

INTERVJU II

PROF. EMERITUS ZDRAVKO KAPOVIĆ

Drugi dan Simpozija inženjerske geodezije u Varaždinu i prilika za drugi razgovor s jednim od velikana inženjerske geodezije u Hrvata. Ovaj smo put dogovorili razgovor s legendom Geodetskog fakulteta, profesorom emeritusom Zdravkom Kapovićem. Nije ga dugo trebalo nagovarati na razgovor. Bio je spreman, kao i obično, studentima na raspolaganje staviti svoje znanje i iskustvo. Nakon prijepodnevnih predavanja sjeo je s nama u kafić gdje smo najprije, naravno, naručili kavu...

Profesor: „Može jedna mala kava s mlijekom.”

Viktor: „Meni isto...”

Konobar: „Velika ili mala?”

Viktor: „Može velika.”

Luka: „Meni isto velika.”

Profesor (konobar se već udaljava): „Meni mala!”

Nakon što smo obavili tu formalnost, krenuli smo na razgovor. Kada smo dogovarali razgovor s njim tjednima prije, rekao je da ima jednog inženjera kojeg nam može preporučiti za razgovor. Sada smo saznali da je mislio na osobu s kojom smo već porazgovarali, gospodina Dragana Furića.

„Pa da, Furić je bio moj student”, objasnio je profesor. „Kada ističem da je dobar stručnjak, da se dobro snalazi, da ga cijene, onda i ja preuzimam dio zasluge, i ja sam tome pridonio. Inače, mi smo čak na nekim



Profesor Kapović i kolege na krovu Atene Zagreb

objektima radili zajedno jer je on, kao nadzorni inženjer za neke kompleksnije građevine, tražio da i Geodetski fakultet bude prisutan. Furića sam upoznao tijekom zajedničkog rada na tim projektima, sretali smo se na objektima koje smo ispitivali (prvenstveno mostovi), a i ja sam 18 mjeseci radio u IGH-u. Tamo sam stekao jedno ogromno iskustvo jer sam bio među građevinarima. Drugačije se razgovara i razmišlja kad su građevinari oko tebe, bez geodeta.”

„Kakav je bio odnos između građevinara i geodeta tamo?”, pitali smo ga. Željeli smo dobiti što bolji uvid u odnos između dviju struka koje se u mnogočemu isprepliću i ovise jedna o drugoj.

„To je malo problematično, pogotovo ako si početnik”, odgovorio je. „Građevinari kažu npr. da im se izmjeri udaljenost između dva repera. Za nas je reper točka poznata po visini. Kod njih je to markica, bolna, oznaka na objektu. To je jedan od nesporazuma koji se može dogoditi. Isto tako, oni kažu da se iskolči nešto s određenom točnošću. Vi, kao mladi inženjeri i studenti, često koristite pojmove kao što su: standardno odstupanje, srednja pogreška, jedinična težina itd. Njima to u građevini ne znači apsolutno ništa. Pristup je kod njih drugačiji, tako da se morate snaći. Često se miješaju pojmovi točnosti i preciznosti. Oni samo pitaju koja je točnost nečega. Odnosi li se to na srednju točnost, na maksimalnu ili neku drugu? Ali, unatoč tome, mislim da se vrlo brzo uspostavi kontakt.”

Nakon tog objašnjenja pokrenuli smo razgovor o onome što nas je najviše zanimalo: geodezija u mostogradnji. Budući da smo čuli da je profesor dosta radio na mostovima, zamolili smo ga da nam najprije ispriča nešto o toj temi.

„Fakultet je relativno malo sudjelovao na izvođenju, odnosno gradnji mosta. Kako se i uspostava geodetske osnove za most smatra gradnjom, sudjelovali smo u gradnji nekoliko mostova. Poseban je zanimljiv projekt

Starog Masleničkog mosta. S geodetske smo osnove snimili ostatke mosta pa su podatci proslijedeći projektantima koji su napravili novi projekt i na osnovi toga izvršili iskolčenje, kontrolu i gradnju, samo toliko. Isto vrijedi i za most preko Une u Jasenovcu gdje smo također radili osnovu. Svi smo učili da geodetska osnova teoretski treba poprimiti neki „fina“ oblik, tipa četverokut. Sa svake strane rijeke po dvije točke, pod nekim povoljnim kutovima. Međutim, ne mora to uvijek biti tako. Na mostu u Jasenovcu imali smo jedan četverokut i jedan trokut. Dakle, neobična situacija. Nedostajala je još jedna točka. Naime, ta točka koja nedostaje bila je na miniranom području. Ne možete riskirati i postavljati točku na tom području. Silom prilika napravljena je takva mreža, koja nije idealna, ali u toj situaciji nismo mogli postupiti drugačije.”

