



METODE POBOLJŠANJA TLA



2. STABILIZACIJA TLA POSTELJICE

Postupci stabilizacije tla posteljice široko se primjenjuju u građevinarstvu, osobito u niskogradnji, pri građenju prometnica ali i drugih objekata. Kod nas se iz više razloga o stabilizacijama uglavnom ne zna dovoljno. U prvom redu postoji više osnovnih postupaka (tehnika) stabilizacije ovisno o vrsti veziva, a svaka obuhvaća jedan širi raspon materijala koji se tim vezivom mogu stabilizirati. U tom je području prisutna velika raznolikost. Nadalje, neki postupci koji se često izvode, i koji spadaju u postupke stabilizacije, obično se ne nazivaju tako. Prvenstveno se pri tome misli na mehaničko zbijanje zrnatih kamenih materijala (šljunka, drobljenog kamenog materijala, mješanih materijala), što nije ništa drugo nego oblik mehaničke stabilizacije. U postupke mehaničke stabilizacije ubrajamo i postupak korekcije granulometrijskog sastava materijala i njegovo zbijanje. Pored navedenih u tradicionalne postupke stabilizacije slabo nosivih tla posteljice ubrajaju se i postupci stabilizacije pri kojima se osnovnom materijalu dađaje neko vezivo, primjerice vapno kod koherentnih materijala, cement kod nekoherentnih i onih koji predstavljaju prijelaz od nekoherentnih prema koherentnim materijalima te bitumen kod nekoherentnih jednoliko građuiranih materijala. Danas se u svijetu koriste i brojni proizvodi na bazi sintetskih polimernih emulzija, ulja, encima, katrana, bitumena i drugih materijala ili se rabe određena biološka sredstva. Pri tome takvi materijali djeluju samostalno ili u kombinaciji s nekim od tradicionalnih materijala (vapno, cement ili bitumen) pospješujući njegovo djelovanje.

Iako proizvođači redom sve ove netradicionalne proizvode deklariraju kao vrlo uspješne, u praksi se uspješnost njihove primjene pokazala varijabilnom. Provedena, in situ ispitivanja, u pravilu dokazuju da se primjenom ovih novih tipova materijala za stabilizaciju slabo nosivih tla postižu određeni učinci, no općenito je ostao nepoznat vijek trajanja ovih učinaka. Pored toga vrlo često se primjećuje da je količina informacija koju proizvođači netradicionalnih sredstava za stabilizaciju daju inženjerima na gradilištu ili projektantima nedostatna što rezultira smanjenim povjerenjem korisnika proizvoda za stabilizaciju. Počecima šire primjene netradicionalnih materijala za stabilizacije neophodno će trebati prethoditi dobro dokumentirana, dugotrajna ispitivanja na izgrađenim probnim dionicama. Pravilno i objektivno izvještavanje o rezultatima ispitivanja svakako će povećati povjerenje prema tim proizvodima te proširiti saznanja o njihovim ograničenjima ili koristima.

Posebnu grupu proizvoda za stabilizaciju tla predstavljaju geosintetici, koji ne djeluju na tlo direktno, mjenjajući mu karakteristike u reakciji s njim nego s jedne strane preuzimaju na sebe naprezanja koja u tlu nastaju ili od vlastite težine konstrukcije ili od djelovanja prometnog opterećenja a s druge omogućavaju odvijanje određenih procesa u tlu kojima se neposredno tokom vremena poboljšavaju svojstva takvog tla.

2.1. Definicija stabilizacije tla

Pojam stabilizacije tla najbolje se može objasniti na nekim ekstremnim primjerima. Pretpostavimo neko čvrsto, homogeno stjenovito tlo. Ono se odlikuje velikom nosivošću na koju praktički ne mogu utjecati nikakvi vanjski prirodni faktori, kao što su primjerice voda, smrzavica i slično. Takav materijal, za građevinske svrhe, npr. posteljicu neke prometnice možemo smatrati potpuno stabilnim. S druge strane zamislimo npr. sipki, jednakoizrnat pijesak ili glinu visoke plastičnosti. Jednakoizrnat

METODE POBOLJŠANJA TLA

pijesak nema povezanosti između zrna, slabo je nosiv i neotporan na mehaničke utjecaje, podložan eroziji vodom pa čak i vjetrom. On je u svom prirodnom stanju nestabilan.

