

OPĆI TEHNIČKI UVJETI ZA RADOVE U VODNOM GOSPODARSTVU

12. POGLAVLJE GEOTEHNIČKI RADOVI

NARUČITELJ: HRVATSKE VODE

IZRADILI: CENTAR GRAĐEVINSKOG FAKULTETA d.o.o.
INSTITUT IGH d.d., Zagreb
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Voditelj projekta: prof. dr. sc. Anita Cerić, dipl. ing. građ.

Voditelj izrade: prof. dr. sc. Meho Saša Kovačević, dipl. ing. građ.

Suradnik: izv.prof. dr. sc. Mario Bačić, mag. ing. aedif.

Zagreb, lipanj 2022.



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj

12. POGLAVLJE
GEOTEHNIČKI RADOVI

SADRŽAJ

12-00	OPĆE NAPOMENE.....	12-1
12-00.1	DEFINICIJE.....	12-2
12-00.2	GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA	12-5
12-00.3	TEHNIČKA SVOJSTVA GEOTEHNIČKIH ZAHVATA I KONSTRUKCIJA	12-6
12-00.4	PROJEKTIRANJE GEOTEHNIČKIH ZAHVATA I KONSTRUKCIJA.....	12-6
12-00.5	MATERIJALI I GRAĐEVINSKI PROIZVODI	12-7
12-00.5.1	Opis i namjena zemljanih i kamenih materijala	12-9
12-00.5.2	Geotehnička klasifikacija tla	12-11
12-00.6	IZVOĐENJE I UPORABLJIVOST	12-15
12-00.7	NAKNADNO DOKAZIVANJE TEHNIČKIH SVOJSTAVA.....	12-16
12-00.8	ODRŽAVANJE	12-17
12-01	RADOVI NA TEMELJENJU	12-18
12-01.1	OPĆENITO	12-18
12-01.2	TEMELJENJE NA PILOTIMA	12-18
12-01.2.1	Bušeni piloti (piloti bez razmicanja tla)	12-18
12-01.2.2	Zabijeni i uvtani piloti (piloti s razmicanjem tla)	12-25
12-01.2.3	Pokusno opterećenje pilota	12-29
12-02	RADOVI NA POBOLJŠANJU TLA	12-33
12-02.1	OPĆENITO	12-33
12-02.2	ZAMJENA TLA I UTISKIVANJE KAMENOG MATERIJALA	12-34
12-02.2.1	Zamjena tla	12-34
12-02.2.2	Utiskivanje kamenog materijala.....	12-36
12-02.3	SMANJENJE OPTEREĆENJA	12-37
12-02.4	OJAČANJE TLA PREDOPTEREĆENJEM ILI POVEĆANJEM EFEKTIVNIH NAPREZANJA U TLU	12-37
12-02.5	POBOLJŠANJE (OJAČANJE) TLA VIBRACIJSKIM TEHNIKAMA	12-41
12-02.5.1	Vibro-zbijanje	12-42
12-02.5.2	Šljunčani stupovi.....	12-43
12-02.6	POBOLJŠANJE TLA UDARNIM METODAMA	12-46
12-02.6.1	Poboljšanje tla dinamičkim zbijanjem	12-46
12-02.6.2	Poboljšanje tla brzim udarnim zbijanjem.....	12-47
12-02.6.3	Poboljšanje tla miniranjem.....	12-47
12-02.7	POBOLJŠANJE (OJAČANJE) TLA INJEKTIRANJEM.....	12-48
12-02.7.1	Injektiranje tla i stijena.....	12-48
12-02.7.2	Mlazno injektiranje	12-53

12-02.8	MIJEŠANJE TLA	12-56
12-02.8.1	Plitko miješanje tla.....	12-56
12-02.8.2	Dubinsko miješanje tla.....	12-60
12-02.9	OJAČANJE TLA UMETANJEM VLAČNIH ELEMENATA.....	12-61
12-02.9.1	"Armirano tlo" (ojačani nasip).....	12-61
12-02.9.2	Čavvano tlo	12-62
12-02.9.3	Prednapeta sidra.....	12-63
12-02.9.4	Mikropiloti	12-66
12-02.9.5	Piloti za stabilizaciju klizišta.....	12-66
12-03	RADOVI NA IZRADI POTPORNIH KONSTRUKCIJA.....	12-67
12-03.1	OPĆENITO	12-67
12-03.1.1	Tehnička svojstva potpornih konstrukcija.....	12-67
12-03.1.2	Tehnička svojstva sastavnih materijala, elemenata i proizvoda.....	12-68
12-03.1.3	Projektiranje potpornih konstrukcija.....	12-68
12-03.1.4	Održavanje potpornih konstrukcija	12-70
12-03.2	IZRADA ZIDOVA OD BETONA.....	12-70
12-03.3	MONTAŽNI POTPORNI ZIDOVI	12-77
12-03.4	POTPORNA KONSTRUKCIJA OD ŽIČANIH KOŠARA	12-80
12-03.4.1	Žičane košare (gabioni).....	12-80
12-03.4.2	Žičane košare sa zategama	12-84
12-03.5	POTPORNE KONSTRUKCIJE OD ALTERNATIVNIH MATERIJALA.....	12-89
12-03.5.1	Potporna konstrukcija od omotanog geotekstila	12-89
12-03.5.2	Potporna konstrukcija od automobilskih guma	12-90
12-04	RADOVI NA ZAŠTITI GRAĐEVINSKIH JAMA.....	12-92
12-04.1	OPĆENITO	12-92
12-04.2	ARMIRANOBETONSKE I GLINOBETONSKE DIJAFRAGME.....	12-92
12-04.3	ZABIJENI PROFILI (PREDGOTOVLJENI ELEMENTI – ČELIČNE, DRVENE ILI ARMIRANOBETONSKE PLATICE)	12-95
12-04.4	PILOTNE STIJENE.....	12-98
12-04.5	ZAŠTITA GRAĐEVINSKE JAME BUNARIMA	12-101
12-05	RADOVI NA IZRADI NASUTIH BRANA I HIDROTEHNIČKIH NASIPA	12-104
12-05.1	ISKOP U NALAZIŠTIMA	12-104
12-05.2	UGRADNJA KOHERENTNOG MATERIJALA "C" KATEGORIJE	12-107
12-05.3	UGRADNJA NEKOHERENTNOG MATERIJALA "C" KATEGORIJE.....	12-109
12-05.4	UGRADNJA MATERIJALA "B" KATEGORIJE	12-111
12-05.5	UGRADNJA MATERIJALA "A" KATEGORIJE (lomljeni kamen).....	12-112
12-05.6	KONTROLA KVALITETE UGRAĐENOG MATERIJALA.....	12-113
12-05.7	IZRADA OBLOGE POKOSA I KRUNE BRANE	12-114

