



JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ISPITIVANJE I ISTRAŽIVANJE MATERIJALA I KONSTRUKCIJA

Savetovanje NADOGRADNJA STAMBENIH I JAVNIH ZGRADA
Beograd, 07.12.2000. godine

ODREĐIVANJE GEOTEHNIČKIH USLOVA NADOGRADNJE STAMBENIH I JAVNIH ZGRADA

GEOTECHNICAL CONDITIONS DETERMINATION FOR APARTMENTS AND PUBLIC ADDITIONAL BUILDING

Miroljub Samardaković, dipl.inž.građ.

Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, Beogradska 14, 18000 Niš, YU

Rezime: Za potrebe nadgradnji stambenih i javnih zgrada, geotehničke podloge se često rade samo formalno ili delimično, što je neracionalno i može imati neželjene posledice. U radu se obrazlaže potrebna metodologija istraživanja i analizira uticaj dodatnog opterećenja na smanjenje faktora sigurnosti u pogledu loma temeljnog tla i na sleganje temelja. Prikazan je način njihovog proračuna primenom geomehničkog programskog sistema *GeoData2* autora. Za uobičajene uslove temeljenja zgrada koje se nadgrađuju pokazano je da se pri smanjenju faktora sigurnosti u pogledu loma sa srednjih na minimalne vrednosti predložene jugoslovenskim pravilnikom o temeljenju (1990), opterećenje temelja može povećati od 43 % na glini do 70 % na pesku, pri čemu će i očekivano sleganje biti uvećano za iste procenete, zbog čega ono postaje merodavno za izbor rešenja nadgradnje.

Ključne reči: *nadogradnja zgrada, plitki temelji, nosivost tla, sleganje tla.*

Abstract: The method of geotechnical investigation for additional building projects is explained and dependences of failure safety factors and additional settlement under additional foundation loading (by autor's geomechanical programs system *GeoData2* calculated) are presented. From middle to minimal safety factors, allowable bearing capacity increases from 43 % for clay till 70 % for sand – more than usual additional loading. The settlement increases with same percents and becomes primary decision criterion.

Key words: *additional building, shallow foundations, allowable bearing capacity, settlement of soil.*

UVOD

U rasprostranjenjoj praksi nadgrađivanja stambenih i javnih zgrada brojni primeri pokazuju da se propisano utvrđivanje *geotehničkih uslova nadogradnje* prečesto vrši samo delimično ili formalno, bez dobijanja neophodnih podloga za sigurnu procenu interakcije nadgrađenog objekta i tla. Time i minimalna uložena sredstva i vreme bivaju utrošeni neracionalno jer, osim smelih tvrdnji (često nekompetentnih) autora geotehničkih elaborata, nema pouzdanih dokaza da stabilnost i izgled zgrade neće biti narušeni – pre svega eventualnim štetnim dodatnim deformacijama tla i objekta. Kako je za više značajnih objekata poznato autoru, u takvim elaboratima, po pravilu proizvodima preduzeća koja od kadrova i opreme imaju samo nekompetentnog direktora i pečat, često se prikazuju i navodni rezultati istraživanja i ispitivanja (istražnog bušenja, laboratorijskih ispitivanja i geomehničkih proračuna) koja delom ili u celini uopšte nisu izvršena. Potom statičar objekta (upoznat sa takvim načinom izrade podloga?) donosi odluke od vitalnog tehnoeкономskog značaja za zgradu koja se nadgrađuje, obično samo na osnovu tako zadate

‘nosivosti’ tla, često ‘dozvoljene’ od geologa opšteg profila koji o Mehanici tla, interakciji tlo-konstrukcija i građevinskoj geotehnici zna daleko manje od statičara.

Takvi primeri ukazuju na nužnu potrebu podizanja stručnog i tehničkog nivoa učesnika u ovim poslovima, odgovornije kontrole primene zakonske i tehničke regulative i njihovog osavremenjivanja, mobilizacije strukovnih udruženja, formiranja strukovnih komora i sl., bez obzira na preskromne materijalne uslove, ili upravo zbog toga.

Od dva kriterijuma za konvencionalno dimenzionisanje temelja zgrada u datim geotehničkim uslovima, na osnovu *dozvoljenog opterećenja u pogledu loma* tla (sračunatog za odabrane faktore sigurnosti) i na osnovu *dozvoljenog sleganja* temelja (apsolutnog i relativnog, odabranog tako da ne bude štetno za planiranu konstrukciju), u praksi se najčešće primenjuje samo prvi i za tako dimenzionisane temelje eventualno proverava sleganje, za čije određivanje i ocenjivanje obično nema dovoljno podataka ili kompetencija.