Na glinu, opet, iako su joj čestice vezane unutarnjim silama kohezije, voda ima veliki utjecaj. U suhom stanju glina ima veliku čvrstoću i nosivost, ali kada se saturira vodom postaje plastična, pa i žitka te može izgubiti svaku nosivost. Dakle i glina je u građevinskom smislu nestabilan materijal. Između ovih materijala naravno postoji i čitav niz drugih materijala koji imaju različita prelazna svojstva, a od kojih su mnogi sasvim sigurno nestabilni. Takva svojstva su u graditeljstvu vrlo nepoželjna pa su tokom vremena razvijeni postupci kojima se ona poboljšavaju tj. postupci kojima je cilj postići da nestabilni materijal stekne potrebni stupanj otpornosti na mehaničke i vremenske utjecaje. Takvi se postupci nazivaju postupcima stabilizacije tla.

Postoji čitav niz definicija pojma stabilizacije tla. Navedeni su samo neki, koji se javljaju u radovima poznatih autora ili u standardima:

Aichorn:

Neka se tla mogu jednostavnim postupkom zbijanja dovesti u stanje koje im daje potrebnu mehaničku stabilnost i otpornost prema djelovanju atmosferilija. Mnoga druga tla mogu se dodatkom malih količina visokovrijednih materijala, primjerice cementa, bitumenskih materijala ili vapna poboljšati i time dobiti tražena stabilnost. Takva obrada naziva se stabilizacija.

Ingles:

Stabilizacija tla je svaki postupak kod kojeg se ograničava ili prevladava neko nepoželjno svojstvo (svojstva) materijala.

O'Flaherty navodi definiciju koju je dao predsjednik Highway Research Board-a, još davne 1938. godine:

Stabilizirani nasip, podtlo, posteljica ili habajući ili nosivi sloj konstrukcije su oni koji kada su izgrađeni ostaju trajni, a stabilizacija je postupak koji do toga dovodi.

Švicarska norma SNV 640 500:

Pod stabilizacijom tla podrazumijeva se miješanje nekog aditiva, primjerice veziva u tlo, u svrhu poboljšanja njegovih geomehaničkih karakteristika.

Engleska norma BS 1924:

Stabilizirano tlo je bilo koji prirodni materijal koji je prerađen tako da mu nosivost bude poboljšana i zadržana, kao i da stekne otpornost na djelovanje atmosferilija (vremenskih utjecaja).

Još uvijek važeća norma u Hrvatskoj HRN U.E9.026:

Stabilizacija tla vapnom (cementom) predstavlja tehnološki proces kojim se odabrane vrste tla obrađuju s dodatkom vapna (cementa) i vode dajući mješavini veću stabilnost i čvrstoću u sastavu podloge kolničke konstrukcije.

Europska norma:

Stabilizacija tla je postupak kojim se dodavanjem nekog visokovrijednog materijala, primjerice veziva poboljšavaju geomehaničke karakteristike istoga.

Vidljivo je, dakle, da se stabilizacijom dobivaju novi materijali sa poboljšanim karakteristikama koji tako mogu znatno doprinjeti kvaliteti građevinskih objekata. Što više, pomoću stabilizacije se često mogu učiniti pogodnim i iskoristiti i neki slabiji materijali koji se bez obrade ni u kojem slučaju ne bi mogli upotrijebiti. Zbog svih tih razloga sigurno je da stabilizacije mogu imati i znatan pozitivan ekonomski efekt.