12-05.7.1	Zaštita pokosa brane kamenom oblogom.....	12-114
12-05.7.2	Zaštita uzvodnog pokosa brane oblogom od betonskih ploča.....	12-115
12-05.8	EVAKUACIJSKI ORGANI BRANE	12-116
12-05.9	OSTALI RADOVI U PODRUČJU BRANE	12-118
12-05.9.1	Izrada odvodnih kanala	12-118
12-05.9.2	Izrada drenaže	12-118
12-05.9.3	Nasipavanje oko objekata	12-118
12-05.9.4	Izrada glinenog priključka na temeljni klin pregrade.....	12-119
12-05.9.5	Strojno planiranje zemlje oko objekata.....	12-120
12-05.10	RADOVI U AKUMULACIJSKO - RETENCIJSKOM PROSTORU.....	12-120
12-05.10.1	Iskop za drenažni kanal.....	12-120
12-05.10.2	Strojno uređenje prostora akumulacije - retencije.....	12-120
12-06	RADOVI NA IZVEDBI TUNELA I MIKROTUNELA	12-122
12-06.1	OPĆENITO.....	12-122
12-06.2	IZVEDBA TUNELA PREMA NOVOJ AUSTRIJSKOJ TUNELSKOJ METODI	12-123
12-06.3	IZVEDBA TUNELA U OTVORENOM ISKOPU	12-138
12-06.4	IZVEDBA TUNELA MIKROTUNELIRANJEM.....	12-143
12-07	ZAŠTITA ISKOPA OD PRODIRANJA VODE.....	12-149
12-07.1	OPĆENITO.....	12-149
12-07.2	ZAHTJEVI PRILIKOM CRPLJENJA VODE.....	12-150
12-07.3	DRENAŽNI SUSTAV SA SABIRNIM OKNIMA	12-150
12-07.4	SUSTAV IGLOFILTERA	12-153
12-07.5	SUSTAV BUNARA	12-157
12-07.6	ELEKTRO-OSMOZA	12-161
12-07.7	RADOVI NA VODONEPROPUSNIM ZAVJESAMA	12-162
12-07.7.1	Vodonepropusne armiranobetonske i glinobetonske dijafragme ili pilotne stijene	12-162
12-07.7.2	Vodonepropusno žmurje.....	12-162
12-07.7.3	Injektirane vodonepropusne zavjese	12-162
12-07.7.4	Smrzavanje tla.....	12-163
12-07.8	RADOVI NA BRTVLJENJU DNA ISKOPA	12-165
12-08	GRAĐEVINE POD PRITISKOM VODE.....	12-167
12-08.1	IZVEDBA PREDNAPETIH SIDARA	12-167
12-08.2	IZVEDBA MIKROPILOTA.....	12-168
12-08.3	IZVEDBA MLAZNO INJEKTIRANIH STUPNJAKA	12-169
12-09	KRIŽANJE S VODOTOCIMA	12-171
12-09.1	PRIPREMNI RADOVI.....	12-171
12-09.2	PRIVREMENO SKRETANJE TOKA.....	12-171

12-09.3	IZRADA ZAGATA	12-172
12-09.4	IZVEDBA U KORITU	12-174
12-10	DODATNI ISTRAŽNI RADOVI NA GRADILIŠTU	12-175
12-10.1	OPĆENITO	12-175
12-10.2	PROGRAM DODATNIH ISTRAŽNIH RADOVA	12-175
12-10.3	IZVJEŠĆE O PROVEDENIM ISPITIVANJIMA	12-175
12-10.4	METODE PROVOĐENJA ISTRAŽNIH RADOVA	12-176
12-10.4.1	Sondažne jame	12-176
12-11	NORME I TEHNIČKI PROPISI.....	12-180
12-11.1	NORME	12-180
12-11.2	PROPISI.....	12-188

12. POGLAVLJE

GEOTEHNIČKI RADOVI

12-00 OPĆE NAPOMENE

U ovom 12. poglavlju OTU-a propisuju se minimalni zahtjevi kvalitete za radove, materijale i proizvode koji se koriste kod izvođenja geotehničkih radova na regulacijskim, zaštitnim i melioracijskim građevinama, kao i kod izvođenja geotehničkih radova na gradnji i održavanju komunalnih vodnih građevina. OTU su pisani na način da su dio ugovora, a da se uvjeti koji se odnose na posebne radove, uključe u ugovor kao Posebni tehnički uvjeti (PTU).

Geotehnički radovi odnose se na izvedbu posebnih geotehničkih zahvata i konstrukcija u temeljnom tlu, na tlu ili od tla, tj. zemljanih materijala. Izvode se sa svrhom osiguranja mehaničke otpornosti i stabilnosti te dopustivih deformacija građevina u međudjelovanju s temeljnim tlom, kao i zaštite drugih građevina, javnih površina, imovine i života od nepovoljnih utjecaja tla i vode.

Preduvjet je za sve geotehničke radove i konstrukcije poznavanje uvjeta u temeljnom tlu i svojstava zemljanih materijala pa su primjerena geotehnička istraživanja sastavni dio geotehničkih radova.

U smislu vodnih građevina i ovih OTU-a geotehnički radovi i konstrukcije obuhvaćaju:

- geotehnička istraživanja
- osiguranje stabilnosti i zaštite pokosa nasipa i usjeka
- zahvate u temeljenju građevina
- poboljšanje temeljnog tla i stijene
- potporne konstrukcije
- zaštite građevinskih jama
- nasipe i zemljane (nasute) brane
- tunele i mikrotunele
- zaštitu iskopa od prodiranja vode.

Radovi, materijali, proizvodi i oprema navode se i propisuju u geotehničkom dijelu građevinskih projekata ("geotehnički projekt"). Isti geotehnički radovi, tehnologije i konstrukcije u tlu mogu imati različite namjene npr. kao nosivi sklop (temeljenje, podupiranje) ili kao nepropusne pregrade u tlu (zavjese, brtve) pa se geotehničkim projektom mogu propisati posebni tehnički uvjeti ovisno o primarnoj namjeni geotehničkih radova ili konstrukcija.

Tehnička svojstva geotehničkih radova i konstrukcija, zahtjevi za projektiranje, izvođenje radova, uporabljivost, održavanje i drugi zahtjevi za geotehničke radove i konstrukcije te tehnička svojstva i drugi zahtjevi za građevne proizvode namijenjene korištenju u geotehničkim radovima propisani su u nizu normi HRN EN 1997, uključivo pripadni Nacionalni dodatak te drugim normama na koje norme navedenog niza upućuju.

Primjereno radovima i korištenom izvedbenom materijalu, za tehnička svojstva i druge zahtjeve primjenjuju se odgovarajući "Tehnički propis za građevinske konstrukcije" i "Tehnički propis za građevinske proizvode" te norme na koje isti upućuju.

Materijali, proizvodi, oprema i radovi moraju biti izrađeni u skladu s normama i tehničkim propisima navedenim u projektnoj dokumentaciji. Ako nije navedena niti jedna norma, obvezna je primjena odgovarajućih EN (europska norma). Ako se u međuvremenu neka norma ili propis stavi izvan snage, važit će zamjenjujuća norma ili propis. Izvođač može predložiti primjenu priznatih tehničkih pravila (normi) neke inozemne normizacijske ustanove (ISO, EN, DIN, ASTM, ...) uz uvjet pisanog obrazloženja i odobrenja nadzornog inženjera. Tu promjenu nadzorni inženjer odobrava uz suglasnost projektanta.

Prilikom izvedbe geotehničkih radova prednost treba dati novijim ekološki prihvatljivim materijalima i tehnologijama zbog uvjeta za izvođenje radova koje propisuje ekološka mreža (Natura 2000).