Za potrebe nadgradnji, na primer, glavno i često jedino pitanje konstruktora geomehaničaru jeste da li će posle nadgradnje tlo ispod postojećih temelja imati dovoljnu ‘nosivost’ (u pogledu loma, bez pominjanja sleganja). Nasuprot tome, u dugoj praksi autora u domaćim uslovima, skoro svi brojni slučajevi oštećenja objekata bili su izazvani prevelikim relativnim (diferencijalnim) sleganjima a prepoznato je zanemarljivo malo slučajeva loma^a temeljnog tla oštećenih zgrada.

Za poznate *opšte geotehničke uslove* izgradnje i eksploatacije datog objekta i *geomehaničke pokazatelje* svojstava temeljnog tla, *računski geotehnički uslovi nadgradnje* stambenih i javnih zgrada mogu se svesti na proveru stabilnosti i sleganja temeljnog tla tj. na određivanje *faktora sigurnosti* u pogledu loma temeljnog tla pod opterećenjem posle nadgradnje i na određivanje veličine i vremenskog toka (apsolutnih i relativnih) *sleganja* temelja pod opterećenjem pre i posle nadgradnje – radi ocene njihovog uticaja na stabilnost, funkciju, izgled i ekonomičnost objekta.

U vezi sa ovim, za potrebe procene ponašanja zgrada nadgrađenih bez intervencija u tlu ili na temeljima, po pravilu dimenzionisanim za srednje vrednosti faktora sigurnosti u pogledu loma datog tla, korisno je proučiti koliko dodatno opterećenje temeljnog tla utiče na smanjenje faktora sigurnosti i na dodatno sleganje i od čega to najviše zavisi.

Smanjenje faktora sigurnosti usled dodatnog opterećenja datog tla može se procenjivati na osnovu analize uticaja faktora sigurnosti (kao i oblika i dimenzija temelja) na dozvoljeno opterećenje u pogledu loma za četiri osnovne grupe tla, a veličina *dodatnog sleganja* usled dodatnog opterećenja na osnovu teorijskih relacija za sleganje elastičnog poluprostora – kako je prikazano u narednim tačkama ovog rada.

Analiza je rađena u cilju realnijeg procenjivanja ovih veličina i racionalnijih istraživanja i proračuna u praksi – pre svega za potrebe nadgradnje stambenih i javnih zgrada, kao i za nove objekte.

Podrazumeva se da predmet i metod istraživanja za izradu *geotehničkih podloga* projekata nadogradnje moraju biti u skladu sa zadatkom istraživanja i tehničkom regulativom u oblasti *građevinske geotehnike* i da za procene i proračune podaci o temeljima, opterećenjima i svojstvima tla moraju biti utvrđeni *kvantitativno*. Uz naredne napomene o metodu izrade ovih podloga prikazuje se i pogodan postupak sa *dijagramima za dimenzionisanje temelja*, primenjenim u analizi uticaja dodatnog opterećenja na promenu faktora sigurnosti.

1. GEOTEHNIČKE PODLOGE PROJEKTA NADGRADNJE

U praksi nadgrađivanja zgrada opravdana je obaveza investitora da za projekat nadgradnje obezbede odgovarajuće *geotehničke podloge* čija metodologija izrade u skladu sa regulativom i stvarnim potrebama, kako je poznato, nužno podrazumeva:

^a I opterećenje loma mekše gline računa se na osnovu parametara ‘čvrstoće’ određenih triaksijalnom kompresijom pri *deformaciji* od konvencionalnih 20 % visine uzorka, jer užih zona dezintegracije smicanjem nema.

- neophodna *prethodna* istraživanja,
- odgovarajuća *terenska* geotehnička istraživanja i ispitivanja – radi utvrđivanja ili (ako postoji geotehnički elaborat za postojeće stanje objekta) provere sastava i stanja tla, kao i geometrije i stanja temelja, standardnom opremom (koja u većini preduzeća odavno to nije ili je nema) i uz stručni nadzor (koga realno najčešće nema),
- *laboratorijska* geomehnička ispitivanja – radi utvrđivanja ili provere pre svega mehaničkih svojstava tla (laboratorijskom opremom koje u velikom broju preduzeća koja ‘proizvode’ geotehničke elaborate uopšte nema),
- *geomehničke proračune* za usvojene računске profile i modele tla – za potrebe dimenzionisanja tj. za proveru dimenzija temelja od strane konstruktora-statičara.

