

## ZBIJANJE TLA I DRUGIH ZRNATIH MATERIJALA ZA GRAĐEVINE (2)

Osvrt na članak H. Brandla tiskan u *Građevinaru* br. 9 od 2002. str. 513-527

Ivo Kleiner, dipl. ing. građ., Zagreb

Članak je vrlo koristan za dobivanje uvida u zbijanje zemljanih materijala tla kojima se koristimo u svim mogućim zahvatima u građevinarstvu, a posebno u cestogradnji. Također daje pregled danas sve više primjenjivane kontinuirane kontrole zbijanja (CCC), s dobivanjem podataka već za procesa zbijanja.

Šteta što je članak usmjeren uglavnom na zbijanje materijala tla za potrebe cestogradnje i objekte vezane uz njihovu gradnju. Problematika zbijanja materijala tla za zemljane brane i ostale hidrotehničke objekte samo se nabroja bez primjera specifičnosti za takve objekte. S obzirom na to da ovaj rad posvećen sjećanju na prof. E. Nonveillera, moram primijetiti da se E. Nonveiller nije bavio problemima zbijanja u cestogradnji, a zbijanja za nasute zemljane brane imaju nešto drugačiju zahtjevnost. Nije uvijek najvažnije postići što je moguće veću gustoću tla ili dobiti što veći modul deformacije, nego u danim uvjetima, pogotovo kod koherentnih materijala tla uz prihvatljive vlažnosti za pojedine vrste tla, dobiti optimalne rezultate zbijenosti, ali uz dobru povezanost između slojeva, jer će o tome ovisiti njihova propusnost i prilagodljivost uvjetima stabilnosti nehomogenih presjeka nasutih brana. Pri zbijanju nasutih hidrotehničkih građevina važno je držati se zadanih parametara, kako bi se postiglo ono što je projektom predviđeno, i tako zadovoljiti sve vanjske i unutarnje utjecaje nehomogenosti materijala u poprečnom presjeku, te hidrostatsku i hidrauličku stabilnost nasute građevine, uz prihvatljive deformacije i ukupna slijeganja.

Zbog ovakvih specifičnosti u zbijanju materijala tla za hidrotehničke nasute građevine važno je znati kakve vrste i kvalitete materijala tla imamo na raspolaganju u blizini objekta, jer će o tome uvelike ovisiti izbor projekta poprečnog presjeka, a u krajnjoj liniji i tip nasute građevine, ako želimo da i komercijalno objekt bude konkurentan.

Osvrnuo bih se još na primjere prikazane u članku pod naslovom *Visoki nasipi umjesto mostova*, ali samo toliko koliko s geomehaničkog aspekta treba dati primjedbe.

Na presjeku stomatarskog nasipa (slika 19.) ucrtana je "stara klizna ploha" i "trošni koluvij", a da nije prikazano da je na tome mjestu nešto očišćeno ili iskopom odstranjeno. Na kontaktu dodanoga visokog nasipa s naravnim pokosom svakako treba položiti drenažni sloj (možda i još negdje) koji će procjedne vode iz postojećeg pokosa i novosagrađenog nasipa izvući brzo i bez posljedica u nožici nasipa. Premješta se rijeka, a novo se korito osigurava samo "nabačajem" u nožici, ne vidi se zaštita nasutog pokosa od erozije oborinskih voda, dok su na desnom pokosu obavljani ozbiljni radovi osiguranja sa sidrima i zidovima.

Izmjereni podaci o slijeganju nasipa od "samo oko 1 – 2 ‰ visine nasipa uz slijeganje temeljnog tla od svega nekoliko decimetara", koje se "stabiliziralo nakon razdoblja konsolidacije od nekoliko mjeseci (tijekom zime)", izgledaju gotovo nevjerovatni kada iz iznesenih podataka vidimo da se radi o "zemljanom materijalu i temperaturama koje su se nekada spuštale i do - 25°C" i vrlo kratkom

vremenu izgradnje pod teškim zimskim uvjetima građenja. Najvjerojatnije upotreba riječi "zemljani materijali" nije najprikladnija za materijale ugrađene u ovom nasipu koji se pretežno sastojao od "stijenskog materijala (tinjasti škrljac, mjestimično trošan i fragmentiran), pješčanog šljunka, sitnoga pijeska, plosnatog koluvija te mjestimičnih naslaga glinasto-pješčanog praha", a uz to se još pazilo da se slabiji materijal polaže u zone koje nisu bile značajne za stabilnost nasipa. "Kada se bolje analizira tekst onda se vidi da je "... dugoročnim promatranjem nasipa ustanovljeno da se nasip ponaša odlično, a diferencijalno slijeganje zbog heterogenosti podloge uglavnom se izjednačilo po visini stomatarskog nasipa, tako da je kruna ostala vrlo ravna". I dalje "... kolnik je izveden na visini koja je za 10 cm viša od projektirane, a to je napravljeno da bi se kompenzirala buduća slijeganja". Ta je rezerva iskorištena kroz vrijeme od pet godina, a dugoročna slijeganja su od toga vremena bila praktički zanemariva. Sve u svemu ipak znatno veća slijeganja i duže razdoblje konsolidacije nego što je bilo prvotno napisano.

Na slici 20. prikazan je presjek nasipa visokog 120 m "... koji sada povećava ukupnu stabilnost 500 metara visoke nestabilne padine". Prikazani presjek koji u vrhu ima znatno veće nasipane mase nego u nožici, s malim zasjecima-stepenicama na postojećem pokosu od trošnog škrljca odnosno mokroga fragmentiranog koluvija ne ulijeva baš povjerenje u povećanu stabilnost pokosa.

Radi usporedbe s prvim primjerom na slici 19. spominjem da su slije-

## Reagiranje

---

ganja nasutih hidrotehničkih brana s centralnom ili malo zakošenom glinenom jezgrom bez podloge u presjeku od 0,5 - 1,5 % od visine nasutog tijela, a ukupno konsolidacijsko razdoblje traje desecima godina (vidi članak E. Nonveiller, *Slijeganje nasutih brana*, *Građevinar* 7/1993., str. 379-389).

Na kraju želim naglasiti da je šteta što ovako interesantan rad napisan

uz veliko znanje i iskustvo u zbijanju raznih vrsta materijala tla i izneseni primjeri nasipavanja nisu bili bar malo približeni problematici nasipavanja na hidrotehničkim nasutim objektima čime se bavio prof. dr. E. Nonveiller. Tada bi se moglo vidjeti koliko su načini zbijanja napredovali i u tim radovima gdje se pojavljuje specifična problematika nasutih nehomogenih presjeka sa zonama često vrlo uske plastične jezgre un-

tar kamene brane. Ovu problematiku trebalo bi razmatrati uz moguće varijacije podloge (osnovno tlo) kojemu se tijelo brane treba prilagoditi, kako bi deformacije nasipnog tijela bile u granicama prihvatljivim za propusnost, nadvišenja približna stvarnim slijeganjima, a sve to učinjen uz optimalno uloženu energiju zbijanja s obzirom na potrebe raznih vrsta materijala tla u presjeku brane.