„Znači, ta se mreža postavlja u relativnom koordinatnom sustavu?”, ubacili smo se na brzinu.

„Ono što je ovdje bitno”, nastavio je profesor, „jest da vi danas možete izmjeriti geodetski četverokut vrlo precizno te dobiti izvrsne koordinate u relativnom koordinatnom sustavu. No ako priključujete mrežu na neki trigonometar jer trebate dobiti apsolutne koordinate, najveća pogreška bila bi priključiti se na jedan trigonometar s jedne strane rijeke te na drugi trigonometar s druge strane rijeke. Time bi se dobile nesuglasice koja se raspodjeljuju. Tada biste, zapravo, pokvarili dobre podatke. Prema tome, svaki iskusan geodet će reći da se zaboravi trigonometar s druge strane te će se priključiti na ovaj bliži i izbjeći nesuglasice. Dobiju se Gauss Krugerove koordinate. Moguće je da u sebi imaju pogrešku, tako da će čitav most prostorno biti 2 – 3 mm „pogrešno” smješten. Kome je to bitno? Dakle, moguće je da postoji prostorna pogreška, ali su relativni podatci izvrsni. Vama je bitno kod građenja mosta da su visine i duljine dobro određene, a manje je bitno koje su prostorne pogreške u njima.”

„Možete li nam opisati postupak probnog ispitivanja mosta?”, nastavili smo. „Što to uopće znači, što uključuje te kako se izvodi?”

„Ispitati most znači opteretiti ga vrlo nepovoljnim teretom kako bi se vidjelo njegovo „ponašanje” u izvanrednim uvjetima. Ispituje se dio po dio mosta. Ako most ima npr. 5 stupova, ispituje se tzv. polje (razmak između dva stupa) te se pod težinom jedan dio izdiže, a drugi spušta, kao sinusoida, pa se, osim polja koje se opterećuje, mjeri srednja točka idućeg polja. Najpreciznija metoda za to je geometrijski nivelman, što i danas tvrdim, ali nekada projektant zahtijeva izmjeru čitavog mosta. Tada se često koristi trigonometrijski nivelman. Znači, mjerne stanice, trigonometrijski nivelman, stajalište s jedne i druge strane mosta, dva repera koja se povežu prije svih ispitivanja. Drugi reper se utvrđuje tako da se za visinu prvog uzme 0,0 m. Mogu biti i dva repera sa svake strane. Tada se određuju trigonometrijske visine s obzirom na jedan od repera. Znači, ova 4 repera su određena u istom sustavu. Kod ovih ispitivanja ponovno je bitan relativni odnos, ne moraju imati apsolutnu visinu. Najveći problem kod ovih mjerenja je refrakcija. Jedan veliki geodet, prof. Moritz, jednom mi je rekao da nije toliko pametan da se bavi refrakcijom, iako je jedan od najpoznatijih geodeta. Nama su problem i horizontalna i vertikalna refrakcija. Tu su i kamioni koji se zagrijavaju blizu naših vizura, a mi smo na asfaltu, na ljetnoj vrućini. Postoji zagrijavanje kamiona, zagrijavanje asfalta, nezgodne refrakcije. Prije svega treba isključiti motore te, ako je moguće, stati s instrumentom što dalje od kamiona. Kada su bile velike vrućine, znalo se mjeriti od 5 do 9 h i od 17 do 21 h. Kratke vizure pomažu, ali treba izmjeriti čitav most. Može se mjeriti s jednog stajališta, ali ako je most u luku, moraju biti 2 jer kamioni smetaju. Drugi način je prenošenje geometrijskim nivelmanom u oba smjera. Najprije treba odrediti tzv. „nulu mosta” nivelirajući po mostu. Tada se doveze nekoliko kamiona koji se postavljaju na najnepovoljnije položaje,



Profesor Kapović na probnom ispitivanju mosta

ponovno se nivelira i određuje pomak. Nakon toga se teret miče te se ponovno nivelira da se ustanovi je li se most, i u kojoj mjeri, vratio u početni položaj. Na primjer, imate dvije vozne trake. Prvo se ispituje nula mosta, a nakon toga dva kamiona stanu u jednu voznu traku. Tada postoji asimetrično opterećenje. Može doći i do spuštanja i do naginjanja mosta. Tada dođu druga dva kamiona u drugu traku i čine simetrično opterećenje. Ima raznih varijanti, ali uvijek se ide na najnepovoljniji raspored. Još jedan vrlo važan podatak je tzv. zaostala deformacija, odnosno ona deformacija koja ostaje i nakon micanja tereta s mosta. Na primjer, čelična konstrukcija je dosta elastična, što je vrlo važno za projektanta. Kada se makne teret, čelik se vraća gotovo 100 % u početni položaj. Kod njega je dozvoljeno 10 – 15 % odstupanja od nule mosta, a kod betona je to 20 – 25 %, ako se ne varam. To je što se tiče ispitivanja mostova, ali bilo je jedno zanimljivo ispitivanje vertikalnosti objekata, makar ne znam zanima li vas to...”

