

Određivanje horizontalnih i vertikalnih deformacija dolinskih pregrada geodetskim metodama

U našem petogodišnjem planu prvo mjesto zauzima elektrifikacija zemlje, pa s tim u vezi i gradnja vodnih brana.

U članku kojega ovdje donosimo izložen je način ispitivanja i kontroliranja deformacija brana geodetskim mjerenjem.

Radi aktuelnosti ovog problema u našim prilikama, a dozvolom redakcije Zeměměřickog Obzora, prenosimo u cijelosti članak Ing. Dr. Stanislava Ledabyla u prevodu ing. Mate Janковиća.

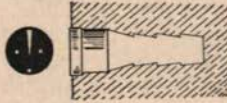
Uredništvo

Nekoliko iznenadnih proloma brana u Švicarskoj, Americi, na rijeci Desni i drugdje, i uništenje veoma cijenjenih vrijednota i ljudskih života, uslijed poplave, dalo je povoda studiju i kontroli deformacije dolinskih pregrada kod raznih visina razive vode i to odmah po završetku gradnje i kasnije u godišnjim ili višegodišnjim intervalima. U ovom članku autor opisuje uglavnom švicarski način određivanja i kontrole ovih deformacija.

Svakom velikom tehničkom djelu potrebno je posvetiti odgovarajuću skrb ne samo tokom gradnje, nego i po dovršetku. To načelo vrijedi pogotovo za dolinske pregrade obzirom na troškove s kojima su bile izgrađene, na njihov značaj za vodogospodarsku i narodnu privredu, te estetski, klimatski i drugi značaj. Takve građevine, koje smjelošću svoje konstrukcije zadivljuju javnost uistinu zaslužuju, da im se posveti pažnja u svakom smislu. Već kod projektiranja brane nastoji projektant pronaći takovo mjesto, koje će zajamčiti stabilnost brane. To će uvijek biti stijena, na kojoj će biti izgrađeno to krasno tehničko djelo, i to čvrsta stijena, kompaktna, učvršćena možda injekcijama. Radi toga izvodi se najprije brižljivo geološka ispitivanja mjesta, na kojem će stajati buduća betonska pregrada, teren se ispituje kopanim i vrtanim sondažama do znatnih dubina, iz čega se saznaje geološki sastav okoline, t. j. debljina slojeva njihov nagib i smjer, kao i petrografski sastav temelja.

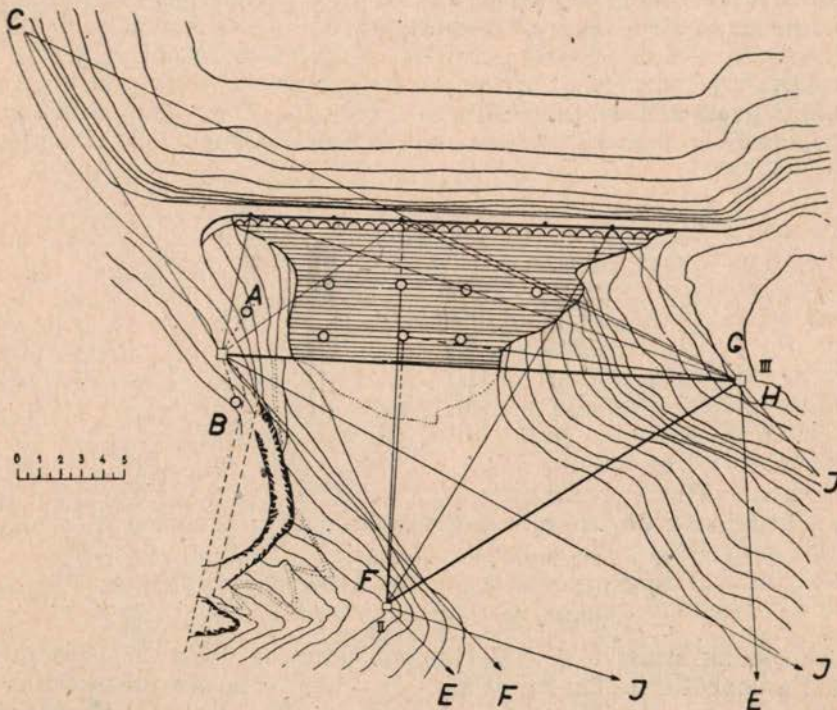
O načinima građenja dolinskih pregrada i o njihovom značenju napisali su već dosta zato pozvani stručnjaci. Nas ovdje zanima najprije kontrola stabilnosti postavljene betonske pregrade t. j. njena horizontalna odnosno vertikalna pomjeranja pri raznim visinama zadržane vode i određivanje veličine tih pokreta.

