

**GEOTEHNIČKO INŽENJERSTVO INSTITUTA ZA ISPITIVANJE MATERIJALA - IMS  
(KRATAK ISTORIJAT, PREGLED STANJA I POGLEDI KA BUDUĆNOSTI)**

**GEOTECHNICAL ENGINEERING OF THE INSTITUTE FOR TESTING OF MATERIALS -  
IMS (BRIEF HISTORY, STATE-OF-ART, AND OUTLOOK TO THE FUTURE)**

Pregledni rad / Review paper  
UDK /UDC:  
Rad primljen / Paper received:

Adresa autora / Author's address:  
Institute for Materials Testing (IMS), Belgrade, Serbia  
email: [nenad.susic@institutims.rs](mailto:nenad.susic@institutims.rs)

**Ključne reči**

- geotehničko inženjerstvo
- laboratorijska ispitivanja
- terenska ispitivanja
- projektovanje geotehničkih konstrukcija

*Izvod*

*Razvojem građevinskog konstrukterstva, projektovanja i izgradnje objekata pod rukovodstvom vrhunskih stručnjaka Instituta IMS, u vreme postojanja Jugoslavije, razvijala se i svest o potrebi uvođenja geotehničkog inženjerstva u okviru instituta. S obzirom da su se, u fazi projektovanja, pojavljivali problemi na koje je trebalo dati odgovore po pitanju fundiranja objekata, to se vremenom javljala i potreba za uvođenjem geotehničkog inženjerstva kao posebnog centra u okviru Instituta IMS. U tom smislu, paralelno sa razvojem i implementacijom geotehničkog inženjerstva, stvarana su i nova iskustva u ovoj multidisciplinarnoj kompleksnoj oblasti koja povezuje građevinarstvo i geologiju. Hronološki posmatrano geotehničko inženjerstvo u Institutu IMS može se podeliti na tri vremenska perioda: prošlost 1948-2000.god. kao period razvoja, implementacije i projektovanja građevinskih i geotehničkih konstrukcija, sadašnjost 2000-2023. god. period uvođenja multidisciplinarnih savremenih metoda ispitivanja tla i geotehničkih konstrukcija uzimajući u obzir softversko-hardverski inženjering, i budućnost od 2023. god. kao period značajnije primene informatičkih tehnologija i sistema u rešavanju geotehničkih problema.*

**PERIOD PROŠLOSTI - 1948-2000. GOD.**

Period prošlosti, prvenstveno, razvijao se na polju bušenja tla na predmetnim lokacijama, laboratorijskim geomehaničkim ispitivanjima tla i izradi geotehničkih elaborata kako bi se mogli dati ključni odgovori o ponašanju i fizičko-mehaničkim svojstvima tla kroz kvalitativni opis i kvantitativne analize parametara. Ovi parametri su dalje korišćeni za izradu matematičkih modela ponašanja tla u interakciji sa konstrukcijom. Dominantnu ulogu su imale diferencijalne jednačine u određivanju različitih problema plitkih i dubokih fundamenata, ali i analiza ponašanja tla u uslovima različitih naponskih stanja i specifičnim uslovima/dejstvima kojima su tla izložena. U tom smislu ističe se rad akademika dr Dušana Milovića na poljima istraživanja ponašanja trakastih temelja i temeljnih ploča, analizama ponašanja šipova i definisanju sopstvene procedure za analizu šipova iz statičkih testova uzimajući u obzir matematičku formulaciju sličnu rešenju proračuna prema CPT testu. Dakle, empirijsko-matematički formulisan problem analize nosivosti šipova. Za

**Keywords**

- geotechnical engineering
- laboratory testing
- in-situ testing
- design of geo-structures

