

6 Građevinski inženjer i geotecnika.

6.1 Građevina i rizik.

Građevine su dio svijeta i svakodnevnog života ljudi. Zahvaljujući tisućljećima prakse – pokušaja i pogrešaka, razmišljanja i smišljanja – danas se građevine tako dobro ponašaju da većina ljudi ne primjećuje niti napore potrebne da se građevina izgradi, niti moguće opasnosti od lošeg građenja. Tek kad se dogodi nesreća – zbog greške graditelja, propusta, previda ili nečega što ni jedan graditelj ne bi mogao očekivati – korisnici građevine, ili čak široka publika, postanu svjesni rizika i traže krivca. Zato nama, graditeljima, valja potruditi se pronaći sve oblike postojanja građevine koju gradimo, sve utjecaje koje na okoliš činimo, sve utjecaje koje će građevina doživjeti – tijekom izvedbe, tijekom predviđenog vijeka korištenja, pa i nakon toga.

6.2 Zadatak građevinskog inženjera.

Zadatak je graditelja osigurati svojoj građevini uspješno stvaranje, život i kraj. Zadatak je graditelja učiniti da građevina bude dovoljno korisna i lijepa, i da ne stvara prevelike opasnosti. Svaka aktivnost nosi svoj rizik, ali naš je posao da potencijalne rizike uočimo, izbjegnemo ih gdje je moguće, ili bar držimo dovoljno malenima.

Postoje propisi, norme i uobičajena praksa. Ali svatko od nas u inženjerskom poslu nosi odgovornost za vlastito djelovanje – pogotovo ako nešto krene loše. Zato trebamo razumjeti, što bolje možemo, **kako funkcionira stvarnost**, da bismo problem mogli uočiti, ako je moguće izbjeći, ako je potrebno riješiti, ili bar naći put rješenja.

Budući da mnoge generacije graditelja žive, rade, probleme rješavaju i o tome ostavljaju tragove – u knjigama i graditeljskim djelima – mnoga su rješenja već nađena, provjerena i pripremljena za jednostavnu primjenu. Ali, ipak, veoma je važno u inženjerskom životu razlikovati

- ❖ stvarnost,
- ❖ naše poimanje stvarnosti – temeljeno na promatranju i mjerenju,
- ❖ model, tj. niz modela razvijenih da, prema našem poimanju, predvidimo događaje u stvarnosti, na kojemu temeljimo proračun.

Previše često, na žalost, inženjerskim se poslom smatra samo **proračun**. A proračun je samo jedan korak, završni dio posla, koji vrijedi samo toliko koliko vrijede podaci koje o stvarnosti imamo i model koji proračun prati – tj. koliko dobro primijenjeni model odgovara danoj situaciji. Za svaki pojedini problem nužno je kvalitetno izvesti

- ◆ izbor modela kojim će biti predstavljena stvarnost i izbor potrebnih mjerenja,
- ◆ mjerenja,
- ◆ proračun – prema modelu i prema poznatim podacima.

Pri tome najteže je i najljepše upravo to da **nema ponavljanja**. I zato svakome novome poslu treba prići kao posve novome. Pogotovo geotecnika, sa svim nehomogenostima i nepoznatostima koje pruža tlo – nejasnog nastanka i nejasne povijesti, a ponašanja tako jako ovisnog i o nastanku i o povijesti – omogućava i traži upoznavanje sa svakim novim problemom posve iz početka.

6.3 Naprezanja, deformacije i ostalo.

Naručitelj ili korisnik objekta, kao i slučajni prolaznik, ... očekuje i treba **da građevina služi svrsi**, da pri tome košta dovoljno malo i, jasno, da se **ne sruši, da nema ozlijeđenih, da nema šteta...**

Slučajno **rušenje** građevine događa se vrlo rijetko – tijekom potresa ili slično. O tome korisnici ne vole ni razmišljati. Iako propisi i norme graditelje obavezuju da na potres i slične situacije nikako ne zaboravljaju. Posebno u našim krajevima potresi su rijetki, pa i ne vidimo da su važni, ali svako toliko dogodi se ozbiljni potres.

Međutim, često dolazi do manjih oštećenja koja izazivaju smetnje pri funkcioniranju građevine, dodatne radove i troškove, nezadovoljstvo korisnika, te teškoće pri dobivanju kasnijih poslova. To su različita naginjanja podova koja onemogućavaju izvođenje predviđenih radnih procesa, otežavaju otvaranje i zatvaranje prozora i slično, to su i različite pukotine koje se otvaraju u zidovima i prijete gubitkom stabilnosti, možda samo dopuštaju propuh ili su tek poružnjenje stambenog prostora i uzrok neugode stanovnika. Često do ovakvih nezgoda dolazi zbog nesagledane situacije u tlu i nedovoljno dobro riješenog temeljenja. Izdizanje ili tonjenje temelja može biti uzrokovano bujanjem ili smrzavanjem gline, različitim slijeganjima tla pod različitim temeljima... a sve to jer tlo nije dovoljno poznato: jer postoje leće slabog tla ili je tlo uopće premale čvrstoće ili prevelike stišljivosti...

Slijeganja i deformacije, dakle, kao i klizišta i odroni, dio su stvarnosti. Naprezanja predstavljaju apstrakciju kojom se služe inženjeri da bi stvarnost mogli pratiti i/ili predvidjeti.