12-00.1 DEFINICIJE

Opći pojmovi i izrazi te njihovo značenje u ovim Općim tehničkim uvjetima navedeni su u poglavlju '0. Opće odredbe'. Ovdje se definiraju samo neki izrazi koji nisu dani u poglavlju '0. Opće odredbe', a odnose se na ovo poglavlje.

Armirano tlo je građevinska konstrukcija ili njen dio izgrađen od tla ojačanog armaturom od geosintetika ili antikorozivno zaštićenih čeličnih traka ili žica.

Bunar je: a) posebna temeljna konstrukcija kojom se iz prostora budućeg masivnog temelja uklanja zemljani materijal i voda; b) bušotina ili okno većeg promjera zaštićeno od urušavanja okolnog tla i izvedeno za potrebe crpljenja vode s većih dubina.

Čelično žmurje vidi zagatna stijena.

Dio uzorka, ispitni dio je dio uzorka uzet za pojedinačno ispitivanje.

Dopušteno odstupanje je dopuštena promjena specificirane vrijednosti, mjerenja ili količine.

Drenaža služi za prikupljanje površinskih i podzemnih voda i/ili drugih fluida i njihov pronos do drugih sustava odvodnje.

Gabioni su pravokutne košare (kvadri) od žičane ili polimerne mreže, ispunjene kamenim materijalom, koje se mogu slagati kao opeke da oblikuju samostojeću konstrukciju (potporne zidove, obloge vodotoka i sl.).

Gabioni sa zategama su pravokutne košare od žičane mreže s mrežama za sidrenje (zatege), ispunjene kamenim materijalom, koje se mogu slagati kao opeke da oblikuju samostojeću konstrukciju koja se koristi za izradu nasipa i potpornih zidova, zaštitu pokosa, armiranje tla, zaštitu od erozije i za armiranje nasipa s kutom pokosa do 70°.

Geokompoziti jesu kombinacije dviju ili više pojedinačnih sastavnica geotekstila te geomreža ili geopletiva.

Geomembrana je geosintetski materijal koji se prilikom rješavanja geotehničkih problema ili u drugim vidovima građevinarstva primjenjuje u tlu i/ili drugim materijalima kao vodonepropusna barijera.

Geomreže su polimerne, ravninske strukture koje se koriste u geotehničkim i građevinskim zahvatima čiji su otvori znatno veći od strukturnih elemenata koji su spajani u čvorovima.

Geopletiva su trodimenzionalne, propusne strukture načinjene od polimernih jednovrsnih niti i/ili drugih elemenata (sintetičkih ili prirodnih) koji su mehanički i/ili termički i/ili kemijski i/ili na neki drugi način spojeni.

Geosintetik je proizvod od sintetičkih materijala namijenjen uporabi u zemljanim građevinama i općenito u graditeljstvu, a prema građi i svrhama za koje se upotrebljavaju dijele se na: geotekstile, geomreže, geomembrane i geokompozite.

Geotekstili u smislu ovih OTU-a jesu vodopropusni netkani, tkani, šivani i kompozitni materijali koji ne trunu.

Geotekstil - netkani nastaje učvršćivanjem ravno položenih, jedni na druge, beskonačnih vlakana (filamenti) ili vlakana ograničene duljine (kratka vlakna). Učvršćivanje može biti mehaničko (iglanjem ili šivanjem) i/ili adhezivno (pomoću veziva), odnosno kohezivno (termičkim djelovanjem).

Geotekstil - šivani je zajednički pojam za plosnate tvorevine proizvedene međusobnim omčanjem jedne ili više grupa prediva, vlakana, niti ili drugih elemenata.

Geotekstil – tkani sastoji se od međusobno okomito položenih sustava vlakana (mreže). Razlikuju se po vrsti vlakana i načinu njihova povezivanja, kao i po broju niti (vlakna) u jediničnoj duljini.

Glineni geosintetski tepih (GCL) je geokompozit koji se sastoji od bentonita, u prahu ili zrcima, koji je ugrađen i fiksiran između dva sloja geotekstila, i postavlja se u svrhu osiguranja vodonepropusnosti geotehničkih i hidrotehničkih građevina.

Gradilište je zemljište i/ili građevina, uključujući i privremeno zauzete površine na kojima se izvodi građenje ili radovi potrebni za primjenu odgovarajuće tehnologije građenja i zaštite.

Građenje je izvedba građevinskih i drugih radova (pripremni, zemljani, konstruktorski, instalaterski, završni te ugradnja građevnih proizvoda, opreme ili postrojenja) kojima se gradi nova građevina, rekonstruira, održava ili uklanja postojeća građevina.

Građevinska jama je prostor nastao iskopom ispod razine terena za potrebe izvođenja temelja ili podzemne građevine.

Gustoća je masa po jedinici obujma, obično izražena u kg/m^3 .

Hidraulično vezivo je fino mljeveni anorganski materijal koji uz dodatak vode tvori pastu koja vezuje zbog hidratacijskih reakcija i procesa te koja nakon očvršćivanja, zadržava svoju čvrstoću i stabilnost čak i pod vodom.

Iglofilteri ili vakumski bunari predstavljaju sustav međusobno povezanih, djelomično perforiranih cijevi zabijenih u tlo koje se ugrađuju oko iskopa koji treba štititi od prodiranja vode.

Iskop je odstranjivanje dijela sraslog tla u kojem je predviđena gradnja nasipa, prometnice ili temelja neke građevine, odnosno iskop u nalazištu materijala.

Iskop stepenica je iskop stepeničastog oblika na nagnutim tlima ili pokosu nasipa radi temeljenja nasipa pri izgradnji prometnica ili drugih građevinskih objekata.

Ispuna je gradivo ili gotovi proizvodi koji se umeću da ispune prostor.

Izmjera/dimenzija je priprema podloga za izradu projekta građevina.

Keson je konstrukcija oblikom poput okrenutog sanduka koji se upušta u tlo slično bunaru, samo što se iz radne komore voda istiskuje povećanim tlakom zraka.

Kohezija je sila koja povezuje i drži zajedno čestice tla molekularnom privlačnošću.

Kolnik je dio ceste ili autoceste, gornja površina kolničke konstrukcije po kojoj se odvija promet.

Konstrukcija je organizirana kombinacija povezanih dijelova uključujući nasipavanje tla tijekom izvedbe građevine, projektirana tako da nosi opterećenja i osigurava prikladnu krutost.

Kontrola kvalitete (kakvoće) obuhvaća sve aktivnosti u vezi s praćenjem, provjerom i izvješćivanjem o stanju kvalitete (kakvoće).

Kruna nasipa je završni sloj zaštitnog nasipa kao vodne građevine.

Kvaliteta (kakvoća) je skup svih svojstava nekog proizvoda, procesa ili usluge za zadovoljenje određenih potreba.

Materijal je tvar koja se nalazi u prirodnom obliku ili se umjetno proizvodi, a služi za oblikovanje građevinskih proizvoda ili građevine.

Mikrotuneliranje je metoda podzemnog polaganja cjevovoda upotrebom sofisticiranog, daljinski upravljanih i laserski vođenog bušaćeg uređaja (garniture), kod kojeg se cjevovod ugrađuje postupkom utiskivanja uz minimalno poremećenje površine terena.