Da bismo mogli ustanoviti te elemente, potrebno je izvršiti stanovita osiguranja već tokom gradnje. Poznato je i uobičajeno određivanje horizontalnih pomjeranja pomoću utega, obješenog na dugačku žicu, koja prolazi kroz okomitu šahtu u tijelu brane. Radi ublaženja njihaja uteg se zagnjuri u posudu sa uljem, a pomjeranja se bilježe pomoću fotoregistracionog uređaja.



Sl. 1. Značka u obliku klina

Osim ovoga, kod nas vrlo rasprostranjenog i upotrebljavanog načina, mogu se horizontalna pomjeranja cijelog pregradnog tijela ispitivati i geodetskim metodama. Na vanjskoj strani brane ugradimo još tokom gradnje posebne mjerne značke (sl. 1), koje postavimo tako da se određivanjem njihovog položaja mogu izraziti po mogućnosti deformacije cijele građevine (sl. 2).

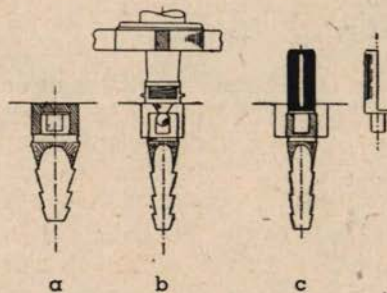


Sl. 2. Pregrada Schräh (Švicarska).

Radi opažanja ovih značaka izgradimo na čvrstoj stijeni sa nizvodne strane brane 2—3 stupa i to tako smještena, da se vizure, koje idu od stupova prama značkama ne sjeku pod dosta oštrim kutom. Taj uslov ne ćemo moći uvijek dobro ispuniti, jer ćemo biti često ovisni o terenskim prilikama. Na gornjoj površini stupa postavimo posebnu napravu za centriranje instrmenta (sl. 3), koja će omogućiti uvijek isto postavljanje instrumenta. Gradnji stupova treba posvetiti veliku pažnju, da isključimo njihov vlastiti pokret prouzrokovan često djelovanjem zemljanih vrsta. Opažanjem izabranih stalnih točaka ustanoviti ćemo dali se ovi stupovi pomiču. Budući da je cijelo pregradno tijelo, a prema tome i stupovi za opažanje, smješteno u dolini, ne ćemo obično postići da ih povežemo na postojeću trigonometrijsku mrežu.

Prvo opažanje značaka, koje smatramo kao osnovne, izvršimo dok je pregrađena dolina bez vode, a ostala opažanja pri raznim vodostajima novo nastalog jezera. Budući da se radi o milimetarskim pomjeranjima, potrebno je osigurati i pripadajuću točnost. Zato ćemo upotrebiti za opažanje Wildov teodolit T_2 ili još bolje T_3 . Stupovi se osiguravaju protiv vremenskih nepogoda drvenom kućicom.

Međusobnu udaljenost stupova, sa kojih namjeravamo opažati pomjeranja brane, odredimo ili trigonometrijski pomoću nove osnovice izabrane na kruni brane, ili pomoću daljinomjerne letve, jer se u većini slučajeva ne će raditi o većoj udaljenosti od 200 m. Na koncu ne će biti potrebno određivati udaljenost stupova sa osobitom točnošću, jer se radi o određivanju relativnih horizontalnih pomjeranja. Ova pomjeranja izražavamo grafički i dobiti ćemo tako preglednu sliku, kako se situaciono mijenja položaj značaka obzirom na vrijeme i visinu vode u umjetnom jezeru.