Na osnovu obrade i analize tako dobijenih rezultata, geotehnički elaborat kao podloga za projekat nadgradnje trebalo bi, uz ostalo, da sadrži prikaz i ocenu:

- *opštih geotehničkih uslova* nadgradnje i eksploatacije zgrade (geomorfoloških, hidroloških, geoloških, hidrogeoloških, inženjerskogeoloških, mikroseizmičkih),
- izmerenih *geomehničkih pokazatelja* svojstava temeljnog tla po slojevima (poželjno je statistički obrađenih), i
- *geomehničkih proračuna* za potrebe određivanja postojećeg i nadgradnjom smanjenog faktora sigurnosti u pogledu loma tla, ostvarenih veličina i vremenskog toka sleganja za izvedeno stanje objekta i ukupnih sleganja posle nadgradnje.

Pogodno prikazani rezultati geomehničkih proračuna služe kao računska podloga za dimenzionisanje temelja novoprojektovanog objekta ili za proveru stabilnosti i procenu sleganja temelja nadgrađenog objekta. U ranijem periodu, sa skromnim računskim sredstvima, geotehnički elaborat kao podloga projekta sadržao je proračune pojedinačnih vrednosti dozvoljenog opterećenja u pogledu loma tla za nekoliko temelja procenjenih dimenzija i, eventualno, njihova sleganja za takva opterećenja – na osnovu kojih dimenzije stopa temelja za realna opterećenja statičar usvaja (uz dosta potrebnog vremena) na osnovu ekstrapolacija, preplitanja nadležnosti i odgovornosti sa geomehaničarem ili posle naknadnih proračuna geomehaničara.

Savremena računska sredstva omogućavaju brze i obimne geomehničke proračune i prikaz ulaznih podataka i rezultata u područjima očekivanih (ili željenih) vrednosti, sa mogućnostima brze povratne analize kojom se mogu uočiti veličine pojedinih uticaja u analiziranom području. Time geomehnički proračuni mogu predstavljati *konačnu* podlogu za primenu opterećenja *naknadno* dobijenih statičkim proračunom objekta, za koja statičar može da dimenzioniše temelje tako da svi temelji u datom profilu imaju jednake (željene) faktore sigurnosti u pogledu loma tla ili jednaka (željena, dozvoljena) sleganja ili rotacije.

Takve podloge u vidu dijagrama mogu se dobiti primenom geomehničkog programskog sistema *GeoData2* autora [2,3,4] – za proračune stabilnosti i deformacija tla ispod plitkih temelja i šipova, stabilnosti kosina/padina i pritisaka tla na potporne konstrukcije. Iz dijagrama statičar, za merodavne varijante opterećenja pre završetka glavnog projekta, bira pogodno oblike i potrebne dimenzije temelja za željene vrednosti faktora sigurnosti u pogledu loma tla prema Pravilniku [1], uz proveru sleganja usvojenih temelja za takva opterećenja. Omogućen je i obrnut postupak kojim se temelji dimenzionišu na osnovu željenih (jednakih) sleganja ili rotacija, uz upoređenje primenjenog kontaktnog pritiska sa dozvoljenim u pogledu loma za takve temelje u datom profilu.

2. UTICAJ DODATNOG OPTEREĆENJA NA STABILNOST TEMELJNOG TLA

2.1. Određivanje dozvoljenog opterećenja u pogledu loma tla

Dozvoljeno (ekscentrično) opterećenje u pogledu loma datog tla ispod plitkih pravougaonih temelja dobija se programskim sistemom *GeoData2*, prema rešenju predloženom jugoslovenskim

Pravilnikom [1], u obliku dijagrama za odabranu dubinu temeljenja i željene parcijalne faktore sigurnosti (obično za njihove Pravilnikom preporučene srednje vrednosti), kao na *Slici 1*.

Dozvoljeni kontaktni pritisak (q_a) i dozvoljena vertikalna komponenta rezultante (V_a) na dijagramu, preko koje se direktno određuju potrebne dimenzije stope, važe za *centrično i koso opterećeno tlo* tj. za *efektivni* (centrično opterećeni) deo kontaktne površine prema rešenju Brinch Hansen-a, uz sadejstvo horizontalne komponente rezultante, koja se uvodi zadavanjem odgovarajućeg koeficijenta seizmičnosti u horizontalnom pravcu (k_{sh}).