Modul stišljivosti izražava mjeru zbijanja ispitivanog materijala pod određenim tlakom uz utvrđene uvjete. Određuje se uporabom kružne ploče promjera 300 mm prema normi HRN U.B1.046. ili normi DIN 18134 ili nekoj drugoj metodi kojom se izražava stišljivost tla.

Nadsloj je dio tla ispod površine terena, a iznad ukopane cijevi ili druge gradnje.

Nasip je građevina od zemljanog, kamenog ili miješanog materijala na temeljnom tlu iznad prirodnog terena, a radi se nasipavanjem, ravnanjem i zbijanjem materijala u horizontalnim slojevima u punoj širini pri čemu debljina slojeva ovisi o vrsti zemljanog materijala i strojevima za zbijanje.

Nosivost je sposobnost neke konstrukcije da nosi opterećenje, odnosno da preuzima sve vrste djelovanja kojima je izložena.

Osiguranje kvalitete je skup planiranih i sustavnih aktivnosti primijenjenih radi stjecanja povjerenja da će proizvod, postupak ili usluga udovoljiti zahtjevima kvalitete.

Piloti su štapni elementi koji prenose opterećenje gornje konstrukcije trenjem po svom plaštu i/ili preko stope te se izvode kada nije moguće izvesti plitko temeljenje. Obično se izvode u grupi te se spajaju s naglavnom pločom (ili naglavnom gredom).

Plastičnost je svojstvo sitnozrnatog tla da mijenja konzistentna stanja pri promjeni vlažnosti.

Pokusna dionica je dio nasipa u gradnji na kojem se definira tehnologija izvedbe kojom se postižu traženi uvjeti pojedinih slojeva nasipa sukladni zahtjevima kvalitete propisanim ovim OTU-ima.

Poroznost je jedno od osnovnih svojstava tla, odnos obujma pora i ukupnog obujma.

Separirani drobljeni kameni materijal je drobljeni kameni materijal separiran na najmanje tri frakcije ili separiran prema normi HRN B.B3.100.

Separirani zrnati kameni materijal je nedrobljeni kameni materijal (šljunak, sipina) ili drobljenjem kamena, šljunka ili sipine dobiveni zrnati kameni materijal od najmanje nazivne veličine zrna 2 mm do najveće nazivne veličine zrna 32 mm, koji nije separiran sukladno normi HRN B.B3.100, nego je separiran na neke druge frakcije deklarirane prema donjoj i gornjoj nazivnoj veličini zrna.

Sidro u tlu (geotehničko sidro) je uže ili šipka (najčešće čelična, rjeđe plastična ili od ugljikovih vlakana) ugrađena u stijenu ili čvrsto tlo radi prijenosa vlačnih sila i ograničenja uzdužnih deformacija u smjeru sidra.

Sipina je usitnjeni, nezaobljeni i nevezani kameni materijal nastao trošenjem stijena u prirodi ("in situ") ili nakon vrlo kratkog "transporta" (uglavnom gravitacijski) s veličinom zrna većom od 2 mm.

Slabo temeljno tlo je onaj sloj koji se uobičajenim načinom ne može urediti tako da zadovoljava propisane geomehaničke uvjete pa ga zbog nepogodnih svojstava ili stanja treba ili ukloniti ili posebnim načinima osposobiti za namijenjenu funkciju.

Sondažna jama je invazivna metoda terenskog istraživanja koja se sastoji od izvedbe jame dubine do 5,0 m za potrebe a) ocjene stanja, položaja i geometrije postojećih objekata i postojećih instalacija ili b) određivanja inženjersko-geoloških karakteristika tla, stijene i podzemne vode u površinskim slojevima.

Sraslo tlo je onaj dio litosfere na kojem je predviđena izgradnja nasipa, ceste ili bilo koje druge građevine.

Stupanj zbijenosti je omjer između suhe prostorne mase ugrađenog sloja određene prema normi HRN U.B1.016 ili DIN 18125-2 i maksimalne suhe prostorne mase određene po standardnom ili modificiranom Proctorovu postupku prema normi HRN EN 13286-2, izražen kao postotak.

Šljunčani stupovi predstavljaju metodu poboljšanja fizikalno-mehaničkih svojstava temeljnog tla i ujedno djeluju kao vertikalni drenovi za ubrzanje konsolidacije koherentnog tla.

Temelj je dio konstrukcije u kontaktu s tlom koji prenosi opterećenje građevine u temeljno tlo.

Temelj samac/temeljna stopa je pojedinačni, samostalni temelj koji opterećenje stupova prenosi na tlo.

Temeljna ploča/pločasti temelj je armirano-betonska ploča ispod cijele građevine ili samo jednog dijela građevine, a primjenjuje se za temeljenje građevina s velikim opterećenjem.

Temeljni roštilj predstavlja mrežu temeljnih traka koji uglavnom prenose opterećenja stupova. Izvode se kada i krutost temeljnog tla, u odnosu na opterećenje konstrukcije, ne omogućuje izbor temelja samaca.

Temeljno tlo je tlo, stijena ili nasip koji postoji na lokaciji prije izvedbe građevine. Posebice za nasipe temeljno tlo je uređeno sraslo tlo, tj. sraslo tlo na kojem se izgrađuje nasip i obrađeno tako da zadovoljava propisane geotehničke uvjete.

Tlo, zemljište je dio površinskog dijela zemljine kore nastao trošenjem stijene, taloženjem čestica iz vode i zraka ili raspadom biljne mase.

Trakasti temelj je plitki temelj trakastog oblika koji obično prenosi opterećenje zidova zgrade u tlo ili opterećenje niza stupova ako je nosivost tla za primjenu temelja samaca nedostatna.

Tunel se može definirati kao podzemni prostor za prolaz ili transport ljudi i materijala, izveden ljudskom djelatnošću, malih dimenzija poprečnog presjeka u odnosu na dužinu, s niveletom koja ne odstupa znatnije od horizontale.

Uporabivost je sposobnost konstrukcije i njenih elemenata, odnosno cijele građevine da zadrži svojstva koja omogućuju njenu normalnu uporabu.

Usjek je iskop u tlu radi izvedbe građevine u opsegu koji je predviđen projektom.

Uzgon je sila kojom voda djeluje na uronjenu građevinu i ima smjer suprotan smjeru gravitacije.

Vertikalni drenovi predstavljaju specijalno rješenje odvodnje viška podzemne vode kada se kroz slabopropusno tlo vertikalnom mrežom drenažnih cijevi voda upušta u niže propusnije slojeve.

Zagatna stijena je vitka, uspravna, potporna konstrukcija zabijena u tlo (predgotovljeni elementi čelične ili armirano-betonske platice (žmurje) ugrađuju se zbijanjem u tlo) ili u njemu ugrađena.

Zemljani radovi su građevinski radovi u tlu ili s tlom.

Zemljište je područje na površini zemlje, osim mora, obično označeno prirodnim ili političkim granicama ili granicama vlasništva.

Zonirani nasipi su nasipi izvedeni kombiniranom uporabom zemljanih, miješanih i kamenitih materijala koji se ugrađuju u pojedine zone unutar nasipa prema zahtjevima projekta kako bi se izvela stabilna i trajna konstrukcija.

Zrnati kameni materijal je granulirani kameni materijal krupnoće zrna od 0 (nula) do najveće nazivne veličine (izražene u milimetrima), nedrobljen (šljunak i sipina) ili proizveden drobljenjem kamena, šljunka ili sipine.

