

**POSTUPCI I METODE
STABILIZACIJE TLA POSTELJICE**

Stabilizacija cementom

METODE POBOLJŠANJA TLA

6.4. Stabilizacija posteljice cementom

Za razliku od vapna koje zahtijeva glinoviti materijal, cementom se mogu stabilizirati i nekoherentni materijali. Cement, naime, sadrži u sebi pucolanske komponente pa predstavlja samostalno vezivo.

6.4.1. Mehanizam stabilizacije tla cementom

Mehanizam stabilizacije tla cementom različit je kod nekoherentnog tla i kod koherentnog tla.

Kod nekoherentnog tla (npr. pijeska) pomiješanog sa cementom, uz prisutnost vode dolazi do hidratacije cementa, do stvaranja određenih produkata (u prvom redu kalcijevih i aluminijskih hidrata) i do sljepljivanja i povezivanja zrnaca. Obavijanje zrnaca je, zbog relativno male količine cementa, nepotpuno, tako da sistem ima veliku poroznost, ali je inače čvrst i stabilan, tj. mehanički otporan, a isto tako znatno mu je poboljšana otpornost protiv nepovoljnih vremenskih i hidroloških okolnosti (kiša, smrzavanje).

Kod mješavine koherentnog tla (prašinate gline i sl.) i cementa dolazi isto tako do hidratacije i pojave vezivanja čestica tla. Kod manje količine cementa u stabilizacijskoj mješavini mogu se stvoriti jezgre koje međusobno nisu povezane, ali ipak učvršćuju strukturu, dok se kod većih količina cementa razvija fini cementni skelet koji prožima materijal i poboljšava mu mehaničke karakteristike. Kod ove vrste materijala postoji i dodatni stabilizacijski efekt, jer se prilikom hidratacije iz cementa oslobađa određena količina živog vapna koje, zatim, stupa u reakciju s aktivnim silikatima i mineralima gline iz tla i u jednom duljem, sporijem procesu dodatno povećava čvrstoću materijala.

6.4.2. Pogodnost tla za stabilizaciju cementom

Iako se cementom može stabilizirati praktički svako tlo, u praksi su pogodnija prašinasto-glinovita, prašinasta i pjeskovita tla nego glinovita tla, jer gline, zbog svojeg sastava, traže veću količinu cementa. Svakako da su stoga, za stabilizaciju cementom najpogodniji krupnozrnati materijali (pjeskoviti šljunak), no kako se oni rijeđe mogu naći u tlu, odnosno posteljici (a i tada većinom zadovoljava mehanički način ugradnje), to stabilizacija ovih materijala spada više u domenu kolničke konstrukcije, nego posteljice.

Švicarski i njemački propisi propisuju granična granulometrijska područja za stabilizaciju cementom (slika 32).

Materijali s lijeve strane propisanog područja nisu pogodni za stabilizaciju cementom zbog toga što su previše sitni i stoga zahtijevaju velike količine cementa. Materijali s desne strane propisanog područja su prekrupni i nepodesni za obradu strojevima.

Osnovni materijal za stabilizaciju ne smije sadržavati niti štetne tvari, koje bi mogle omesti ili spriječiti proces vezivanja cementa. Od takvih mogu se spomenuti organske tvari (u prekomjernoj količini), a osobito su opasni sulfati.

6.4.3. Cement i voda

Za stabilizaciju tla sa cementom preporučuju se cementi nižih čvrstoća kao što je PC-25 i eventualno PC-35, a nikako jači cementi. Dva su razloga za to. Prvi je što jačeg cementa treba dodati manje, pa to u nekim slučajevima može otežati postizanje

METODE POBOLJŠANJA TLA

homogene mješavine.

Drugi je razlog i važniji. Naime, cementom stabilizirani materijali su općenito dosta kruti, a rade se u kontinuiranim površinama pa su skloni nastajanju pukotina. Svakako da toj pojavi pogoduju jači cementi, koji izazivaju i veće stezanje mješavine.

Voda koja se eventualno dodaje tlu radi postizanja optimalne vlažnosti treba biti čista i pogodna za radove sa cementom.

Voda ima u stabilizaciji dvije uloge - služi za podmazivanje čestica i omogućavanje djelotvornog zbijanja (optimalna vlažnost), te za proces hidratacije cementa.

Zbog toga je potrebna vlažnost mješavine tla. i nešto viša od optimalne vlažnosti samog tla.

6.4.4. Određivanje sastava stabilizacijske mješavine

Kao i kod vapnene stabilizacije i kod stabilizacije tla cementom treba prije izvedbe odrediti prethodni radni sastav, odnosno recepturu.

Točan postupak kod nas nije propisan. O ispitivanjima i izradi cementne stabilizacije postoji, međutim, bogata inozemna praksa, jer je ovaj postupak u svijetu vrlo rasprostranjen i razvijen.

Pogodnost osnovnog tla određuje se ispitivanjem granulometrijskog sastava, granica konsistencije, proctorovih elemenata i sadržaja organskih i štetnih tvari. Isto tako ispituje se kvaliteta cementa i njegova podudarnost sa deklariranom oznakom.

Mješavine tla s određenim dodacima cementa ispituju se u pogledu čvrstoće i otpornosti prema vodi i smrzavanju, na temelju čega se određuje receptura.