Za *ekscentrično i koso opterećenje*, za projektom dobijeno $V=V_a$ sa dijagrama se određuju potrebne dimenzije (B', L') efektivnog dela kontaktne površine a ukupne dimenzije stope treba od njih da budu veće za dvostruki ekscentricitet u pravcu njegovog dejstva. Na *Slici 1* dat je i postupak dimenzionisanja osnove temelja za takav, opšti slučaj opterećenja.

Ovakav postupak omogućava statičaru direktan izbor oblika i dimenzija^b svih temelja sa željenim jednakim faktorima sigurnosti u datom profilu terena, za proizvoljna opterećenja (V_a) iz opsega na dijagramu, naknadno dobijena statičkim proračunom objekta, i pogodan je za projektovanje *novih* objekata bez naknadnih intervencija geomehničara.

Za potrebe *nadgradnje*, sa poznatim dimenzijama postojećih temelja, pogodan je obrnut postupak kojim se prvo odredi očekivano dodatno i ukupno opterećenje tla a zatim se za njega (kao i u analizi stabilnosti i sigurnosti konstrukcije) utvrđuje faktor sigurnosti u pogledu loma temeljnog tla. U geomehničkom elaboratu koji bi trebalo da bude konačna podloga sa predlozima za izbor rešenja, mogu se dati dva dijagrama, za Pravilnikom preporučene srednje i minimalne faktore sigurnosti, iz kojih bi moglo da se vidi da li će očekivano ukupno opterećenje biti između srednje i najveće dozvoljene vrednosti opterećenja postojećih temelja – pri čemu se nebi znala tačna vrednost faktora sigurnosti.

Njegova bliža procena moguća je na osnovu rezultata računске analize uticaja ovog faktora na dozvoljeno opterećenje, prikazanih u narednoj tački ovoga rada. Zbog prirode rešenja, strožija teorijska analiza nije mogla biti primenjena.

2.2. Uticaj faktora sigurnosti, oblika i širine temelja na veličinu dozvoljenog opterećenja osnovnih grupa tla

Uticaj dodatnog opterećenja na smanjenje parcijalnih faktora sigurnosti (F_c , F_ϕ) u pogledu loma osnovnih grupa tla može se procenjivati na osnovu analize uticaja ovih faktora na dozvoljeno opterećenje (q_a) za četiri osnovne grupe tla (od peska do gline), prikazanog dijagramima na *Slici 2* za tipične uslove temeljenja zgrada koje se nadgrađuju, relativno nepovoljne, sa NPV na koti temeljenja. Za povoljnije uslove temeljenja i nalazi su povoljniji.

Dozvoljeno opterećenje prikazano je za sve oblike pravougaonih stopa, od kvadrata ($B'/L'=1$) do trake ($B'/L'=0$), za srednje i granične veličine parcijalnih faktora sigurnosti predloženih Pravilnikom [1] u opsegu $F_c = 2-3$ i $F_\phi = 1,2-1,8$, sa jednačinama linearnog trenda za čest odnos $B'/L'=0,6$. Sa dijagrama se mogu uočiti značajnija područja pojedinih uticaja.

Kako se sa dijagrama može videti, smanjenje *faktora sigurnosti* sa srednjih na minimalne preporučene veličine uvećava računsko dozvoljeno opterećenje prosečno od 70 % na čistom pesku (krupnozrnom tlu^c, gde je uticaj ovih faktora najveći) do 43 % na mekšoj glini (sitnozrnom

^b Kako se vidi i kako je davno poznato ali se još uvek retko primenjuje u statičkim proračunima, pa čak i u literaturi za temeljenje, *dimenzionisanje stopa* temelja za ekscentrično opterećenje *ne vrši se* na osnovu *najvećeg ivičnog kontaktnog pritiska* jer on, kao takav, u tlu (naročito u stišljivom, sitnozrnom) ne može biti ostvaren, niti ima smisla porediti ga sa dozvoljenim jednakopodeljenim opterećenjem (q_a) efektivne kontaktne površine.

^c U skladu sa savremenim razmatranjem čvrstoće tla, prema kome je kohezija tla (i za gline) samo prividna fizička tj. računska veličina, kao i prema JUS U.B0.100(1998), dve osnovne grupe građevinskog tla su krupnozrno i sitnozrno tlo (ne nekoherentno i koherentno).