Žičana ograda je sklop koji omeđuje uređen prostor, načinjena je od mreže pletene od čelične žice.

12-00.2 GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA

Geotehnička istraživanja obuhvaćaju inženjersko-geološka kartiranja, hidrogeološka kartiranja, geofizičke postupke, geotehničko bušenje i uzorkovanje, in-situ i laboratorijske pokuse. Geotehnički istražni radovi mogu se provoditi neposredno na terenu i na uzorcima u laboratoriju, te posredno opažanjima deformacija konstrukcija pod probnim opterećenjem, opažanjem deformacija susjednih građevina, drugim opažanjima i mjerenjima na terenu, te uvidom u rezultate drugih istražnih radova provedenih u neposrednoj blizini budućeg gradilišta.

Geotehnička se istraživanja provode:

- za potrebe projektiranja (uključivo hidrološke i geološke podatke te podatke o seizmičnosti i ranijem korištenju lokacije)
- za potrebe izvedbe (npr. detaljnije prostorno određivanje debljina ili pozicija pojedinih slojeva tla od interesa, utvrđivanje opsega lokalnih devijacija u geološkom profilu, pronalaženje kaverni u području interesa)

- za odabir ili potvrdu izvedbenih materijala ili tehnologija (npr. nalazišta, pokusna polja, pokusno opterećenje)
- za kontrolu kvalitete tijekom izvedbe
- za praćenje ponašanja građevina ili njenih dijelova tijekom korištenja u radnom vijeku i
- za utvrđivanje uzroka oštećenja ili rušenja izvedenih građevina u svrhu primjerene rekonstrukcije.

Program i opseg geotehničkih istraživanja za potrebe projektiranja određuje ili koordinira projektant nove građevine ili rekonstrukcije, a za ostale navedene namjene program se određuje geotehničkim projektom i ovim OTU-ima (npr. laboratorijska ispitivanja svojstava zemljanih materijala, opseg i postupci kontrole kvalitete zemljanih materijala i građevina).

Izvedbu geotehničkih istraživanja i interpretacije rezultata treba obavljati kvalificirano osoblje, osposobljeni izvođači i geotehnički laboratoriji.

Izvedba geotehničkih istraživanja provodi se u skladu sa smjernicama danim u "Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije" te u skladu s nizom pratećih normi za provođenje geotehničkih istražnih radova danim u poglavlju II.6 istog tehničkog propisa, kao i u skladu s normom HRN EN 1997-2, Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga tla, normom HRN EN 1997-1; Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila, te drugim normama na koje navedeni propisi i norme upućuju.

12-00.3 TEHNIČKA SVOJSTVA GEOTEHNIČKIH ZAHVATA I KONSTRUKCIJA

Tehnička svojstva geotehničkih zahvata i konstrukcija moraju biti takva da tijekom trajanja građevine uz propisano, odnosno projektom određeno izvođenje i održavanje konstrukcije, podnese sve utjecaje uobičajene uporabe i utjecaje okoliša, tako da tijekom građenja i uporabe predvidiva djelovanja na građevinu ne prouzroče: rušenje građevine ili njezinog dijela, nedopuštene deformacije, oštećenja građevnog sklopa ili opreme zbog deformacije konstrukcije u međudjelovanju s tlom, nerazmjerno velika oštećenja građevine ili njezinog dijela u odnosu na uzrok zbog kojih su nastala.

U slučaju požara tehnička svojstva moraju biti takva da se očuva nosivost konstrukcije ili njezinog dijela tijekom određenog vremena propisanog posebnim propisom. Kada je, sukladno posebnim propisima, potrebna dodatna zaštita geotehničke konstrukcije radi ispunjavanja zahtjeva otpornosti na požar, ta zaštita smatrat će se sastavnim dijelom tehničkog rješenja.

Tehnička svojstva geotehničkih zahvata i konstrukcija moraju biti takva, da, osim ispunjavanja zahtjeva iz normi niza HRN EN 1997, budu ispunjeni i zahtjevi posebnih propisa kojima se uređuje ispunjavanje drugih bitnih zahtjeva za građevinu.

12-00.4 PROJEKTIRANJE GEOTEHNIČKIH ZAHVATA I KONSTRUKCIJA

Projektiranjem geotehničkih zahvata i konstrukcija moraju se za projektirani uporabni vijek građevine i građenje predvidjeti svi utjecaji na zahvate i konstrukcije koji proizlaze iz načina i redoslijeda građenja građevina koje sadrže geotehničke zahvate i konstrukcije. Treba predvidjeti uvjete uobičajene uporabe građevine i utjecaj okoliša na građevinu.

Projektom geotehničkog zahvata i konstrukcije mora se dokazati da će građevina tijekom građenja i projektiranog uporabnog vijeka ispunjavati bitni zahtjev mehaničke otpornosti i stabilnosti u dijelu u kojem tlo, stijena i podzemna voda utječu na tu građevinsku konstrukciju, kao i druge bitne zahtjeve u skladu s posebnim propisima. Geotehničko projektiranje obuhvaća i projektiranje građevinskih konstrukcija čije osnovno građivo je tlo, nasipani kamen ili drugi nasipani materijal kao što je rastresiti otpad i slično.

Ako nije riječ o privremenoj građevini, tada je uporabni vijek geotehničke građevine najmanje 50 godina ili prema posebnim zahtjevima projekta.

Mehanička otpornost i stabilnost te otpornost građevine na djelovanja dokazuju se u glavnom projektu postupcima dopuštenim normom HRN EN 1997-1 za dokazivanje graničnog stanja

nosivosti i graničnog stanja uporabljivosti geotehničkih zahvata i konstrukcija, za predvidiva djelovanja i utjecaje na građevinu.

Za osnove proračuna i djelovanja na geotehničke konstrukcije primjenjuju se hrvatske norme niza HRN EN 1990, HRN EN 1991 i HRN EN 1997 uključivo i pripadni Nacionalni dodatak, te norme na koje norme ovog niza upućuju.

Za projektiranje glede otpornosti na potres primjenjuju se hrvatske norme niza HRN EN 1998 (posebice HRN EN 1998-5) uključivo i pripadni Nacionalni dodatak te norme na koje norme ovog niza upućuju.

Za geotehničko projektiranje primjenjuju se hrvatske norme niza HRN EN 1997, uključivo i pripadni Nacionalni dodatak, uzimajući u obzir mjerodavne norme za druge materijale ili konstrukcije te norme na koje norme ovog niza upućuju.

Sukladno "Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije", geotehničko projektiranje obuhvaća sljedeće aktivnosti:

- izradu programa geotehničkih istražnih radova
- utvrđivanje dostatnosti postojećih geotehničkih istražnih radova za izbor geotehničkih podataka
- izbor i utvrđivanje geotehničkih podataka
- dokazivanje ispunjavanja temeljnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti uključivo planiranje mjera da bi se taj zahtjev ispunio
- izradu programa kontrole i osiguranja kvalitete
- izradu programa održavanja građevine i
- izradu posebnih tehničkih uvjeta građenja,

sve u dijelu koji se odnosi na utjecaj tla, stijene, rastresitog gradiva i podzemne vode.