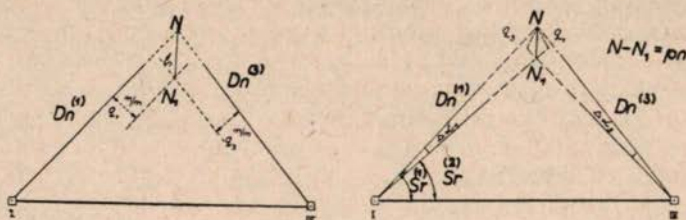


Sl. 3. Čep za centriranje, ugrađen u stup za opažanje

- a) s navrnutim poklopcem
- b) s kugličnim centriranjem teodolita
- c) sa usađenom mjeračom značkom

Ako se sa stupova ne vide trigonometrijske točke, izaberemo ih u blizini na dobro ispitanim mjestima i označimo odgovarajućim oznakama. Na stupovima I, II i III opažaju se pravci na polovicu stalnih točaka, zatim na sve značke ugrađene u brani, a onda na ostalu polovicu stalnih točaka, girusnom metodom u najmanje dva, a najviše četiri girusa. Na

svakom stajalištu sračunaju se reducirani pravci sa nultim pravcem na neku zgodno izabranu stalnu točku. Drugo i daljna opažanja, jednako kao i prva, obave se pri punjenju umjetnog jezera na raznim visinama vode i na svakom se stajalištu sračunaju reducirani pravci.



Sl 3a)

Udaljenosti D_1, D_2, \dots, D_n značaka ugrađenih na brani od stupova I, II i III računaju se pomoću sinusnog pravila iz trokuta, čije su strane I—II i II—III.

Ako označimo reducirane pravce iz prvog osnovnog mjerenja $S_r^{(1)}$, a iz drugog $S_r^{(2)}$, onda će razlika

$$S_{(i)}^{(2)} - S_{(i)}^{(1)} = \Delta \alpha'',$$

(slika 3a) biti kutna odstupanja koja odgovaraju pomjeranju p_n , koje se računaju ovako: na pr. pomjeranje značke N .

Najprije se računaju poprečna pomjeranja q točke N od svake strane:

$$q_1 = \frac{D_n^{(1)}}{q''} \cdot \Delta \alpha''_1$$

$$q_2 = \frac{D_n^{(2)}}{q''} \cdot \Delta \alpha''_2$$

Iz prvog opažanja kutova izradi se plan u mjerilu 1 : 500 svih osnovnih točaka I, II i III i značaka na brani, i to polarnim koordinatografom. Sada se povuku paralele s prvobitnim smjerovima I—N i III—N na sračunatim udaljenostima q_1 , i q_2 (u mm) nanesenim u povećanom mjerilu 10 : 1. Udaljenost presjeka tih paralela od točke N je pravi kosi pomak p_n točke N od prvobitnog položaja do položaja N_1 . Veličina tog pravog kosog pomaka određuje se grafičkim očitanjem sa plana.

Kakvo značenje pridavaju riješenju ovih pitanja u Americi proizlazi iz slijedećeg:

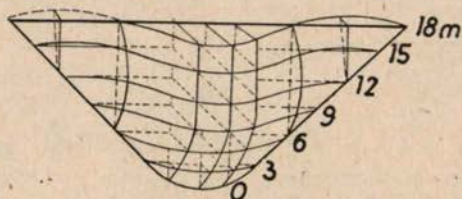
U svrhu studija deformacije bila je u Kaliforniji kod Stevenson Creek izgrađena 1926. godine pokusna pregrada iz nabijenog betona troškom od 150.000 dolara. Pregrada je bila postepeno punjena vodom ovako:

12. srpnja 1926. do visine od prilike 6 m
19. srpnja 1926. do visine od prilike 9 m
20. kolovoza 1926. do visine od prilike 12 m

4. rujna 1926. do visine od prilike 15 m

18. rujna 1926. do visine od prilike 18 m, t. j. do krune brane.

Za svaki navedeni vodostaj bilo je provedeno čitav niz mjerenja sa nešto preko sto specijalnih instrumenata izrađenih od firme U. S. Bureau of Standarts, a koji su bili ugrađeni u zidu brane i spojeni do jedne centrale. Na vanjskoj strani brane postavljena je bila skela koja se ni u jednoj točki nije doticala pregradnog tijela. Da bi se isključio utjecaj temperature većina mjerenja izvršena je bila noću. Rezultati mjerenja su obrađeni i elastične promjene oblika brane predstavljene su grafički (sl. 4).



Sl. 4. Krivulje elastičnih deformacija.