DOZVOLJENO OPTEREĆENJE (q_a, V_a) U POGLEDU LOMA TLA

Temelji: *Temelji u delu zgrade sa podrumom*

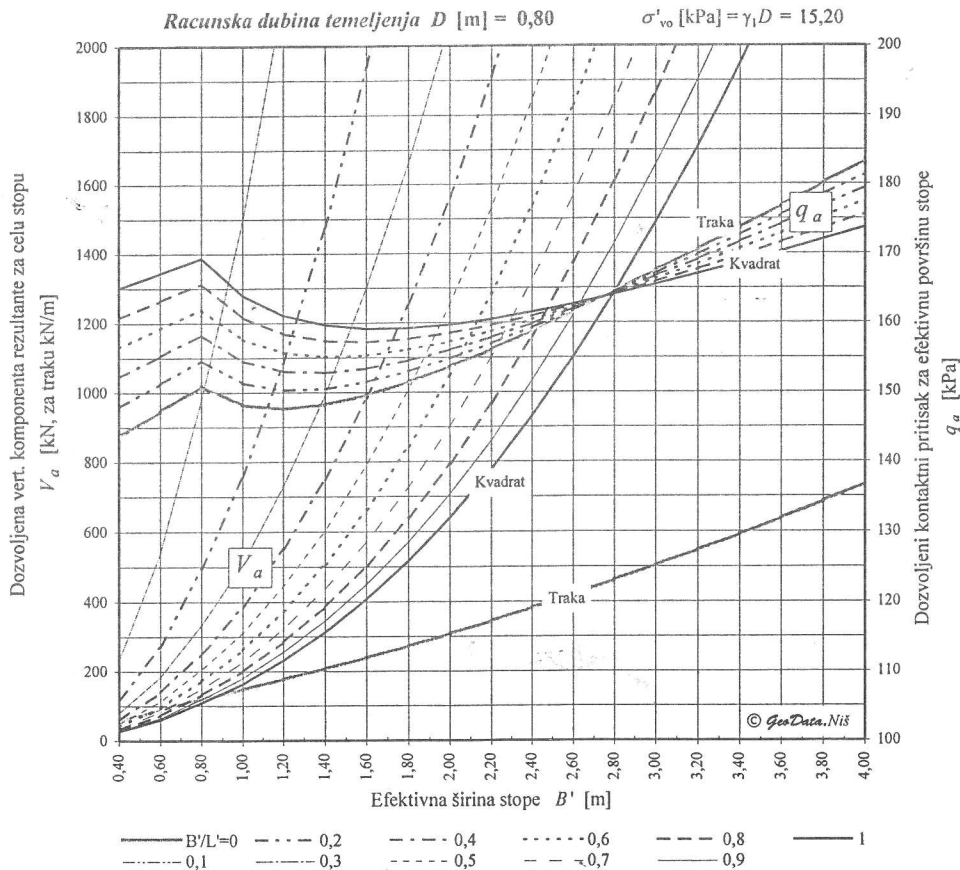
Racunski profil terena: *Homogeni glinoviti pesak*

DIJAGRAM ZA DIMENZIONISANJE EKSCENTRICNO OPTEREĆENIH PRAVOUGAONIH STOPA

(Programski sistem GeoData2, u skladu sa Pravilnikom [Sl.list SFRJ br.15/1990] i dr.)

V [kN] *	k_{sh} [1]	0,05	γ_1 [kN/m ³]	19,00	F_{sc} [1]	2,5	N_q [1]	5,26
H_B [kN]	H_L [kN]		γ_2 [kN/m ³]	10,50	F_{sp} [1]	1,5	N_γ [1]	4,07
M_B [kNm]	M_L [kNm]		c [kPa]	7	c_m [kPa]	2,80	N_e [1]	13,11
H_{Bmax}/V	H_{Lmax}/V	0,050	ϕ [°]	26	ϕ_m [°]	18,01	NPV [m]	0,80
$e_B = M_B/V$	$e_L = M_L/V$		$(z/B)_{min}$	0,60	Fizicka površina stope		$A = BL$	
$B' = B - 2e_B$	$L' = L - 2e_L$		$(z/B)_{max}$	1,74	Efektivna površina stope		$A' = B'L'$	

* Za traku ($B'/L'=0$) su V, H [kN/m] i M [kNm/m] po dužnom metru trake.



Za navedene faktore sigurnosti F_{sc} i F_{sp} , dozvoljena je vertikalna komponenta rezultante stope $V_a = q_a A' = q_a B'L'$.