Sukladno "Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije", geotehnički projekt sastavni je dio glavnog građevinskog projekta građevina koje sadrže geotehničke zahvate ili konstrukcije i mora sadržavati:

- geotehničke podatke koji predstavljaju zbirni prikaz provedenih geotehničkih i drugih mjerodavnih istraživanja s pozivom na odgovarajuće elaborate ili dokumente, te sadrže opis lokacije, okoline i uvjeta u temeljnom tlu
- tehnički opis predviđenih zahvata ili konstrukcija i redoslijeda gradnje
- dokaze o zadovoljenju zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti, tj. provjere graničnih stanja nosivosti i uporabljivosti s navedenim mjerodavnim projektnim situacijama, geotehničkim modelima i projektnim parametrima, predvidivim djelovanjima i utjecajima, geotehničkim proračunima ili drugim dokazima (npr. pokusna opterećenja) te primjerenim pozivima na dokumentirano usporedivo iskustvo
- tehničke uvjete izvedbe te program osiguranja i kontrole kvalitete
- program praćenja ("geotehnički monitoring") tijekom gradnje i korištenja građevine
- grafičke prikaze i nacрте građevine, geotehničkog zahvata ili konstrukcije i njihovog uklapanja u temeljno tlo na lokaciji.

U smislu mjerodavnog "Zakona o gradnji" i "Pravilnika o kontroli projekata" geotehnički glavni projekt podložan je kontroli projekta glede mehaničke otpornosti i stabilnosti (revizija projekta).

Ovisno o uvjetima, postupcima ili drugim okolnostima gradnje neki navedeni sadržaji geotehničkog projekta mogu biti detaljnije razrađeni u izvedbenom projektu geotehničkog zahvata ili konstrukcije.

12-00.5 MATERIJALI I GRAĐEVINSKI PROIZVODI

U geotehničkim radovima, zahvatima i konstrukcijama primjenjuju se zemljani i kameni materijali, beton, drvo, čelik, polimeri i geosintetici te predgotovljeni elementi ili drugi građevinski proizvodi od navedenih materijala koji se ugrađuju u tlo ili geotehničku konstrukciju.

Za dijelove geotehničkih zahvata ili konstrukcija izvedenih od betona i armiranog betona mjerodavne su odredbe "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije", dio II Posebna pravila za betonske konstrukcije, te prilozi i norme na koje isti upućuje.

Za dijelove geotehničkih zahvata ili konstrukcija izvedenih od čelika mjerodavne su odredbe "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije", dio III Posebna pravila za čelične konstrukcije te prilozi i norme na koje isti upućuje.

Za dijelove geotehničkih zahvata ili konstrukcija izvedenih od drva mjerodavne su odredbe "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije", dio V Posebna pravila za drvene konstrukcije te prilozi i norme na koje isti upućuje.

Za dijelove geotehničkih zahvata ili konstrukcija izvedenih zidanim materijalom mjerodavne su odredbe "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije", dio VI Posebna pravila za zidane konstrukcije te prilozi i norme na koje isti upućuje.

Tehnička svojstva i drugi zahtjevi te dokazivanje uporabljivosti, odnosno potvrđivanje sukladnosti predgotovljenih (montažnih) elemenata određuje se, odnosno provodi prema odredbama projekta, ovim OTU-ima te u skladu s odredbama posebnog propisa za predgotovljene elemente.

Građevinski proizvod proizveden u proizvodnom pogonu izvan gradilišta smije se ugraditi u geotehničku konstrukciju ili temeljno tlo ako je za njega izdana isprava o sukladnosti u skladu s odredbama posebnih propisa ("Tehnički propis o građevnim proizvodima", kao i "Tehnički propis kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevne proizvode u usklađenom području").

Zemljani i kameni materijali. Primjena zemljanih i kamenih materijala u gradnji vodnih građevina, posebice geotehničkih radova, zahvata i konstrukcija obuhvaćenih ovim OTU-ima je dvojaka:

- a) materijali primijenjeni kao mineralne sirovine koje se kopaju u nalazištima ili kamenolomima, prema potrebi usitnjavaju te prevoze i ugrađuju u vodne građevine ili njihove dijelove, pod uvjetima iz projekta i ovih OTU-ima.

U ovom smislu zemljani i kameni materijali služe za gradnju brana, obrambenih nasipa, nasipa uz kanale, zasipavanja uz građevine, zasipavanja rovova za vodovode i kanalizacije, zemljane klinove, drenaže i druge zemljane konstrukcije. Kameni materijali primjenjuju se za zaštitu građevina, obala, dna i pokosa kanala i slično od utjecaja voda, valova, erozije i to izvođenjem obaloutvrda, paralelnih građevina, pera itd. Drobljeni kameni materijal pa i šljunak koriste se za ispune gabiona, fašina, madraca itd.

- b) materijali (tlo i stijena) u zatečenom stanju u području obuhvata vodne građevine ili geotehničkih zahvata i konstrukcija. Nalaze se u geološkim formacijama ili slojevima različitog sastava i razina podzemne vode te različitih debljina i prostornog pružanja.

U smislu primjene tlo i stijena predstavljaju geotehničku sredinu i materijale u kojoj se radovi i zahvati izvode (npr. iskopi, tuneli) ili su kao temeljno tlo u međudjelovanju s geotehničkim konstrukcijama i građevinama, pa kao takvi sudjeluju i kao materijali i kao dio ukupnog nosivog sklopa građevina.

Razvrstavanje zemljanih i kamenih materijala za građevinske svrhe ovisi o primjeni tih materijala i za potrebe ovih OTU-a koriste se sljedeće kategorizacije:

- a) prema građevinskim tehnologijama i strojevima koji se koriste za iskope zemljanih i kamenih materijala uobičajeno je u hrvatskoj građevinskoj praksi razvrstavanje tla u tri osnovne kategorije A, B i C. Ova kategorizacija tradicionalno se primjenjuje za zemljane radove na cestama i autocestama, te je i u ovim OTU-ima primijenjena u poglavlju '2 Zemljani radovi'.
- b) za radove u tunelima primjenjuju se kategorije stijenskih masa ovisne o tehnologiji tunnelskih iskopa i podgradnih sklopova
- c) za geotehničke radove, zahvate i konstrukcije obuhvaćene ovim poglavljem primjenjuje se pretežno geotehnička klasifikacija tla i stijena čija su načela obuhvaćena normama HRN EN ISO 14688-1 i HRN EN ISO 14688-2 (za tlo) i HRN EN ISO 14689 (za stijene). Materijali tla obuhvaćeni geotehničkim klasifikacijama najvećim se dijelom podudaraju s kategorijom C primijenjenom za zemljane radove.

12-00.5.1 Opis i namjena zemljanih i kamenih materijala

a) kameni materijal

Pod kamenim materijalima razumijevaju se materijali dobiveni miniranjem stijena i iskopom hidrauličnim čekićem, kamene drobine i kameni šljunci (tucanik, drobljenac i mljeveni kamen).