*Abstract*

*With the development of construction engineering, design and construction of buildings under the leadership of the top experts of the IMS Institute, during the existence of Yugoslavia, the awareness of the need to introduce geotechnical engineering within the Institute was also developed. Given that, in the design phase, there were problems that needed to be answered in terms of building foundations, the need to introduce geotechnical engineering as a separate centre in IMS Institute arose over time. In this sense, in parallel with the development and implementation of geotechnical engineering, new experiences were created in this multidisciplinary complex field that connects civil engineering and geology. Viewed chronologically, geotechnical engineering at IMS Institute can be divided into three time periods: 1948-2000 was the period of development, implementation and design of construction and geotechnical structures, present is 2000-2023 as the period of introduction of multidisciplinary modern methods of testing soil and geotechnical structures, taking into account software-hardware engineering, and future from 2023 as the period of significant application of IT technologies and systems in solving geotechnical problems.*

potrebe in-situ ispitivanja tla kupljen je penetrometar za test statičke penetracije (CPT - Cone Penetration Test), u vreme kada je rukovodilac geotehnike bio inženjer Ljubomir Bogdanović. Institut IMS je tada, među prvima u Jugoslaviji, imao opremu za CPT ispitivanje i među prvima je uveo ovo ispitivanje kao standardno in-situ ispitivanje tla. U elaboratima o CPT ispitivanju tla interpretirana i prezentovana su dobijena rešenja. Na taj način, pored laboratorijskih ispitivanja uzoraka tla, dobijena su i rešenja o naponskim stanjima tla direktno in-situ mereći, što je povećalo stepen pouzdanosti parametara potrebnih za geotehnička projektovanja. U oblasti geotehnike ističe se i rad inženjera Živorada Čertića. Takođe, značajan doprinos radu Instituta IMS dao je i dr Hranislav Bogdanović koji je, između ostalog, definisao novu metodu proračuna sleganja na osnovu rezultata CPT testa, ali je razmatrao i dinamička svojstva terena in-situ ispitivanjem. Pored toga bavio se i problematikom parametara deformabilnosti tla određenih na osnovu rezultata CPT testa, određivanjem funkcije promene deformacionih

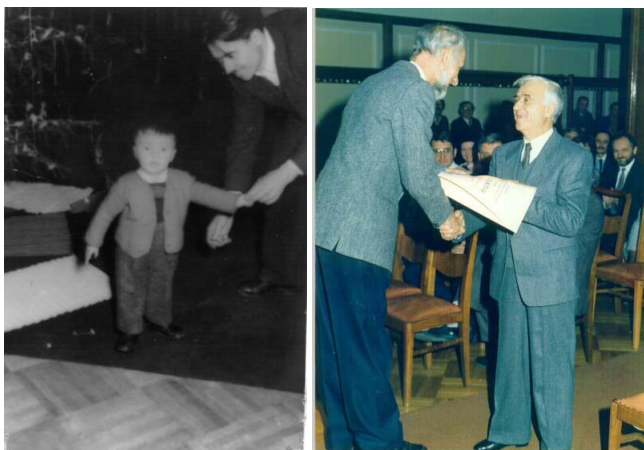
modula sa konsolidacionim pritiskom i problemima sanacije klizišta, analizirajući značaj ostvarivanja uslova modelske sličnosti pri određivanju parametara čvrstoće na smicanje. Dr Hranislav Bogdanović je određeni period obavljao i funkciju generalnog direktora Instituta IMS. Izučavanje problematike dinamičkog ponašanja tla bila je oblast dr Miloša Manojlovića, koji se bavio i problemima seizmičkog inženjerstva tla. Pored primene testova in-situ ispitivanja tla, početkom devedesetih godina, uveden je i test statičkog opterećenja šipova (*SLT - Static Load Test*). Ova ispitivanja, u okviru Instituta IMS, uvedena su od strane dr Nenada Šušića uz asistenciju dr Aleksandra Spasojevića. Ovako dobijeni rezultati ispitivanja predstavljaju etalon za komparaciju i unapređenje analitičko-numeričkih rešenja nosivosti šipova dobijenih iz laboratorijskih ispitivanja uzoraka tla i in-situ ispitivanja tla. Značajan broj projekata sanacije klizišta urađen je od kraja osamdesetih, tokom devedesetih i dve-hiljaditih godina, uvodeći sopstvena originalna rešenja od strane dr Nenada Šušića. Dolaskom dr Aleksandra Spasojevića u Institut IMS u proračunu geotehničkih problema uvode se različita softverska rešenja-aplikacije u proračunu geotehničkih konstrukcija, ali i u analizi simplifikovanih i kompleksnih naponsko-deformacijskih stanja tla. Pored svega navedenog, potrebno je istaći uspostavljanje metodologije i višedecenijsko iskustvo na geomehničkoj kontroli kvaliteta ugrađenog materijala u 40-tak nasutih brana u Srbiji i inostranstvu.



