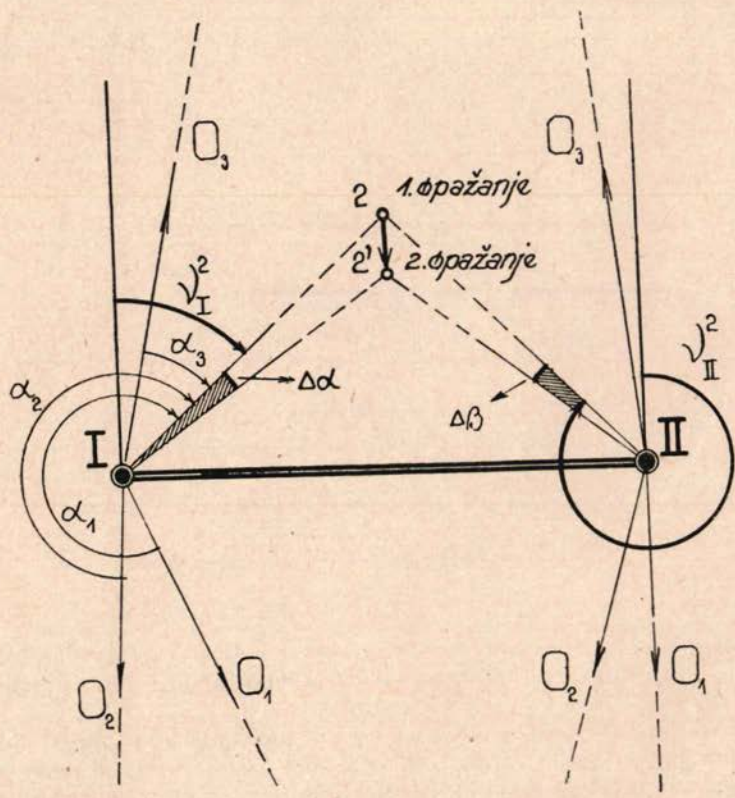
(Vidi sliku 1.)

Kao izhodište za trigonom. opažanja uzme se fiksna baza odakle opažamo tačke (kontrolne čepove) pregrade sa po mogućnosti najpovoljnijim preseccima i određujemo ih sa preseccanjem napred.

Praktična iskustva su pokazala, da su nastajala pomicanja čak i kod kontrolnih stubova koji su fundirani na steni. Zato se ti stubovi u novije vreme osiguravaju još sa dodatnim stubovima (tzv. osiguravajući stubovi), koji se nalaze izvan tlačne zone pregrade.



Sl. 1



Sl. 2

Komponente pomicanja (deformacija) kontrolnih bolcni (čepova) na pregradi određujemo pomoću *razlike pravaca* između prijašnje i sledeće periode opažanja na istim kontrolnim stubovima. (Vidi 2. sliku)

Osobito je važno, da su ovi pravci pouzdano orijentirani. Zbog toga je potrebno izabrati orijentacijske tačke *izvan tlačne zone* pregrade i odstojanja između kontrolnih stubova i orijentacijskih tačaka ($O_1, O_2, O_3 \dots$) mora biti toliko, da bude greška orijentacije, koja bi nastala zbog event. pomicanja kontrolnog stuba neznatna prema samoj greški opažanja.

Za trigonometrična merenja dolazi u obzir jedino precizni teodolit, a tačnost takvog teodolita moramo u punoj méri iskoristiti sa bresprekornim centriranjem i signaliziranjem.

Kontrolni bolcni moraju biti takvog oblika, da su podesni za horizontalne i vertikalne vizure. Preporučuje se, da se njihova potrebna veličina i najpodesniji oblik ispita sa probnim viziranjem na vizurne marke, nacrtane na kartonima još pre izrade istih i usađivanja u pregradu.

Usađivanje u pregradu mora biti solidno izvedeno, jer je naknadno popravljavanje teško izvodljivo zbog strme pregrade.