Uporaba kamena i materijala od kamena dopušta se samo onda kada je njihova ispravnost i kvaliteta dokazana u skladu s važećim zakonima, normama i propisima iz poglavlja '0. Opće odredbe' i '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Osim široke uporabe u vodogradnjama koristi se i kao agregat za beton, primjenjuju se i za izvedbu raznih tipova regulacijskih građevina, bilo u lomljenom, drobljenom ili mljevenom obliku (kameni pijesci i kameno brašno). Ovaj posljednji oblik korištenja kamenih materijala najčešće se ogleđa u njihovoj uporabi kao agregata za mort, beton i asfaltne mješavine te za izradu filterskih slojeva i posteljica. Uz to, kod izvedbe vodograđevinskih objekata pojavljuju se i sljedeći karakteristični oblici primjene kamena:

Obraden i poluobrađen kamen klesanjem koristi se za zidove i obloge od kamena u cementnom mortu.

Kamene ploče i kocke dobivene strojnom obradom (rezanjem) kamena koriste se za razne oblike zaštitnih i/ili ukrasnih obloga vodograđevina.

Karakteristični načini ugradbe kamena u vodogradnjama su sljedeći:

Kameni nabačaj (trpanac) slobodno je strojno nasipanje ili ručno ubacivanje kamena u temelje i/ili tijela nekih vrsta vodogradnji, najčešće regulacijskih građevina.

Kamene naslage su ručno ili strojno slagani slojevi od kamena u izvedbi temelja i tijela nekih vrsta vodograđevina.

Obloga od kamena je slagani zaštitni ili pokrovni sloj kod nekih vodogradnji ili na pokosima korita vodotoka.

Kamena ispuna je konstitutivni dio nekih vodogradnji ili njihovih dijelova, kao npr. kod izvedbe vodogradnji od gabiona, tonjača, punjenih košara, punjenih rešetkastih (drvenih, čeličnih ili betonskih) sanduka i slično.

Štedni beton je beton niske marke s dodatcima kamena.

Od kamena za građevine u vodi traži se da bude tvrd, nehigroskopičan, otporan na mraz, habanje i utjecaj agresivnih kemijskih sredstava koja se mogu naći u vodi, te da bude što veće gustoće. S obzirom na te zahtjeve, najpogodniji je kamen eruptivnog podrijetla, premda se rabi i kamen sedimentnog podrijetla. Pri tome se ne smiju koristiti one vrste kamena koje su osjetljive na djelovanje vode (kao primjerice lapori, glinci i slično).

Obvezno ispitivanje kvalitete kamena, prije njegove primjene pri izvedbi vodno-gospodarskih građevina i zahvata, obavlja se prema navedenim važećim normama.

b) šljunak i pijesak

Šljunak i pijesak su nekoherentni (nevezani) materijali sastavljeni od čvrstih čestica mineralnog (kvarcnog ili vapnenačkog) sastava koji se prema krupnoći zrna dijele na način prikazan u tablici 12-00.5.1-1.

Tablica 12-00.5.1-1. Podjela kamena, šljunka i pijeska prema krupnoći

Broj	Materijal	Krupnoća zrna u mm	
		min	max
1	sitni pijesak	0,06	0,2
2	srednji pijesak	0,2	0,6
3	krupni pijesak	0,6	2
4	sitni šljunak	2	6
5	srednji šljunak	6	20
6	krupni šljunak	20	60
7	kamen sitni	60	200
8	kamen srednji	200	600
9	kamen krupni	600	2000

Po svom postanku, zrna pijeska i šljunka uglavnom su heterogenog sastava, tj. različitog petrografskog i mineraloškog sastava.

Napomena: Geotehničke klasifikacije tla obuhvaćaju materijal do najveće krupnoće zrna od 60 mm.

S obzirom na dobra mehanička svojstva i dobru otpornost na kemijske utjecaje, šljunak i pijesak upotrebljavaju se kao agregat za beton, mort (pijesak) i razne asfaltne mješavine. Također se koriste za izgradnju raznih vodo-građevinskih (uglavnom nasutih) objekata ili njihovih dijelova, posebno za filtarske i tamponske slojeve i drugo.

Svojstva kao što su :

- lako ravnomjerno razastiranje
- dobro ispunjavanje šupljina
- brzo slijeganje i
- relativno mala stišljivost

čine ovaj materijal vrlo pogodnim za primjenu u vodogradnji.

Isto tako prirodna rasprostranjenost i blizina nalazišta čine da taj materijal ima široku primjenu u vodogradnji.

Prije uporabe potrebno je iz ovog materijala ispiranjem odstraniti organske primjese.

Ovisno o tehničkim rješenjima vodnih građevina ili zahvata, šljunak i pijesak se mogu upotrebljavati kao prirodna mješavina ili se ta mješavina odvaja u frakcije koje se onda koriste za točno određenu namjenu u skladu s projektom, normama i propisima iz poglavlja '0. Opće odredbe' i '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Namjena može biti filtarski slojevi, drenažna uloga, različite vrste mortova, betona i asfaltnih mješavina, izvedba gabiona od krupnog šljunka i oblutaka itd.

c) gline i prahovi

Gline i prahovi su zemljani, koherentni materijali anorganskog sastava koji se u vodogradnji uglavnom koriste za gradnju nasutih objekata, tj. nasipa i nasutih brana ili rjeđe kao zamjenski materijali. Ovisno o tehničkom rješenju konstrukcije nasutog objekta iz projekta, od tih materijala može biti izvedeno tijelo objekta ili samo neki njegovi dijelovi, u skladu s normama i propisima iz poglavlja '0. Opće odredbe' i '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Gline se po geotehničkoj klasifikaciji razvrstavaju prema plastičnosti na gline niske (CL) i visoke (CH) plastičnosti. Prema granulometrijskom sastavu, ovaj se materijal u različitim postotcima sastoji od tri osnovne vrste čestica (prema njihovoj krupnoći), tj. pijeska, praha i glinenih čestica. Ovisno o postotcima zastupljenosti čestica, ta je klasifikacija navedena u tablici 12-00.5.1-2.

Tablica 12-00.5.1-2. Klasifikacija gline po granulometrijskom sastavu

Materijal	Sastavni dijelovi u %		
	Pijesak	Prah	Glina
pjeskovita glina	55 - 70	0 - 15	20 - 45
glina	0 - 55	0 - 55	20 - 70
prašnasta glina	0 - 15	55 - 60	20 - 45

Glina je materijal sastavljen od mikroskopskih, obično ljuskastih mineralnih čestica ekvivalentnog promjera zrna (čestice) ispod 0,002 mm. Prema podrijetlu, čestice su različitog mineraloškog sastava, a ponekad sadrže i hidratizirane okside željeza, organske primjese itd. Kad su suhe, gline su tvrde i čvrste, vrlo jako upijaju vodu (i do 80 % svog obujma) pri čemu bubre i postaju plastične i ljepljive.

S obzirom na slabu propusnost, gline se koriste za izvedbu vodonepropusnih dijelova nasipa, nasutih pregrada i brana čije je tijelo izvedeno od vodopropusnih materijala, npr. kamena ili šljunka. Osnovna je pretpostavka dobro izvedenog glinenog sloja njena optimalna vlažnost kod ugradnje. Optimalna vlažnost ovisi o karakteristikama gline i potrebno ju je utvrditi u svakom konkretnom slučaju, a obično se kreće u granicama 15 - 22 %.

d) humus

Humus je zemljani materijal koji je široko rasprostranjen kao tanji površinski sloj plodnog tla. Sadrži sitno korijenje, travu i druge primjese organskih tvari biljnoga i životinjskog podrijetla, stoga nije prikladan za ugradnju u zemljane građevine niti kao podloga građevinama.