Slika 2. Geomehnička laboratorija - oprema za ispitivanje uzoraka (period 1955. - 1960. godina)



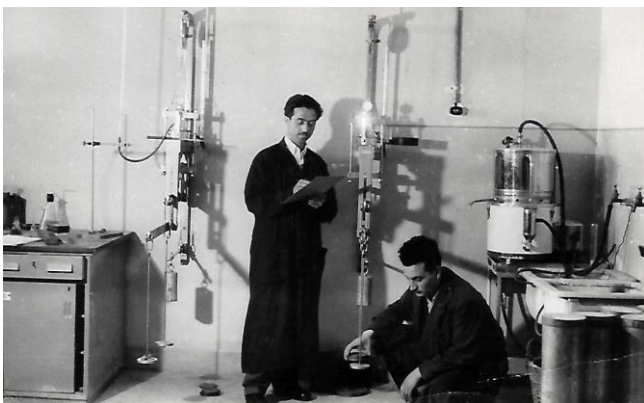
Slika 3. Terenski rad Geomehničke laboratorije (period 1955. - 1960. godina)



Slika 1. Nova 1953.-1954. godina - dodela paketića (levo); Dodela plaketa za uspešan rad 80-tih godina (desno).



Slika 4. Izrada cementne stabilizacije (period 1955. - 1960. godina)







Slika 5. Kern garnitura - oprema (period 1955. - 1960. godina)



Slika 6. Kenija - Institut IMS je radio na definisanju oštećenja na putevima (period 1955. - 1960. godina)



Slika 7. Trenuci opuštanja i druženja (period 1955. - 1960. godina)



Slika 8. Geotehnika - druga polovina 90-tih godina



Slika 9. Trenuci opuštanja i druženja - Manastir Prohor Pčinjski - januar 1995. godina

#### PERIOD SADAŠNJOSTI - 2000-2023. GOD.

Period sadašnjosti Centra za puteve i geotehniku uspostavljen je pod rukovodstvom dr Nenada Šušića, koji je doprineo proširenju spektra poslova u geotehničkom inženjerstvu, zauzimanju liderstva na tržištu poslovanja geotehnike i povećanju ukupnog obima poslovanja Centra, pa i Instituta IMS. Dr Nenad Šušić je autor i koautor nekoliko patenata:

- Geo-konstruktivni sistem za sanaciju klizišta u urbanim sredinama (2007) - zlatna medalja (međunarodni sajam u Nirnbergu-Nemačka) i više zlatnih medalja sa domaćih izložbi,
- Betonski elementi sa ispunom za ojačanje zone klizanja terena (sa prof. dr Dragoslavom Rakićem) (2013) - zlatne medalje (međunarodne izložbe pronalazaka i tehnologija u Sevastopolju-Rusija i Republika Češka), srebrne medalje i nagrade sa međunarodnih i domaćih sajmova i izložbi,
- Cevasti elementi za sanaciju klizišta (sa Markom Pricom i mr Kristinom Božić-Tomić) (2018) - zlatne medalje (međunarodna izložba pronalazaka i tehnologija u Sevastopolju-Rusija i u Siriji), posebne nagrade (međunarodne izložbe inovacija u Singapuru i Portugaliji), srebrna medalja (međunarodna izložba inovacija i pronalazaka u Kini), zlatne medalje i nagrade sa međunarodnih i domaćih sajmova i izložbi,

- Sistem sa oprugom za poboljšanje dinamičkog ispitivanja šipa (sa dr Mladenom Čosićem i Markom Pricom) (2021)
- zlatne medalje (međunarodna izložba pronalazaka i tehnologija u Sevastopolju-Rusija) zlatne medalje sa međunarodnih i domaćih izložbi.