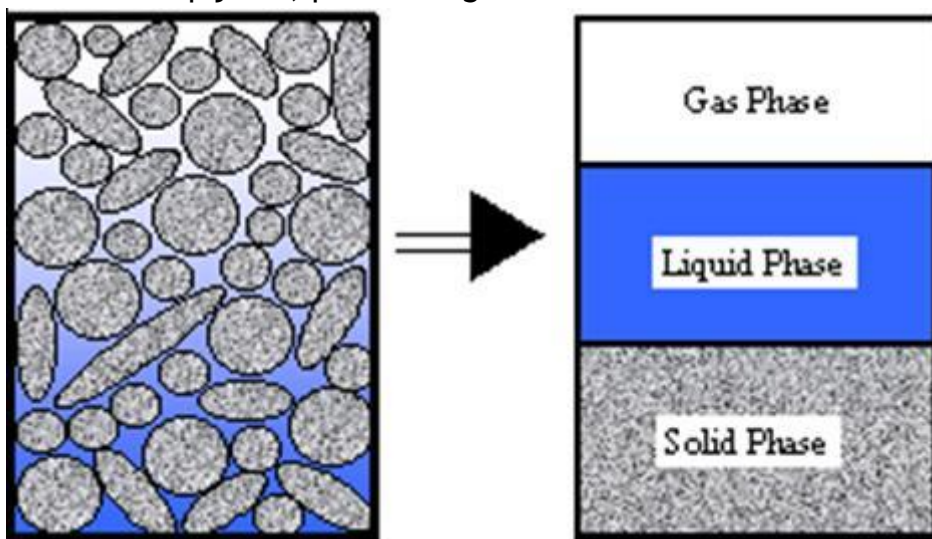
2.2. Tlo i stabilizacija tla

Svako tlo ili lokalni materijal predstavlja složen, više ili manje promijenljiv prirodan materijal koji se može podijeliti u nekoliko osnovnih vrsta, odnosno može se klasificirati prema postojećim normama klasifikacije tla. U svrhu stabiliziranja tla, često je dovoljno klasificirati dominantni mineral u materijalu tla koji je potrebno stabilizirati da bi se mogao odrediti odgovarajući postupak.

Pojam stabilizacija tla općenito je povezan s nestabilnim tlama iako se postupci stabilizacije uobičajeno provode i na tlima koja se ni po kojoj od svojih karakteristika ne bi mogla svrstati u nestabilna. Iz tog razloga u nastavku će se potanje objasniti tlo sa stanovišta njegove stabilnosti, odnosno nestabilnosti.

2.2.1. Tlo

Tlo možemo zamisliti kao sistem koji se sastoji iz tri faze. U tako zamišljenom sistemu, slika 1, očigledno je da nosivost tla proizilazi u najvećoj mjeri od minerala - čvrste faze tla: pijesak, prašina ili glina.



Slika 1. Tri faze u sistemu tla

Između čestica minerala u njihovim dodirnim točkama postoji trenje. Ovo trenje je neophodno u mehanizmu reakcije tla na djelovanje vanjskih i unutrašnjih sila.

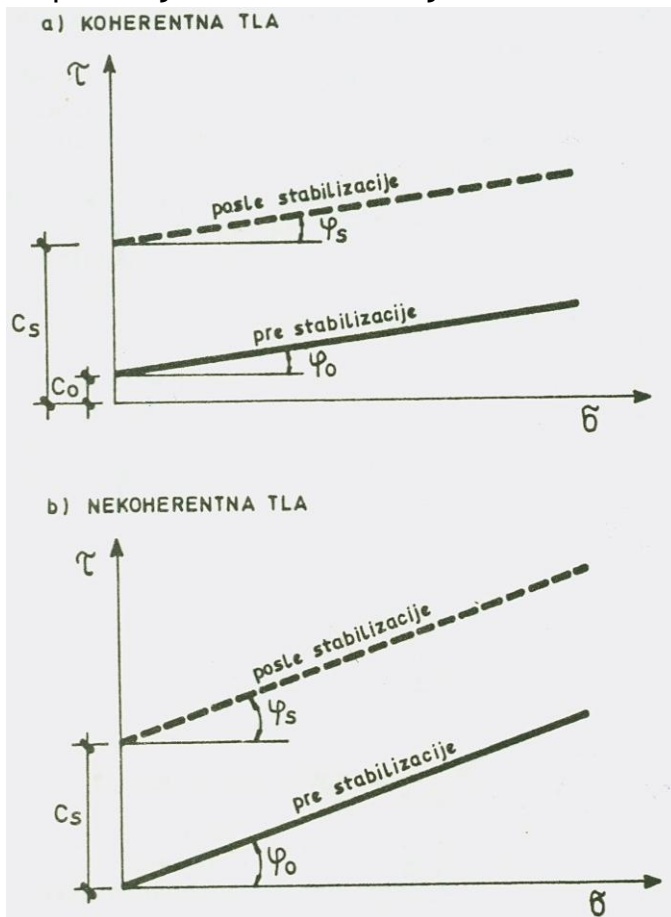
Isto tako svaka je čestica tla okružena adsorbiranim vodenim filmom. Što su manje čestice, posebno kod glina, veći je uticaj ovog vodenog filma, a naročito u smanjenju