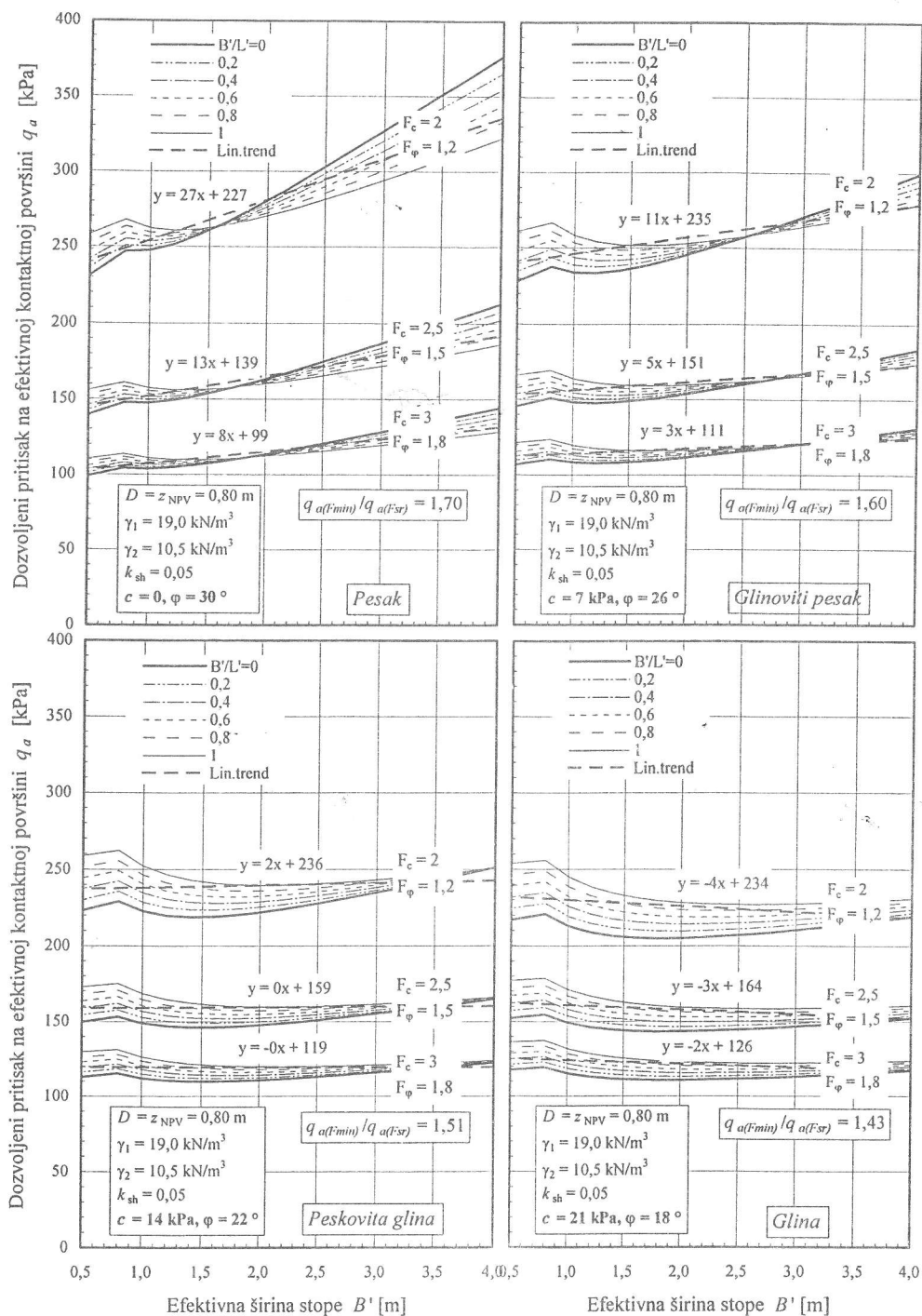
Postupak dimenzionisanja stope:

Za datu silu $V = V_a$ (bez seizmike $V/0,80 = V_a$) odabere se B'/L' (ili B') i iz dijagrama očitava potrebno B' (ili B'/L').

Potrebne fizicke dimenzije stope za datu V i ekscentricitete e_B i e_L : $B = B' + 2e_B$, $L = L' + 2e_L = B' / (B'/L') + 2e_L$.

Pritisak na efektivnoj površini je q_a (sa dijagrama) a na fizickoj (celoj) površini srednji pritisak je $p = V_a / (BL)$.