Dr Nenad Šušić, uz asistenciju inženjera Marka Price i mr Kristine Božić-Tomić, izgrađuje i učvršćuje tim multidisciplinarnih inženjera i tehničara Centra za puteve i geotehniku koji uspešno:

- primenjuju savremene metode i testove in-situ ispitivanja tla,
- primenjuju savremene metode i testove in-situ ispitivanja dubokih fundamenata,
- primenjuju savremene metode i testove laboratorijskih ispitivanja tla i geomaterijala,
- rešavaju različite probleme sanacije klizišta,
- učestvuju u projektovanju, nadzoru i ispitivanju puteva i saobraćajnica širom Republike Srbije.

Značajna aktivnost centra usmerena je ka terenskim i laboratorijskim geološko-geotehničkim istraživanjima i ispitivanjima za potrebe izrade projektno-tehničke dokumentacije, za različite faze i nivoe projektovanja objekata visokogradnje, niskogradnje, saobraćaja i hidrogradnje, kao i za potrebe prostornog planiranja i zaštite životne sredine. Stručni nadzor, kontrola kvaliteta tokom građenja, rekonstrukcije i sanacije objekata različite namene, izrada studija, ekspertiza, konsultantske usluge, kompletan konsalting u oblasti geotehničkog inženjeringa neke su od delatnosti centra.

Po pitanju in-situ geotehničkih istraživanja i ispitivanja izdvajaju se:

- izvođenje istražnih bušotina garniturom za bušenje tla,
- testovi standardne penetracije (*SPT - Standard Penetration Test*),
- testovi statičke penetracije mehaničkim (CPT) i električnim (CPTU) penetrometrom,
- testovi dilatometarskom sondom (*DMT - DilatoMeter Test*) i testovi seizmičkim dilatometrom (*SDMT - Seismic DilatoMeter Test*),
- određivanje modula stišljivosti i modula deformacije tla kružnom pločom (*SPLT - Static Plate Load Test*),
- određivanje dinamičkog modula kružnom pločom (*DPLT - Dynamic Plate Load Test*),
- ispitivanja vodopropustljivosti tla različitim terenskim metodama (VDP),
- posebno ispitivanje vodopropusnosti pukotinskih sistema u stenskim masivima metodom *Lugeon* sa hidrauličkim pakerima i sa video nadzorom,
- ugradnja pijezometarskih konstrukcija sa osmatranjem i praćenjem režima podzemnih voda i dr.

Terenske metode ispitivanja šipova zauzimaju značajno mesto u delatnosti Centra za puteve i geotehniku, tako da se, po tom pitanju, Institut IMS izdvaja kao lider na tržištu. Za ispitivanje nosivosti šipova koriste se:

- test statičkog opterećenja (*SLT - Static Load Test*),
  - test dinamičkog opterećenja (*DLT - Dynamic Load Test*),
  - test aksijalnog zatezanja (*ATT - Axial Tension Test*),
  - test lateralnog opterećenja (*LLT - Lateral Load Test*),
- dok se za ispitivanje integriteta šipova koriste:
- test integriteta sa senzorom (*SIT - Sonic Integrity Test*),

- test integriteta sa sondama (*CSL - Cross-hole Sonic Logging*).