METODE POBOLJŠANJA TLA

trenja između čestica tla. Na taj način adsorbirana voda ima funkciju podmazivača. S druge strane adsorbirani vodeni film utječe na sile kohezije između čestica tla. Pored ove „vezane“ vode u tlu postoji i promjenljiva količina slobodne vode. Značajan dio naprezanja od djelovanja vanjskog opterećenja odnosi se na „tekuću fazu“ koja reagira na porni pritisak. Mogućnost toka slobodne vode rezultirati će u smanjenju pornog pritiska.

Kada je porni pritisak *nula*, trenje između čestica tla je *maksimalno*.

Mogućnost toka slobodne vode ovisi o količini zraka u tlu. U stvari, jasno je, da što se tiče stabilnosti, ova treća faza, zrak, ne doprinosi u tom smislu. Drugim riječima, u nastojanjima povećanja stabilnosti nastojimo smanjiti sadržaj zraka (šupljina ispunjenih zrakom). U načelu cilj bilo kojeg postupka stabilizacije je da se sistem tla učini što je više moguće "kompaktnim". To se postiže zbijanjem koje je obavezan korak pri svakom postupku stabilizacije. No, treba imati na umu da i nakon zbijanja u tlu preostaje određeni sadržaj zraka od 10-20%.



Između svojstava čvrste i tekuće faze postoji interakcija, odnosno između trenja i kohezije. Ova interakcija određuje koja je vrsta tla u pitanju (slika 13).

Kod koherentnih tla veći sadržaj vode smanjiti će koheziju i posljedično će doći do smanjenja stabilnosti. Iz tog razloga najvažnije je smanjiti utjecaj visokog sadržaja vode, čime se u stvari stabilizira tlo. Povećanje kohezije putem vezivanja viška vode i povećanje trenja okrupnjavanjem originalnih čestica tla, dodavanjem veziva ili stabilizirajućeg sredstva (glini - vapno) mijenjamo teksturu čestica tla što se može osjetiti stiskanjem mješavine u šaci.

Slika 2. Interakcija osobina čvrste i tekuće faze, trenja i kohezije

Kod nekoherentnog tla, kao što je pijesak, koje ima dobro unutarnje trenje, veći sadržaj vode umanjuje trenje, što dovodi do pada stabilnosti. Miješanjem ovakvog pijeska sa glinom kao tлом sa velikom kohezijom, rezultirati će daleko većom stabilnošću mješavine.

2.2.2. Stabilna i nestabilna tla

Postupci stabilizacija tla primjenjuju se po definiciji kod nestabilnih materijala. Nestabilnost materijala, općenito je vrlo nepoželjno svojstvo pri građenju, pa su razvijeni postupci - stabilizacije koji omogućuju da se ta promijenljivost prevlada ili ograniči, odnosno da se poboljšanjem jednog ili više svojstava poboljša ponašanje tla u cjelini.