„Zanima, kako ne...”, potaknuli smo ga da nastavi.

„Danas su kolege iz Beograda na predavanju prikazali kako su mjerili vertikalnost tornja crkve Antuna Padovanskog te se toranj malo nakrivio”, pričao je dalje profesor. „I ja sam puno radio na ispitivanju vertikalnosti tornjeva, i reći ću vam jedno osnovno pravilo za to. Kada se ispituje vertikalnost ili deformacija jednog velikog objekta, onda je preporuka da udaljenost instrumenta od objekta bude dva do tri puta veća od visine objekta koji ispituju. Kolege su u Beogradu promatrali toranj visine oko 50 m (H). Prema tome, trebate imati 2 stajališta pod približno 90° koja se nalaze na udaljenosti 2 – 3 H, odnosno 100 – 150 m od tornja.

To su idealni uvjeti, međutim imao sam u Gajnicama situaciju u kojoj to nisam mogao postići zbog okolnih zgrade. Zbog toga sam tijekom 3 dana opažanja dobivao različite podatke. Zbog male udaljenosti imate strmu vizuru i svaka mala nesigurnost u osima instrumenta izaziva vrlo nesigurne rezultate.”

Prihvativši takav razvoj razgovora, zamolili smo ga da nam objasni postupak ispitivanja vertikalnosti objekta. Zanimalo nas je s kakvim se instrumentarijem izvodi i kolika se preciznost traži kod takvih poslova.

„Imate nekoliko načina rada. Kod ispitivanja vertikalnosti ili deformacija nekih visokih objekata danas možete raditi sa skenerima, koristiti fotogrametriju, ali ja sam najčešće radio s totalnom stanicom. Znači: toranj, stup, dalekovod ili nešto treće morate ispitati u dvije ravnine, odnosno dva stajališta pod kutom od približno 90°, na udaljenosti od dvije do tri visine objekta. Jedan od načina je da koristite instrumente koji mjere duljinu bez prizme te da navizirate rub objekta i na proizvoljnim mjestima određujete koordinate točaka krećući se odozdo prema gore. Drugi je način da krenete od vrha tornja, navizirate rub i onda polako spuštate vizuru prema dolje. Tamo gdje vidite da vam je objekt odstupio od vizure, zabilježite i izmjerite. Na kraju dobijete određen broj točaka. Tada se provuče jedan aproksimirajući pravac, i to je onda jedan rub objekta. Treći je način da opažate jedan i drugi rub s prvog stajališta, pa nađete sredinu. Onda opet to ponovite s drugog stajališta, nađete sredinu i određujete pomake. Kod objekata koji će se promatrati više godina ili mjeseci preporuka je zalijepiti reflektirajuće markice. Zalijepiš ih danas i možete ih pratiti idućih 5 – 10 godina. Daljinomjeri na njih mogu vrlo precizno izmjeriti duljinu. No, u većini ispitivanja vertikalnosti instrumenti koji mjere duljinu bez prizme (ili markice) postižu sasvim dovoljnu točnost.”

“Primijenili smo staru tehnologiju. Normalno, treba maksimalno koristiti novu i instrumente, ali nije sve u tome. Kojiput je ovako banalno.”

„Jučer nam je gospodin Furić spomenuo problematiku vibracija na gradilištu, a s obzirom na to da na gradilištu ima dosta vanjskih utjecaja, zanima nas kako se nosite s tako specifičnim situacijama”, nastavili smo s pitanjima.