Slika 1. Dozvoljeno opterećenje za željene parcijalne faktore sigurnosti u pogledu loma datog tla ispod plitkih pravougaonih temelja na datoj dubini (primer)



Slika 2. Prikaz uticaja faktora sigurnosti (F_c , F_φ), oblika i dimenzija temelja na dozvoljeno opterećenje (q_a) različitih vrsta tla za tipične uslove temeljenja zgrada koje se nadgrađuju

tlu). Iz iskustva autora sa većim brojem nadgrađenih zgrada, priraštaj opterećenja tla usled nadgradnje najčešće je znatno manji od toga.

Za uobičajene dimenzije temelja, uticaj *oblika stope* na dozvoljeno opterećenje je relativno mali i izraženiji u sitnozrnijem tlu. U glini, ono se za temelj oblika trake do kvadrata jednake širine uvećava do 10 % (u kN/m^2).

Uticaj *širine temelja* na dozvoljeno opterećenje izraženiji je za manje faktore sigurnosti i u krupnozrnijem tlu, zbog izraženijeg uticaja unutrašnjeg trenja duž računskih zona smicanja tla. U sitnozrnijem tlu, u kome se otpor trenja smanjuje, čvrstoća na smicanje se smanjuje ka vrednosti kohezije pa se i dozvoljeno opterećenje u pogledu loma tla smanjuje ka odgovarajućoj konstantnoj vrednosti koja praktično odgovara drugom (slobodnom) članu jednačina linearnog trenda na dijagramima za *peskovitu glinu* i *glinu* (Slika 2).

Za potrebe nadgradnje, na osnovu izloženog, uticaj dodatnog opterećenja na smanjenje faktora sigurnosti može biti ocenjen na dva načina.

Preciznije, faktori sigurnosti u pogledu loma datog tla pod opterećenjem od postojećeg i nadgrađenog objekta mogu biti određeni povratnom analizom pomoću prikazanog programa.

Za *grublju* ocenu, može se uraditi dijagram (kao na *Slici 1*) za najmanje Pravilnikom preporučene vrednosti faktora sigurnosti i ukupno opterećenje posle nadgradnje uporediti sa tako dozvoljenim, bez uvida u tačne vrednosti smanjenih faktora, koje se za odgovarajuće uslove mogu proceniti na osnovu rezultata sa *Slike 2*.

Na osnovu izloženog, u uobičajenim uslovima temeljenja i nadgrađivanja može se očekivati da *uticaj dodatnog opterećenja* na sigurnost u pogledu loma tla ispod nadgrađenog objekta nije dominantan pa merodavan kriterijum za njegovu ocenu postaje uticaj dodatnog sleganja na konstrukciju objekta.

3. UTICAJ DODATNOG OPTEREĆENJA NA SLEGANJE

Dodatno sleganje tla, temelja i objekta usled opterećenja od nadgradnje pridružuje se sleganju od opterećenja pre nadgradnje, koje možda još nije okončano. Tako, zbog eventualne mogućnosti da razlike sleganja različitih delova objekta budu veće u nekoj fazi konsolidacije nego posle nje, može biti potrebno da se uz *veličine sleganja* pre i posle nadgradnje prouči i njihov *vremenski tok*.

Ako je konsolidacija od opterećenja pre nadgradnje praktično završena, veličina dodatnog sleganja usled nadgradnje računa se iz razlike konačnih sleganja pre i posle nadgradnje – u praksi najčešće metodom *integracije deformacija* (napona) do dubine efektivnog dejstva opterećenja ili, rede, metodom *integracije pomeranja* površine ekvivalentnog elastičnog poluprostora.

Kombinacijom ove dve metode za elastičan poluprostor ekvivalentan datom tlu do dubine efektivnog dejstva odabranog karakterističnog temelja, programskim sistemom *GeoData2* omogućena je izrada dijagrama za očitavanje sleganja i rotacija svih temelja (proizvoljnih oblika i dimenzija) u istom profilu terena – neposredno za vertikalnu komponentu i moment rezultante opterećenja naknadno dobijenog statičkim proračunom – ili za dimenzionisanje svih temelja tako da njihova računska sleganja (ili rotacije) budu jednaka željenim (dozvoljenim) vrednostima. Postupak je praktičan i vrlo pogodan za projektovanje novih objekata sa većim brojem samaca u ujednačenom tlu.

Proračunom sleganja za *poznate* dimenzije i opterećenja temelja pojedinačno dobijaju se nešto realnije vrednosti, pa bi geomehničke proračune za potrebe nadgradnje trebalo raditi *posle* analize statičke stabilnosti i sigurnosti konstrukcije zgrade.