Sa preciznim teodolitom Wild T-3 (predviđen za triangulaciju I. i II. reda) je moguće postići takvu *tačnost opažanja* pravca, da srednja greška ne bude veća od $\pm 0''.5$ (kod dva girusa), što odgovara oštřini od $\pm 0,24$ mm na dužini od 100 m, a pretpostavljajući da opažanja vrši rutiniran opservator.

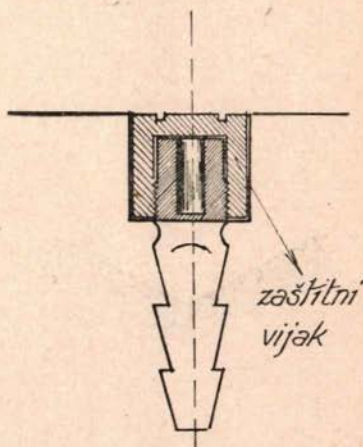
Visinski (vertikalni) *krugovi* novih preciznih teodolita su dandanas tako usavršeni, da je moguće skoro jednako tačno određivati i visinske promene. Wildov instrument T-3 daje n. pr. $\pm 0''.9$ što odgovara oštřini od $\pm 0,5$ mm na dužini od 100 m. Ova okolnost nam veoma olakšava rad kod tačaka, koje nisu dostupne za nivelanje.

S time još nije rečeno, da se deformacije mogu tako tačno odrediti, jer treba imati u vidu da uplivišu još i drugi faktori i to: tačnost centriranja instrumenata, tačnost centriranja vizurnih ploča, dobra vidljivost orijentacijskih tačaka, lična greška opažača i dnevni čas opažanja.

Kao postolje (podloge) za precizni teodolit dolaze u obzir samo betonski stubovi fundirani na čvrstoj steni.

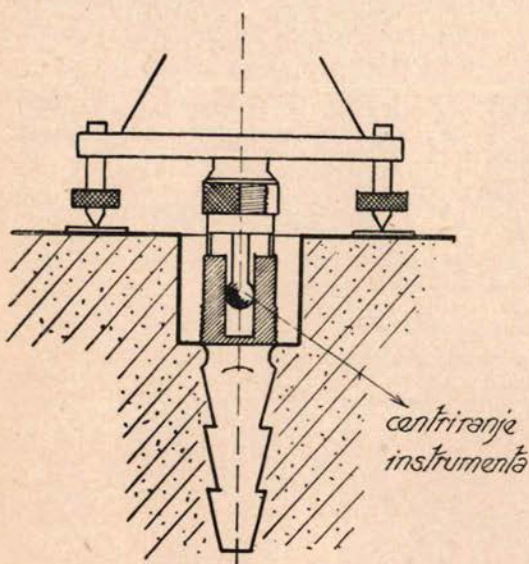
Širina stubova je normalno 50×50 cm i visina nad zemljom 1,20 m. U sredini glave stuba je usađen čep za centriranje istrumenta odnosno vizirne ploče.

Posle dugogodišnjeg iskustva upotrebljavaju Švajcarci u najnovije vreme čepove sledećeg oblika (vidi sl. 3 i 4).

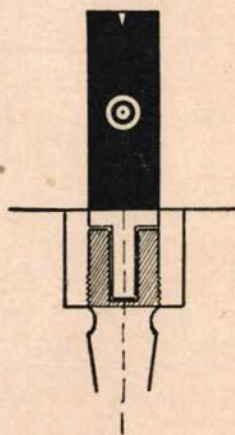


Sl. 3

Čep treba vertikalno uzidati, jer je od toga dobrim delom zavisna oštrina centriranja teodolita i vizurne ploče. Z druge strane zavisi oštrina centriranja i od precizne mehaničke obrade čepa i kugle, koja ne sme da bude labava u šupljini čepa.



Sl. 4



Sl. 5

U 5. slici je prikazan oblik novih švajcarskih vizirnih ploča.



Sl. 6

Osiguravajuće tačke na stenama tlačne zone pregrade signaliziramo sa vizirnom markom oblika (vidi 6 sl.)

Crno bojen znak služi zato da se brže nađe čep.