„To je vrlo jednostavno riješiti”, odgovorio je profesor uz osmijeh. Radio sam u tunelima i na mostovima gdje za vrijeme radova veliki strojevi izazivaju vibracije. Onda imate problema s mjerenjima. Tu nema nikakve dileme, ali svaki od nas mora na to biti spreman. U tunelu su radovi, ogromna prašina, mrak, katastrofalni uvjeti za mjerenje. I nitko neće stati zbog toga što vi idete mjeriti. Prema tome, u tim situacijama hvataš trenutak kada su radnici na marendi. Hvataš trenutak kada su zbog nečega stali. Radili smo na jednom mostu gdje smo prenosili visine s jednog stupa na drugi i određivali visine ležajeva. Bilo je vrlo osjetljivo u visinskom smislu odrediti pravu kotu. Imali smo na raspolaganju najbolje instrumente koje je Fakultet imao, ali jednostavno nismo mogli prebaciti visinu. Neprestano je nešto vibriralo. Kasnije smo utvrdili da se to stupovi visine oko 50 – 60 m pod utjecajem vjetrova ljuljaju. Što smo napravili? Uzeli smo stari nivelir N3 koji ima neku reverzicijsku libelu. Svaki put ga, prije nego što očitaš letvu, moraš navrhuniti, ali njemu ništa nije smetalo. On je vrlo precizan, samo je spor. Svaki put treba vrhuniti

jer te libele lako bježe, no da nismo imali taj stari instrument, ne znam kako bismo prenijeli te visine, a tražili su vrlo precizno. Tražili su ispod milimetra. Eto, to je jedno iskustvo u kojem smo primijenili staru tehnologiju. Normalno, treba maksimalno koristiti novu tehnologiju i instrumente, ali nije sve u tome. Kojiput je ovako banalno.”

„Čuli smo od docenta Paara na predavanju da ste doktorirali na Krčkom mostu i da je to bio poprilično zahtjevan posao. Možete li nam objasniti što je točno bilo toliko zahtjevno?”, pitali smo za kraj, imajući na umu da bi polako trebali završiti s razgovorom.

„Nisam na njemu doktorirao, nego sam ga uzeo kao primjer”, ispravio nas je profesor. “Bavio sam se utjecajem temperature na konstrukcije, pa sam uzeo Krčki most da dokažem da se on diže i spušta pod utjecajem temperature. Godinu sam dana tamo mjerio. Svaki mjesec po 2 – 3 mjerjenja. Trebalo je mjeriti temperaturu konstrukcije, temperaturu zraka i onda odrediti visine. Iz nekih mojih istraživanja moglo se dokazati da se za stupanj temperature konstrukcija podiže ili spušta za čak 7 mm. Tako da je taj objekt ljeti pri 30 stupnjeva 21 cm viši nego zimi. Najveći je problem bio odrediti temperaturu konstrukcije. Lako je izmjeriti temperaturu zraka, no kako izmjeriti temperaturu konstrukcije? Nitko mi nije rekao „mjeri tu i tu“. Nikad nitko nije bio siguran gdje mjeriti. Krčki je most lučni most koji ima luk dužine 390 m. Mi smo u luku mjerili po čitave dane. Čitave smo dane bili na moru, a more nismo vidjeli. Ušli bi u 8 sati ujutro u luk, a izašli navečer na drugu stranu jer smo cijeli dan mjerili unutra, što nivelman, što horizontalne pomake, što duljine. To je za mene bio najteži posao koji sam ikad radio. Jedna zanimljivost vezana za taj most je da je pušten u promet, a da na tjemenu luka nije bio spojen. Tu su bile tzv. hidraulične preše i to nitko nije znao. Most je u funkciji, ali iskustva su govorila da se most i svaki objekt barem za 3 godine pomalo stabilizira. Time sam se bavio u disertaciji. To su tzv. reološki utjecaji. Da radite bilo kakvu betonsku ploču, danas će imati jednu visinu, a teorijski će za 3 godine imati drugu visinu jer dolazi do skupljanja i pužanja betona. Iz betona će nestati kapljice vode, stisnut će se pa će nestati one rupice u njemu. To će se za 3 godine stabilizirati i malo će pasti. Očekivali smo da će se taj most spustiti, te smo nakon godinu i pol odredili visinu mosta. Utvrdilo se da se most doista spustio i dva smo mu puta korigirali visinu za jedno 6 – 7 – 8 cm. Teorija kaže da treba 3 godine da se stabilizira te se nakon toga zalilo betonom i spojilo.”

Vrlo zadovoljni svim informacijama koje smo dobili, zahvalili smo profesoru Kapoviću na razgovoru i strpljenju. Ipak nas je „trpio“ punih sat vremena. Srdačno nas je pozdravio i zaželio nam sreću na studiju. Napustili smo kafić i uputili se na ručak raspravljajući o novim stvarima koje smo naučili tijekom ovog razgovora. Takve se stvari sigurno ne mogu naučiti iz knjiga...



Vijadukt Drežnik