Brzi razvoj računalnih tehnika omogućava da proračuni budu sve složeniji. Ipak, nisu pronađeni modeli ponašanja tla koji bi, bez obzira na duljinu proračuna, dobro pokrivali sve aspekte ponašanja tla. Zato prema problemu na koji nailazimo biramo (ili stvaramo) model ponašanja tla, objekta... i skup odgovarajućih veličina kojima opisujemo/predstavljamo svojstva tla, materijala, konstrukcije... Laboratorijska ispitivanja, mjerenja na terenu, usporedbe s prethodno upoznatim materijalima i slučajevima... put su za procjenu tih veličina, parametara tla.

6.4 Ispitivanje tla.

Klasifikacija tla radi se (1) sijanem i (2) traženjem Atterbergovih granica plastičnosti, te (3) ispitivanjem sadržaja organskih tvari, pri čemu se ustvari ispituje sastav čvrstih čestica tla. Za klasifikaciju tla, dakle, potrebno je i dovoljno imati *poremećeni* uzorak tla, dio tla koji dobro reprezentira tlo – ustvari čvrste čestice tla – sa ispitivanog mjesta i dubine.

Za poznavanje zbijenosti ili konzistentnog stanja tla, trebamo imati sačuvan i izvorni volumen odnosno vlagu uzorka tla, trebamo dakle *neporemećeni* uzorak tla. Da bi se ispitala stišljivost i slična svojstva tla u laboratoriju, trebamo opet neporemećeni uzorak, takav kome je posve sačuvana struktura.

Do uzoraka tla dođemo bušenjem ili vađenjem blokova tla. Da bi struktura tla bila sačuvana, uzorak treba zaštititi od prignječivanja, razrahljivanja, sušenja i slično kako tijekom bušenja ili rezanja bloka, tako i tijekom prijenosa do laboratorija, te čuvanja do vođenja ispitivanja, tijekom izrezivanja i ugradnje ispitnog uzorka.

Tijekom bušenja postaju dostupni poremećeni ili neporemećeni uzorci tla kontinuirano niz bušotinu, što omogućava – prema boji, teksturi te identifikacijskim ispitivanjima – identificirati vrstu tla i donekle zaključiti o granicama između pojedinih područja/slojeva tla. Slično je moguće i tijekom pregleda istražne jame.

Laboratorijska ispitivanja na dobro sačuvanim uzorcima, ukoliko su dobro vođena, omogućavaju upoznavanje svojstava tla tj. praćenje ponašanja tla tijekom zadane promjene stanja naprezanja ili zadanog oblika deformiranja. Laboratorijski su uređaji općenito tako građeni da stanje naprezanja i deformacija bude što bliže homogenom, te da rubni uvjeti budu što jasniji. Pri tome ispitivanje se vrši na ispitnom uzorku koji je relativno malenih dimenzija, i predstavlja jedan izabrani element tla, te daje skup podataka o jednoj točki analiziranog područja. Svaki se ispitivani uzorak dodatno opiše: klasificira se, opišu mu se boja i slično, posebnosti,...

Vođenje ispitivanja na nizu elemenata omogućava usporedbu promjene svojstava tla sa dubinom ili u horizontalnom smjeru te određivanja granica između područja koja se smatraju jedinstvenima – to su najčešće *slojevi* tla. Ponekad statistička obrada podataka o pojedinim slojevima vodi do jedinstvene vrijednosti pojedinog parametra tla, a ponekad se pronađe zakon promjene neke vrijednosti sa dubinom ili slično.

Bušenjem se, dakle, dobiva niz podataka o tlu niz bušotinu, niz jednu tj. više vertikala u tlu. Laboratorijskim ispitivanjima povećava se niz podataka – u pojedinim točkama tih vertikala. O prostoru između može se zaključiti interpolacijom poznatih podataka.

Različitim ispitivanjem na terenu može se dobiti i slika o trodimenzionalnim promjenama kroz ispitivano područje. Promjena gustoće tla, stišljivosti i slično mogu se ocijeniti dobro odabranim i dobro izvedenim ispitivanjima bilo sa površine tla bilo iz bušotine u bušotinu i slično. Tako dobiveni podaci manje su pouzdanosti od onih dobivenih preciznim laboratorijskim mjerenjima, ali svakako pokrivaju bitno veće područje i omogućavaju ocjenu reprezentativnosti ispitanih uzoraka. Zato svakako laboratorijska ispitivanja i ispitivanja na terenu treba obavljati u dobroj ravnoteži, vodeći računa o tome da su upotrebljiva ispitivanja samo ona koja su dobro obavljena.

Posebno su zanimljiva i vrijedna geofizička ispitivanja koja daju 2D profile tla na lokaciji.

Iako je to samo po sebi jasno, trebalo bi naglasiti: tlo koje nađemo na terenu poznato je samo toliko koliko smo ga na kvalitetni način ispitali. Dok nemamo nikakvih podataka o tlu dotle ne znamo kriju li se u nevidljivoj podzemlju kakve kaverne koje će učiniti da buduća građevina nestane u jami napuštenog rudnika ili slično. Ne znamo možemo li očekivati slaba mjesta koja će izazvati neočekivana slijeganja i poremećaj ravnoteže ili funkcije građevine. Ne znamo niti sa kolikom pouzdanošću smijemo računati, odnosno koliko bismo mogli prištedjeti da o tlu znademo više.

Zato nam trebaju kvalitetni geotehnički istražni radovi koji uključuju i inženjersku geologiju i geofiziku i ispitivanja na terenu i u laboratoriju, skupa sa svim ostalim dostupnim podacima.

6.5 Preporučljiva literatura:

1. Tonković, Kruno, *Mostovi u izvanrednim okolnostima*, Školska knjiga, Zagreb
2. Žagar, Zvonimir, *različita literatura*