Za svaki kontrolni stub trebamo 3—4 orijentacijske tačke (O_1 , O_2 , O_3 itd.) zbog pouzdanog orijentiranja opažanih pravaca.

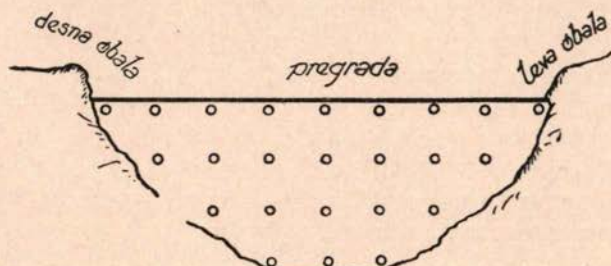
Za orijentacijske tačke izabiramo samo fiksna — nepomična mesta; posve je razumljivo da dolaze u obzir pre svega stene u kojima ugrađujemo vizirne marke, čija veličina pak zavisi od dužine vizure. U slučaju, da nema takvih mesta izaberemo kao orijentacijske tačke crkvene tornjeve ili druge primerno signalizirane trig. tačke.

Kontrolne čepove u pregradj razvrstamo u horizontalnim i vertikalnim linijama (vidi sl. 7).

Njihovo međusobno otstojanje neka bude tako, da se može dobiti kontinuirana slika promena, koje nastaju u pregradj.

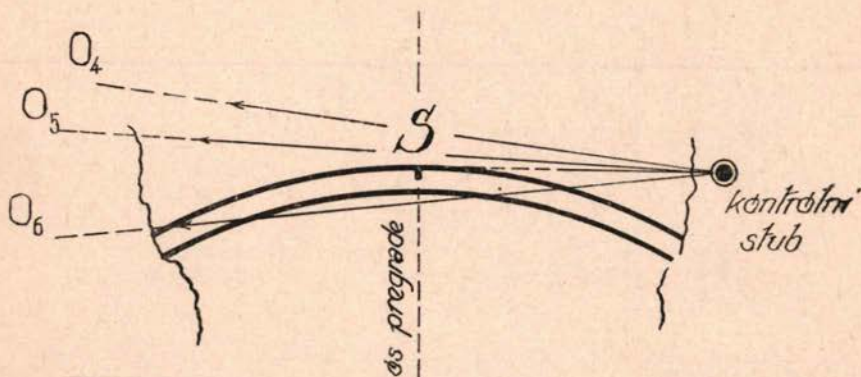
Preporučuje se, da se trigonometrijskim putem određuju i one tačke, na kojima su pričvršćena klatna, jer se na ovaj način lako koordinira i upoređuje jedna i druga metoda opažanja.

Pored kontrolnih čepova na pregradi uzidamo još i kontrolne čepove u steni levo i desno od pregrade i takođe za njih vršimo trig. opažanje.



Sl. 7

Trigonometrijska opažanja vršimo svakog 2. ili 3. meseca, a da u tome vremenu ne bi ostali bez ikakve trigonometrijske kontrole, češće se (t. j. tjedno) kontrolira pomicanje sredine vrha pregrade »S«.



Sl. 8

Opazanja treba izvršiti sa stuba, koji je postavljen približno u pravcu tangente na »S« — vidi sliku 8. Stub mora biti na višoj koti od kote budućeg nivoa jezera. Opazanja vršimo s priključkom na 2 do 3 orijentacijske tačke (O₄, O₅ itd.)

Ova opažanja se sada preporučuju kao nadoknada pre uobičajenih opažanja putem aliniranja (lignement), koja nisu uvek zadovoljavala baš zbog toga, što se ceo sistem aliniranja nije mogao uvek besprekorno izvesti, odnosno sprave za aliniranje nije bilo moguće postaviti na najpogodnijem mestu usled raznih prepreka.

Precizni nivelman

Visinske deformacije tačkaka pregrade su većim delom tako neznatne, da se za određivanje istih ne možemo poslužiti običnim tehničkim nivelmanom.