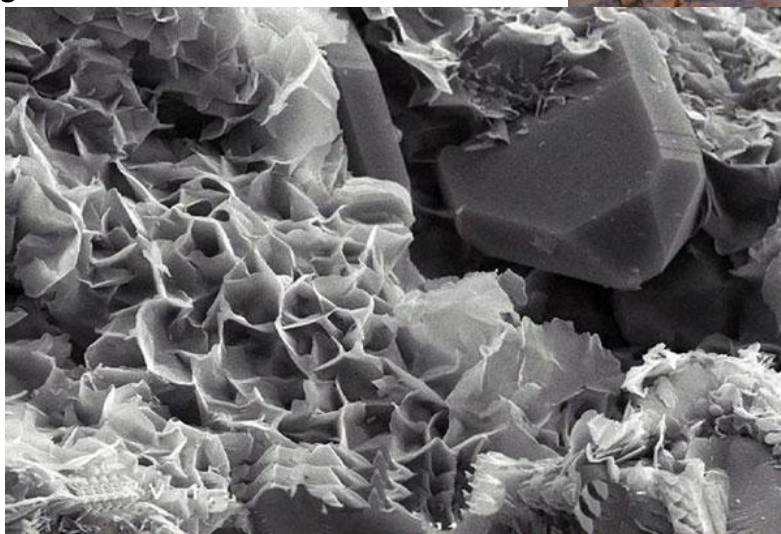
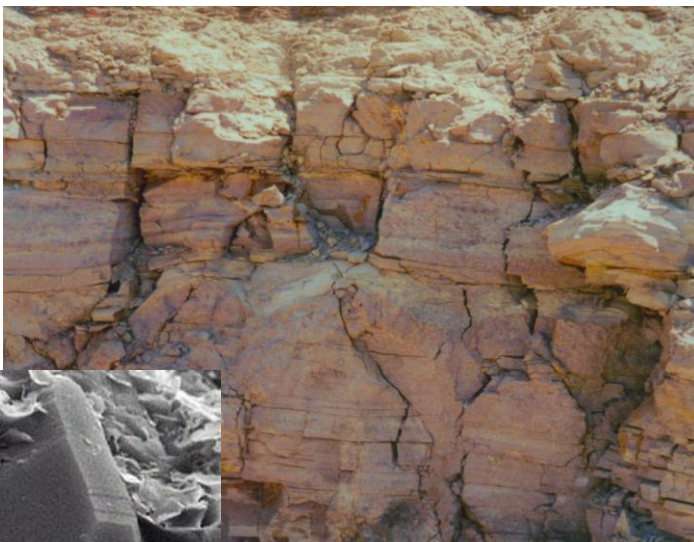
Za bolje razumijevanje postupaka kojima se karakteristike takovih tla mijenjaju te se na taj način nestabilna tla pretvaraju u stabilna nije na odmet definirati pojmove stabilnosti i nestabilnosti kada se oni odnose na prirodno tlo.

Neka tla kao što su kamenita ili šljunkovito pjeskovita tla stabilna su sama po sebi, i u zbijenom stanju ne mijenjaju svojstva pod utjecajem vanjskih faktora - vode i smrzavice.

Međutim mnoga se druga tla pod djelovanjem tih utjecajnih faktora mijenjaju, pa se kaže da nisu stabilna. Pri tome nestabilna mogu biti i koherentna i nekoherentna tla.

Od **nekoherentnih** tala nestabilan je primjerice sipki, jednozrnati pijesak, koji slabo podnosi djelovanje koncentriranih opterećenja a podložan je i eroziji. Nestabilnost ovog materijala potječe od odsutnosti kohezije između čestica, kao i od relativno malog trenja između zrna zbog nedostatka ispune šupljina među zrnima sitnijim česticama materijala.

Kod **koherentnih** materijala, osnovni uzrok njihove nestabilnosti je voda. Koherentna tla - gline imaju kristaliničan sastav. Sastoje se od minerala gline koji su sastavljeni od molekularnih listića aluminatnog ili silikatnog karaktera, složenih i povezanih na različite načine. O karakteru tih veza ovise svojstva gline.



Postoje tri osnovne grupe glina - kaolinita, ilita i montmorilonita od kojih najtipičnija svojstva glina (plastičnost, bubrenje i dr.) imaju montmoriloniti tako da će se na primjeru te vrste glina ukratko objasniti ponašanje glina općenito.

Slika 3. Montmorilonitna glina

Na slici 3 vidi se izgled minerala gline montmorilonita u prirodi kao i uvećani

METODE POBOLJŠANJA TLA

mikroskopski prikaz. Ta se glina sastoji od listića međusobno povezanih u kristalne jedinice. Na vanjskim se površinama listića adsorbira voda u obliku filma. Zbog velike specifične površine listića, ta količina vode nije zanemariva. Daleko veća količina vode, međutim može ući u strukturu minerala gline zbog toga što su elektrostatske veze između kristalnih jedinica slabe. Tako u montmorilonitnu glinu može ući tolika količina vode da se razmak između kristalnih jedinica poveća i do četrdeset puta. Posljedica toga je veliko bubrenje i promjena konzistencije gline.

I druge grupe glina, kaoliniti i iliti, podložne su tom mehanizmu djelovanja vode, iako ne u tolikoj mjeri kao što je to slučaj s montmorilonitima.

Dakle, svojstva se glina, uslijed djelovanja vode u velikoj mjeri mijenjaju, pa se zato smatraju nestabilnim materijalima.