Za temelj date širine (B) i oblika (B/L), od koga zavisi koeficijent (I_s) sleganja karakteristične tačke temelja, na tlu sa ekvivalentnim elastičnim konstantama (ν , E) koje odgovaraju promeni napona usled kontaktnog pritiska (p), sleganje (s) temelja računa se metodom integracije pomeranja kao

$$s = \frac{1-\nu^2}{E} pBI_s$$

pa se, zanemarujući smanjenje deformabilnosti tla, može očekivati da će ovo i dodatno sleganje (Δs) usled dodatnog opterećenja (Δp) od nadgradnje biti u odnosu

$$\frac{\Delta s}{s} = \frac{\Delta p}{p}$$

što znači da će priraštaj sleganja *procentualno* biti jednak priraštaju opterećenja.

Oдавде, uticaj uobičajenog dodatnog opterećenja na dodatno i ukupno sleganje postaje za nadgrađeni objekat značajniji od njegovog napred opisanog uticaja na smanjenje faktora sigurnosti u pogledu loma tla.

Dodatno sleganje uvećava već ostvarene deformacije konstrukcije od prethodnog opterećenja pa deformacije treba, uz napred date napomene o vremenskom toku sleganja, analizirati u celini. Zavisno od rasporeda dodatnog opterećenja, npr. većeg na jednoj polovini zgrade, dodatno sleganje može i da smanji već ostvarene razlike u sleganjima delova zgrade (npr. pliće i dublje temeljenih denivelisanih poluetaža).

4. ZAKLJUČAK

Imajući u vidu cilj ovog savetovanja i sastav učesnika, rasprostranjenu praksu nadgrađivanja zgrada i opravdanu obavezu investitora da za projekat obezbede odgovarajuće *geotehničke podloge*, u radu se ukazuje na nužnu metodologiju njihove izrade koja podrazumeva odgovarajuća *terenska* istraživanja i ispitivanja (utvrđivanje ili proveru sastava tla, geometrije i stanja temelja), *laboratorijska* ispitivanja (utvrđivanje ili proveru svojstava tla), geomehničke *proračune* (postojećeg i smanjenog faktora sigurnosti u pogledu loma tla, dodatnog i ukupnog sleganja posle nadgradnje). Za razliku od novih objekata, za nadgradnju je pogodnije da geotehničkom elaboratu *prethodi* statička analiza stabilnosti i sigurnosti konstrukcije, kako bi analiza sleganja bila izvršena za poznata opterećenja.

Kako se vidi iz rezultata računске analize (sprovedene programima sistema *GeoData2*) za tipične uslove temeljenja zgrada koje se nadgrađuju (*Slika 2*), temelji dimenzionisani za Pravilnikom [1] preporučene srednje vrednosti faktora sigurnosti u pogledu loma tla mogu se dodatno opteretiti sa 70 % postojećeg opterećenja na *pesku*, 60 % na *glinovitom pesku*, 51 % na *peskovitoj glini* i 43 % na *mekšoj glini*, pri čemu će se faktori sigurnosti smanjiti na najmanje preporučene vrednosti. Pošto je, po pravilu, planirano dodatno opterećenje manje od ovoliko dozvoljenog, merodavan kriterijum za izbor rešenja nadgradnje (bez intervencija na temeljima ili u tlu) postaju dodatna i ukupna (apsolutna i relativna) *sleganja* delova konstrukcije.

U vezi sa tim, u koliko je okončana konsolidacija tla ispod postojeće zgrade, može se očekivati da će usled njene nadgradnje procenti uvećanja opterećenja tla i sleganja biti jednaki.

REFERENCE

1. *** Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata, Službeni list SFRJ, br.15, Beograd, 1990, str.653-667.
2. Samardaković, M.: Geomehnički programski sistemi *GeoData1* i *GeoData2*, Zbornik radova Međunarodnog naučnog skupa "Pravci razvoja geotehnike", Rudarsko-geološki fakultet i Sava centar, Beograd, 1996, str.395-404.
3. Samardaković, M.: Dimenzionisanje plitkih temelja (I): Dozvoljeno opterećenje u pogledu loma tla i šljunčanog jastuka, Zbornik radova Građevinskog fakulteta, br.17, Niš, 1996, str.105-112.
4. Samardaković, M.: Dimenzionisanje plitkih temelja (II): Sleganje i rotacija temelja, Zbornik radova Građevinskog fakulteta, br.17, Niš, 1996, str.113-122.