Posebno treba istaći uvođenje savremenih informaciono-tehnoloških metoda ispitivanja šipova koje se zasnivaju na primeni hardversko-softverskih rešenja. Ove metode i testovi ispitivanja šipova zahtevaju poznavanje teorije i obrade signala i numeričkih metoda u rešavanju problema nosivosti i integriteta šipova. Intelektualno-projektantsko-menadžerski doprinos po pitanju razvoja, projektovanja, izgradnje i implementacije sistema za DLT test šipova dao je inženjer Marko Prica, dok je implementaciju kompletne DLT metode kroz analizu signala zasnovanu na talasnoj teoriji i kompatibilizaciji signala u analizi ponašanja nosivosti šipova dao dr Mladen Čosić.

U Centru za puteve i geotehniku projektuju se nove i analiziraju postojeće kolovozne konstrukcije, uz redovnu kontrolu kvaliteta materijala i izvedenih radova. Ističe se i iskustvo u oblasti putarstva, na projektovanju novih, rehabilitacija i rekonstrukcija postojećih puteva svih rangova sa pratećim objektima i dimenzionisanjem kolovoznih konstrukcija. Stalna su istraživanja u oblasti mehanike kolovoza, kao i geomehanička ispitivanja za potrebe projektovanja tehnologija i gradnje velikog broja saobraćajnica. Značajna su i ispitivanja na polju saobraćajne signalizacije. Problemi sanacije klizišta, posebno na deonicama puteva, nestabilnih kosina useka, zaseka, nasipa puteva i prirodno nestabilnih padina stalna su tematika praktičnog rada Centra. Ovde se projektuju različite geotehničke konstrukcije, od potpornih armiranobetonskih zidova, preko gabiona do geokonstrukcija sa ankerima i sistemima za dodatnu stabilizaciju. Značajna su i projektovanja svih vrsta fundiranja, rekonstrukcija i sanacija objekata različitih namena. S obzirom na značajan broj laboratorijskih ispitivanja uzoraka tla, in-situ ispitivanja tla i šipova, može se reći da Centar za puteve i geotehniku ima izgrađenu sopstvenu bazu ispitivanja koja predstavlja kapitalnu osnovu za dalje analize, ispitivanja i izučavanja ponašanja tla i konstrukcija fundiranih u tlu. Geomehnička svojstva erodibilnog i disperzivnog finozirog tla predmet su istraživanja dr Ksenije Đoković, koja se, takođe, bavi i problematikom deponija, laboratorijskih i in-situ ispitivanja tla.

Laboratorija za puteve i geotehniku značajno unapređena uvođenjem novih metoda i sistema kvaliteta ispitivanja pod rukovodstvom inženjera Radojice Milićevića i dr Ksenije Đoković. U okviru ove laboratorije obavljaju se poslovi:

- identifikaciono-klasifikaciona ispitivanja tla,
- fizičko-hemijsko-mehanička ispitivanja tla: vlažnost, zapreminska masa, granulometrijski sastav, granice konzistencije - Atebergove granice, vodopropustljivost, pritisna čvrstoća, opit direktnog smicanja, opit troosne kompresije, opit stišljivosti u edometru, Proktorov opit, Kalifornijski indeks nosivosti, određivanje optimalnog sadržaja vode cementom stabilizovanog tla, određivanje sadržaja sagorljivih i organskih materija, određivanje sadržaja karbonata,
- fizičko-hemijsko-mehanička ispitivanja kamenog agregata: zapreminska masa, slaba zrna, oblik zrna, sadržaj grudvi, granulometrijski sastav, količina i sadržaj sitnih čestica, obavijenost i skidanje ugljovodoničnih veziva, modul zrnivosti,