Tražena tlačna čvrstoća (uzorci su isti kao kod vapnene stabilizacije) iznosi:

- nakon 7 dana 1,4 MN/m²
- nakon 28 dana 1,75 MN/m²

Recepturom se određuje:

- postotak cementa u odnosu na suhu masu tl-
- optimalna vlažnost mješavine tlo-cement po Proctoru (standardnom)
- maksimalna suha prostorna masa po Proctoru
- minimalna čvrstoća (nakon 7, odnosno 28 dana)
- da li je stabilizirani materijal otporan prema vodi i eventualno prema smrzavanju (po potrebi).

Potrebna količina cementa dosta varira u ovisnosti o vrsti tla i vrsti cementa. Ona se određuje tako da bude minimalno potrebna da se zadovolje traženi zahtjevi i to ne samo zbog ekonomičnosti, nego i zbog opasnosti da ne dođe do pojave pukotina.

U tabeli 6.1. prikazane su granice potrebnih količina cementa kod pojedinih vrsta materijala u postocima od mase tla, kao i za stabilizaciju sloja tla debljine 20 cm.

Tabela 6.1. Potrebne količine cementa za stabilizaciju pojedinih materijala

Vrsta tla	Sadržaj cementa	
	u % mase suhog tla	u m za sloj debljine 20 cm
Pijesak i prašinsti pijesak	6 do 10	22 do 30
Jednozrni pijesak	8 do 12	28 do 37
Prašinsto tlo	7 do 12	22 do 37
Glina	10 do 16	34 do 45

METODE POBOLJŠANJA TLA

Vidi se da glina traži vrlo mnogo cementa, pa kod nje postupak nije ekonomičan.

6.5. Izrada stabilizacije cementom

Stabilizacija tla cementom danas je u potpunosti mehanizirana. Razvijeni su i usavršeni strojevi za stabilizaciju koji daju velike radne učinke. Tehnologija je vrlo slična onoj kod stabilizacije tla vapnom.

Postupak stabilizacije radi se na samom gradilištu ("mix-in-place"), a uključuje 4 osnovne faze:

- pripremu planuma,
- razastiranje cementa,
- miješanje tla sa cementom i
- zbijanje.

Planum posteljice priprema se po principima koji vrijede za zemljane radove. Ako se radi o posteljici u usjeku, onda se tlo mora isplanirati i profilirati prema projektu, a poželjno je već u toj fazi ostvariti potrebnu optimalnu vlažnost. Ako se radi o posteljici u nasipu, onda se po odgovarajućim zahtjevima izvede sloj ispod onoga koji treba stabilizirati i na njega se naveze sloj tla u debljini koja će nakon stabiliziranja dati projektiranu debljinu sloja. Pošto se radi o već djelomično razrahljenom materijalu lakše je kasnije usitnjavanje.

Pri ovim radovima upotrebljava se uobičajena mehanizacija za tu vrstu posla - prijevozna sredstva i grejderi.

Na pripremljeni planum cement se razastire pomoću vučenih ili samohodnih mehaničkih razastirača, u potrebnoj količini na jedinicu površine. Razastiranje mora biti jednolično.

Sitnjenje tla i miješanje sa cementom obavlja se pomoću rotofrezera. Zbog karaktera tla rijetko je potrebno obaviti rijanje prije nastupa rotofrezera.

Treba primijeniti potreban broj prelaza rotofrezera da se tlo propisno usitni i da se cement jednolično pomiješa s tlom.

U procesu miješanja nekada je potrebno dodati određenu količinu vode radi pravilnog zbijanja.

Valjanje se obavlja uobičajenim valjcima koji se primjenjuju u zemljoradnji za određenu vrstu materijala (glatki, vibracijski, valjci na kotačima s gumama).

Debljina sloja je obično 20 cm.

Po završenom valjanju, stabilizirani sloj treba određeno vrijeme štititi od gubitka vlage, kako bi se mogao nesmetano razvijati proces očvršćivanja, što se postiže vlaženjem.

Obično je planum već nakon 7 dana dobro nosiv i sposoban za gradilišni promet i izradu kolničke konstrukcije.

Od posebne je važnosti što stabilizirani materijal ne mijenja, ili tek malo mijenja, svoja svojstva u uvjetima raznih vlažnosti, temperature i drugih utjecaja tako da predstavlja pouzdanu podlogu.

6.6. Kontrola kvalitete izrade

Stabilizacija tla u posteljici cementom podliježe uobičajenom sistemu kontrole tj. provode se prethodna, tekuća i kontrolna ispitivanja.

Prethodna su ispitivanja opisana su u točki 4.3.5.4. Tu bi još spadala ispitivanja na

METODE POBOLJŠANJA TLA

pokusnoj dionici, koja se rade na većim gradilištima.

Tekuća ispitivanja obuhvaćaju ova najvažnija ispitivanja:

- granulometrijski sastav;
- granice konsistencije i
- sadržaj organskih tvari
- osnovne parametre koji definiraju kvalitetu cementa
- vlažnost
- stupanj zbijenosti u odnosu na standardni Proctorov postupak
- tlačnu čvrstoću
- točnost profila i
- ravnost

Kontrolna ispitivanja: predviđaju ispitivanja:

- tlačne čvrstoće i
- kontrolu geometrijskih elemenata.