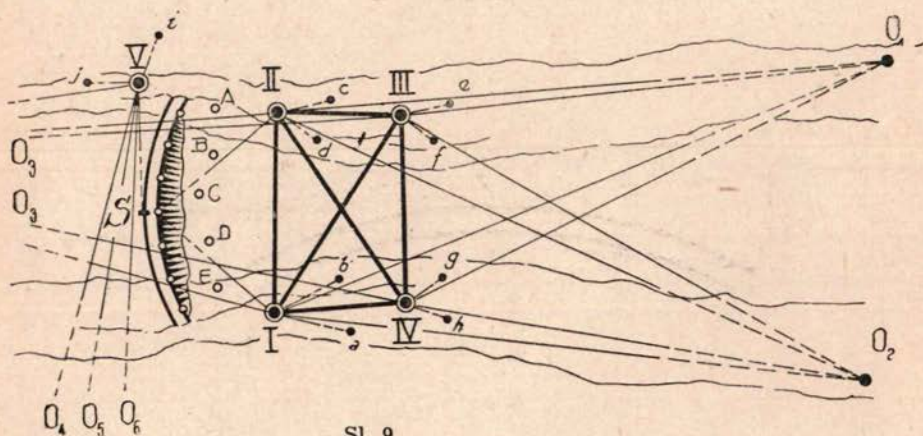
Već samo nagomilavanje grešaka na dužim otstojanjima govori u prilog upotrebe preciznog nivelira i baš tako kao kod opažanja horizontalnih deformacija, moramo i za visine tražiti priključke na nepomične visinske tačke — repere izvan tlačne zone.

Na samoj pregradi biće najpristupačniji deo za niveliranje kruna odnosno vrh pregrade, a tačke za niveliranje izabiramo u tim prečnim presecima gde se nalaze kontrolni čepovi.

Između polaznog (početnog) repera i pregrade se uzidaju umesni reperi radi kontrole promene okoline pregrade. Razumljivo je, da treba nivelirati i sve za nivelman dostupne kontrolne stubove.

Sa preciznim nivelinom možemo postignuti tačnost od $\pm 0,4$ mm na 1 km. Visinsku razliku između dveju susednih tačkaka na kruni pregrade pa možemo sa dvostrukim niveliranjem odrediti pribl. do na $\pm 0,05$ mm tačno.

Izvršenje geodetskih radova



Sl. 9

Skica trigonometrične mreže za određivanje deformacija pregrade sa geodetskim metodama.

Legenda:

- | | |
|--|---|
| I, II, III | kontrolni stubovi odakle se vrši opažanje, |
| O ₁ , O ₂ , O ₃ | orientacijske tačke, |
| 1, 2, 3 | kontrolni čepovi na pregradi, |
| a, b, c, d | osiguravajuće tačke, |
| A, B, C | signalizirane tčke u stenama (okolica pregrade) |

Projektovanje mreže i sistema opažanja treba poveriti geodetskom stručnjaku koji ima dovoljno prakse u svima radovima triangulacije i nivelmana. Samo opažanje traži brzog i pouzdanog operatora. Postojati mora uska saradnja između rukovodioca gradnje i geodetskog stručnjaka tako, *da se na vreme mogu izvršiti sve potrebne pregradnje* — građenje kontrolnih stubova, sjenica na stubovima, prilazi do kontrolnih stubova, odklanjanje prepreka koje mogu sprečavati ispravno viziranje, ugrađivanje kontrolnih čepova itd.

Ova skica prikazuje normalni sistem mreže koji se doduše neće moći svuda ostvariti jer će nas sama konfiguracija terena više ili manje prisiliti na specifično oblikovanje mreže

Ovim bi bile date *opšte smernice* za geodetske radove u cilju određivanja deformacija pregrade

U nastavku ovog članka ćemo detaljno prikazati razvoj tih radova kod hidrocentrale *Moste* (NR Slovenija), gde smo prvi put u našoj državi počeli sa primenom geodetskih metoda u svrhu određivanja deformacija pregrada.