- fizičko-hemijsko-mehanička ispitivanja kamenog brašna: nerastvorljive materije u kiselini, indeks otvrdnjavanja, zapreminska masa punila bez šupljina, udeo šupljine punila u suvosabijenom stanju, granulometrijski sastav, tačka razmekšanja,
- fizičko-hemijsko-mehanička ispitivanja bitumena: bitumenski broj, indeks penetracije, duktilitet, tačka loma po Frasu, relativna zapreminska masa i zapreminska masa, gubitak mase grejanjem, penetracija, zatezna svojstva, tačka razmekšanja, otpornost i otvrdnjavanje bitumenskih veziva, kinematski viskozitet bitumena i bitumenskih veziva, rastvorljivost bitumena i bitumenskih veziva, povratna elastična deformacija, stabilnost pri skladištenju,
- fizičko-hemijsko-mehanička ispitivanja bitumenske emulzije: prisustvo vode metodom destilacije, viskoznost tečnih ugljovodoničnih veziva, stepen stabilnosti i homogenosti, obavijenost potapanjem u vodu,
- fizičko-hemijsko-mehanička ispitivanja asfaltne mešavine: zapreminska masa asfaltnih uzoraka, prividna zapreminska masa mineralnih i asfaltnih mešavina, zapreminska masa i sadržaj šupljina, granulometrijski sastav, ispitivanja stabilnosti i tečenja po Maršalu, upijanje vode iz zastora, rastvorljivi udeo veziva, dreniranje veziva, dimenzija asfaltnog uzorka, debljina asfaltnih slojeva u kolovozu, stepen zbijenosti izvedenog sloja,
- fizička ispitivanja saobraćajne signalizacije: koeficijent retrorefleksije, retrorefleksija sjajnosti, sjajnost pri difuziji svetlosti, otpornost površine na proklizavanje/klizanje, debljine suvog i vlažnog filma,
- uzorkovanje tla, kamena, kamenih materijala, kamenog brašna i asfaltnih mešavina:
  - uzimanje poremećenih i neporemećenih uzoraka tla metodom blok uzorka,
  - uzimanje uzoraka prirodnih i drobljenih agregata,
  - uzimanje i priprema uzoraka kamenog brašna,
  - uzimanje uzoraka asfaltnih mešavina i kernovanje.

U okviru laboratorijskih ispitivanja na terenu sprovodi se i kontrola kvaliteta ugrađenog materijala i izvedenih radova: prethodna, tekuća, kontrolna ispitivanja i in-situ izvođenja opita. Takođe, nivelmanom i totalnom stanicom sprovode se i odgovarajuća geodetska osmatranja i monitoring tla i geotehničkih konstrukcija.



Slika 10. Dodela plaketa za uspešan rad 2016. godina.

#### PERIOD BUDUĆNOSTI - OD 2023.GOD.

Budućnost geotehničkog inženjerstva u okviru Centra za puteve i geotehniku Instituta IMS zasnivaće se na osnovama ispitivanja, projektovanja, izvođenja i nadzora geotehničkih konstrukcija i tla u prošlosti i sadašnjosti, prateći

savremena dostignuća, ali i uvažavajući dostignuća sličnih multidisciplinarnih oblasti. Mogu se izdvojiti nekoliko ključnih pravaca daljeg razvoja geotehničkog inženjerstva u okviru Centra za puteve i geotehniku Instituta IMS:

- Empirijska baza podataka dosadašnjih ispitivanja predstavlja potencijal za dalju nadogradnju u istraživanjima i projektovanju, pa i geotehničkom mapiranju i inženjersko-geološkoj profilaciji i stratifikaciji građevinskih zona R. Srbije. Ovo bi moglo da predstavlja nov poduhvat u geotehničko-empirijskom pristupu rešavanju ovih problema.
- Primena novih savremenih informacionih tehnologija u geotehnici na polju ispitivanja dubokih fundamenata uz jačanje svesti inženjerskog kadra u Republici Srbiji, a kroz prezentaciju i savetovanje ove problematike dodatno može da pojača pozicija liderstva u ovoj oblasti.
- Monitoring ispitivanja klizišta, dubokih iskopa, fazne izgradnje i praćenje stanja geotehničkih konstrukcija, uzimajući u obzir informacione tehnologije i bežični prenos podataka, omogućilo bi Institutu IMS leadersku poziciju u ovoj oblasti, s obzirom da se sve više u svetu i kod nas javlja potreba o ovakvim tehnologijama. Institut IMS bi bio server-baza za akviziciju ovih podataka iz koga bi se dalje sprovodila obrada, interakcija, upravljanje i komunikacija sa stanjem na terenu, projektantima, izvođačima, investitorima i nadzorima. Dakle, ostvario bi se potpuni upravljački sistem nadzora nad monitoringom geotehničkih konstrukcija iz Instituta IMS kroz geotehničko-informatičku laboratoriju posebno namenjenu za ove svrhe.
- Laboratorijska-modelska geotehnička ispitivanja, kao što su modelska ispitivanja interakcije konstrukcija tlo i centrifugalni testovi mogu dodatno da doprinesu novim rešenjima i rezultatima do kojih nije moguće parametarski doći in-situ ispitivanjem geotehničkih konstrukcija.
- Uvođenje georadara za ultrazvučno snimanje i profilaciju terena, fundamenata, snimanje podzemnih geokonstrukcija, raznih energetskih-vodovodnih instalacija, cevi, propusta, arheološka snimanja, mikrogeološko mapiranje i profiliranje terena i dr.
- Uvođenje rešenja 3D mapiranja terena dronovima, posebno za potrebe praćenja stanja i sanacije klizišta, gde se ovo digitalno mapiranje, takođe, koristi u savremenim softverima za 3D geometrijsko-numeričko modeliranje i analizu stabilnosti klizišta.
- Intenziviranje edukacije inženjera građevinarstva, geotehnike i geologije po pitanju ekspertskih znanja koja se ne predaju i ne izučavaju na fakultetima može da predstavlja novi intelektualno-edukativni korak u prezentaciji znanja i iskustva naučnika Instituta IMS. S obzirom na dosadašnja inženjerska znanja, potrebna je dodatna edukacija o savremenom geotehničko-numeričkom modeliranju konstrukcija i tla, konstitutivnim modelima ponašanja tla, opcijama metoda za nelinearne analize konstrukcija i tla, solucijama za procesiranje podataka dobijenih iz in-situ ispitivanja tla i geotehničkih konstrukcija.

#### ZAVRŠNA RAZMATRANJA

Institut za ispitivanje materijala IMS jedan je od glavnih nosioca razvoja privrede i nauke u bivšoj Jugoslaviji i sadašnjoj Republici Srbiji. Gotovo od početka formiranja Institu-



ta IMS rađeni su projekti za privredu Jugoslavije i drugih država u Evropi, pa i na drugim kontinentima. Pored izrade stručnih projekata za potrebe privrede, rađene su i rade se ekspertize, nadzor i konsalting za velike građevinsko-geotehničke investicije. Paralelno sa stručnim radom, naučni kadar Centra za puteve i geotehniku razvijao se i usavršava se kroz naučne projekte u oblasti geotehnike finansirani od strane Ministarstava nauke Jugoslavije i Republike Srbije. Treba napomenuti i učešće u naučnim projektima međunarodnog karaktera sa drugim institucijama u inostranstvu.

Saradnici (zaposleni) Centra za puteve i geotehniku Instituta IMS svoja naučna istraživanja i stručne projekte u oblasti geotehnike publikovali su i publikuju u naučnim časopisima i simpozijumima domaćeg i međunarodnog karaktera:

- ispitivanja mehanizma delovanja visokih pritisaka na materijale silikatnog tla u prirodnim uslovima:
  - originalno fizičko-mehaničko razmatranje nestabilnosti prirodnog terena, objašnjavajući suštinu fenomena nastajanja klizišta i sleganja tla, na savremenim principima fizike, hemije, geohemije, mehanike tla i inženjerske geologije,
  - pokazano kako dolazi do strukturnih promena kako u tlu tako i u osnovnim komponentama (mineralima) tla, zbog čega dolazi do promena osnovnih geomehaničkih svojstava tla (kohezija, ugao unutrašnjeg trenja, deformacija, stišljivost i dr.),
- ispitivanja građevinskih-geotehničkih konstrukcija:
  - statičko-dinamička ispitivanja nosivosti šipova inženjerskih i arhitektonskih objekata,
  - analize krutosti šipova na osnovu rezultata testa opterećenja šipova i efekta interakcije šipova sa tlom,
  - razvoj modela probablističke analize nosivosti šipova na osnovu ekstrapolacije krive opterećenje-slaganje racionalnom funkcijom,
- ispitivanja građevinskih materijala za potrebe izgradnje puteva i saobraćajnica:
  - primene letećeg pepela za smanjenje disperzivnosti zemljišta u nasipima,
  - fizičko-mehaničkih svojstva cementom stabilizovanih mešavina agregata od lomljenog kamena,
  - uticaj emisije CO<sub>2</sub> na politiku održavanja puteva - studija slučaja Srbije,
  - implementacija preventivnog održavanja u optimizaciji na nivou mreže - Studija slučaja srpske putne mreže,
  - razvijanje modela za procenu troškova za rehabilitaciju i rekonstrukciju puteva - Studija slučaja projekata u Evropi i Centralnoj Aziji,
  - model predviđanja troškova radova na rehabilitaciji i rekonstrukciji puteva,
  - slučaj upravljanja kolovozom na nivou mreže srpskih puteva,
- analitičko-numeričke simulacije, laboratorijska ispitivanja i in-situ istraživanja u oblasti geotehnike:
  - izbor parametara čvrstoće tla u analizi stabilnosti kosina,
  - značaj pravilnog izbora brojnih vrednosti geomehaničkih svojstava tla, jer od njihove tačnosti zavisi ispravnost geotehničkih radova, odnosno greška može dovesti

do velikih materijalnih troškova i do velikog broja ljudskih žrtava,

- nov postupak primene metode povratne analize pri projektovanju sanacije klizišta i površinskih kopova, tako da se predloženi postupak može iskoristiti za korekciju i optimizaciju projektovanih faza,
- karakterizacija kolapsibilnog lesa seizmičkim dilatometrom,
- analize uticaja jalovine i vrste cementa na svojstva izdržljivosti samozbijajućeg betona,
- parametri zadržavanja vode i disperzivnost sedimenata zemunske lesne visoravni,
- uticaj apsorpcije na aktivni pritisak u tlu,
- numeričke simulacije testa integriteta šipova na defektnim šipovima,
- inženjersko-geološka procena uslova za izgradnju mosta i tunela u zoni stare Petrovaradinske tvrđave,
- seizmičke karakteristike konstrukcija pri varijaciji veštačkih akcelrograma.

Naučna istraživanja i inovacije omogućavaju im sopstveni razvoj i doprinos na polju geotehničkog inženjerstva, tako da u određenim segmentima saradnici ostvaruju veoma zavidne rezultate. Implementacijom naučnih istraživanja i inovacija u praksi pozicioniraju se veoma visoko na građevinsko-geotehničkom tržištu poslova Republike Srbije, regiona, pa i šire. Sopstvena inovativno-naučno-stručna rešenja u oblasti geotehnike originalna su, ekonomična, bezbedna i implementirana prema proceduralno definisanim inostranim standardima, a pored svega toga poseduju i sertifikate akreditacije. Ovakav spoj nauke, inovacija, ispitivanja i struke omogućava im formiranje sopstvenih ekspertskih baza znanja za buduće nove generacije inženjera i naučnika Centra za puteve i geotehniku Instituta IMS.

## LITERATURA

1. Arhiva Instituta za ispitivanje materijala IMS
2. Arhiva Centra za puteve i geotehniku Instituta za ispitivanje materijala IMS

© 2023 The Author. Structural Integrity and Life, Published by DIVK (The Society for Structural Integrity and Life 'Prof. Dr Stojan Sedmak') (<http://divk.inovacionicentar.rs/ivk/home.html>). This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](#)