Najveća horizontalna deformacija bila je na kruni brane 9·3 mm, i to u sredini pregradnog tijela. Opažanja su također pokazala da neki zakoni, koji su do tada smatrani kao općenito važeći, nisu bili potvrđeni.

Zanimljivo će biti slijediti deformacije doliske pregrade Boulder Damm.

Slična opažanja vršio je na vranovskoj pregradi 1935-37 profesor visoke tehničke škole u Brnu Dr Ing. A. Semerad i ustanovio maksimalnu horizontalnu deformaciju brane + 7·3 mm.

Osim horizontalnih pomjeranja nastojimo ustanoviti i vertikalna slijeganja, koja su prirodno mnogo manja. Radi određivanja tih slijeganja postavimo široku visinsku mrežu, i to na takovoj udaljenosti od umjetnog jezera, da opterećenje vodom i težina brane nema utjecaja na nivelman-ske oznake.

Opisanim načinom bile su od godine 1921. u švicarskoj prostudirane horizontalne i vertikalne deformacije dolinskih pregrada Montsalvens, Pfaffensprung, Rempen, Schräh, Barberine i Lés Marécottes, i opažena su stanovita odstupanja od zakonitog toka vertikalnih pokreta obzirom na visinu vode t. j. da kod porasta vode značke se spuštaju, a kod spuštanja vode rastu.

Opažanjem se ustanovilo da na brani Rempen vertikalna slijeganja visinskih oznaka nijesu bila funkcija visine vode, nego je taj pokret bio ovisan o vremenu i temperaturi. Zato se preporuča da se kod svakog slučaja točno mjeri temperatura.

Iz visinskih opažanja na pregradi Rempen i Schräh, pokazalo se za četiri godine slijeganje oko 3,5 mm. u kruni brane. Najveće deformacije se pokazuju kod prvog punjenja umjetnog jezera, koje se pri spuštanju vode samo malo mijenja. Sve gore navedene dolinske pregrade pokazuju tokom vremena malo pomicanje nizvodno.

Pri tome su vertikalna slijeganja bila određivana trigonometrijskim putem, što nije osiguravalo dovoljnu točnost. Zato radije uzimamo metodu točne nivelacije, koja se može lako upotrebiti za određivanje nadmorskih visina značaka smještenih na kruni brane. Značke ugrađene u tijelu brane određujemo pak sa manje točnosti, jer je potrebno upotrebiti često razne vizurne daljine, što zahtijeva točno rektificirani instrumenat, bez obzira na to, da je na mnogim visinskim značkama ili vrlo teško li uopće nemoguće postaviti nivelacionu letvu.

Za kontrolu preporuča se kombinacija obiju metoda.

Oba navedena pomjeranja horizontalna i vertikalna, nastaju istodobno. Dok horizontalna dosižu veličinu od nekoliko centimetara, vertikalna slijeganja su milimetarske veličine.

Ovi mali uzroci mogu ipak imati velike posljedice i zato preporučam, u interesu sigurnosti stanovništva koje je nastanjeno nizvodno od brane, da se opažaju visinske a pogotovo horizontalne deformacije pregradnih tijela ne samo tokom gradnje, nego i kod gotovih pregrada, i to svake godine za vrijeme velike vode i neposredno poslije njih. Ta bi dužnost trebala biti dana uredima pod čijim je nadzorom brana bila izgrađena kao zakon. Neophodnost ovih opažanja postala je opravdanom poslije katastrofa, koje su se dogodile na rijeci Desni, na pregradi San Francisko u Kaliforniji, na pregradi Val Gleno u Švicarskoj i t. d.

Budući da će u vladinom dvogodišnjem planu doći do gradnje dolinskih brana u Moravskošleskoj na rijeci Svratici kod Vira i na rijeci Oslavi kod Čučica, bilo bi moguće praktički primijeniti opisana opažanja na tim pregradama.

Upotrebljena literatura:

Ing. Dr. A. Semerad: Měření deformaci údolní přehrady ve Vranově nad Dyjí, Praha 1938.

V. Lang: Deformationsmessung an den Staumauern nach den Methoden der Geodesie, Bern 1929.

Der Bauingenieur, godište 1927.

Allgemeine Vermessungsnachrichten, godište 1930 i 1931.