U vodogradnji humus ima značajno područje primjene jer se koristi kao hranidbena podloga (stanište) bioloških zaštitnih pokrova (trave, trske, šiblja, živih pletera) nasutih vodograđevinskih objekata i obala vodotoka, tj. koristi se za humusiranje nasipa, nasutih pregrada, brana i obalnih pokosa kanala i korita prirodnih vodotoka, kao i za zatravnjivanje okolnog terena nakon gradnje. Kod primjene zaštitnog pokrova od trave može se zasijavati raznim vrstama trave, a kako trave ne mogu izdržati duže vrijeme pod vodom, to se humusiranje i zasijavanje uglavnom primjenjuje u zoni vodnih razina s ukupnim trajanjem do 30 dana tijekom cijele godine. Ako travnati pokrov (s obzirom na dinamiku izvedbe objekta na kojem se primjenjuje) treba preuzeti svoju funkciju prije nego bi se taj pokrov mogao razviti iz sjemena trave, treba zatravnjivati busenom.

Busen se dobiva rezanjem tratina specijalnim busenskim noževima u pravilne paralelopipe, najčešće veličine 30 x 30 x 10 cm. Prema glavnim karakteristikama ugradbe razlikuju se dva osnovna načina polaganja busena, i to "pljoštimice" s travom izvana i "na kut" s travom iznutra.

12-00.5.2 Geotehnička klasifikacija tla

Geotehnička praksa u Hrvatskoj se već dugi niz godina oslanja na geotehničku klasifikaciju tla u skladu s USCS klasifikacijom prema američkoj normi ASTM D 2487. S druge strane, europska geotehnička klasifikacija tla ESCS razvijena je na načelima klasifikacije tla prema europskoj normi HRN EN ISO 14688 te je kao relevantna navedena u važećim normama za projektiranje (grupa normi HRN EN 1997) kao i u Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije.

Uvažavajući dugogodišnju geotehničku praksu klasifikacije tla prema ASTM D 2487, a uzimajući u obzir i načela klasifikacije dana u HRN EN ISO 14688, ovo poglavlje daje uvid u klasifikaciju tla prema USCS klasifikaciji (tablica 12-00.5.2-1) i prema ESCS klasifikaciji (tablica 12-00.5.2-2). ESCS okvirno slijedi smjernice definirane USCS klasifikacijom, uz razlike u označavanju grupa tla simbolima, nazivima grupa tla i procedurama za klasifikaciju.

Tablica 12-00.5.2-1. Klasifikacija tla prema USCS klasifikaciji (norma ASTM D2487)

Kriteriji za dodjeljivanje simbola i naziva pojedinim grupama tla na osnovi laboratorijskih ispitivanja ^A				Klasifikacija tla	
				Simbol	Naziv grupe ^B
KRUPNOZRNA TLA (više od 50% ostaje na situ br. 200 – 0,075 mm)	Šljunak (više od 50% ostalo je na situ br. 4 – 4,75 mm)	čisti šljunak (manje od 5% sitnih čestica ^E)	$c_u \geq 4$ i $1 \leq c_c \leq 3^C$	GW	dobro graduiran šljunak ^D
			$c_u < 4$ i/ili $1 > c_c > 3^C$	GP	slabo graduiran šljunak ^D
		šljunak sa sitnim česticama (više od 12% sitnih čestica ^E)	sitne čestice se klasificiraju kao ML ili MH	GM	prašinski šljunak ^{D,F,G}
			sitne čestice se klasificiraju kao CL ili CH	GC	glinoviti šljunak ^{D,F,G}
	pijesak (50% ili više prolazi kroz sito br. 4 – 4,75 mm)	čisti pijesak (manje od 5% sitnih čestica ^I)	$c_u \geq 6$ i $1 \leq c_c \leq 3^C$	SW	dobro graduiran pijesak ^H
			$c_u < 6$ i/ili $1 > c_c > 3^C$	SP	slabo graduiran pijesak ^H
		pijesak sa sitnim česticama (više od 12% sitnih čestica ^I)	sitne čestice se klasificiraju kao ML ili MH	SM	prašinski pijesak ^{F,G,H}
			sitne čestice se klasificiraju kao CL ili CH	SC	glinoviti pijesak ^{F,G,H}
SITNOZRNA TLA (50% ili više prolazi kroz sito br. 200 – 0,075 mm)	prahovi i gline (granica tečenja manja od 50%)	anorganski	$I_p > 7$ i na ili iznad A-linije ^J	CL	posna glina ^{K,L,M}
			$I_p < 4$ ili ispod A-linije ^J	ML	prah ^{K,L,M}
	prahovi i gline (granica tečenja veća od 50%)	organski	(granica tečenja - sušenje u peći) / (granica tečenja - bez sušenja u peći) < 0,75	OL	organska glina ^{K,L,M,N}
					organski prah ^{K,L,M,O}
	prahovi i gline (granica tečenja veća od 50%)	anorganski	I_p na ili iznad A-linije	CH	masna glina ^{K,L,M}
				I_p ispod A-linije	MH
		organski	(granica tečenja - sušenje u peći) / (granica tečenja - bez sušenja u peći) < 0,75	OH	organska glina ^{K,L,M,P}
					organski prah ^{K,L,M,Q}
visoko organsko tlo	primarno organska materija, tamne boje i organskog mirisa	PT	treset		

^A Zasnovano na materijalima koji su prošli sito 3-in, 75 mm.

^B Ako uzorci tla na terenu sadržavaju komade ili blokove ili oboje nazivu grupe tla treba dodati "sa komadima" ili "sa blokovima" ili "sa komadima i blokovima".

^C $c_u = D_{60}/D_{10}$; $c_c = (D_{30})^2/(D_{10} \times D_{60})$.

c_u je koeficijent jednolikosti

c_c je koeficijent zakrivljenosti

D_{60} je promjer sita kroz koji prolazi 60% ukupne količine uzorka

- D_{30} je promjer sita kroz koji prolazi 30% ukupne količine uzorka
 D_{10} je promjer sita kroz koji prolazi 10% ukupne količine uzorka.
- D Ako tlo sadrži $\geq 15\%$ pijeska nazivu grupe tla treba dodati "sa pijeskom".
- E Šljunci sa 5 do 12 % sitnih čestica dobivaju dvojne simbole:
GW-GM dobro graduirani šljunak sa prahom
GW-GC dobro graduirani šljunak sa glinom
GP-GM slabo graduirani šljunak sa prahom
GP-GC slabo graduirani šljunak sa glinom.
- F Ako se sitne čestice klasificira kao CL-ML treba koristiti dvojne simbole GC-GM ili SC-SM.
- G Ako su sitne čestice organske nazivu grupe tla treba dodati "s organskim sitnim česticama".
- H Ako tlo sadrži $\geq 15\%$ šljunka nazivu grupe tla treba dodati "sa šljunkom".
- I Pijesci s 5 do 12 % sitnih čestica dobivaju dvojne simbole:
SW-SM dobro graduirani pijesak s prahom
SW-SC dobro graduirani pijesak s glinom
SP-SM slabo graduirani pijesak s prahom
SP-SC slabo graduirani pijesak s glinom.
- J Ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi unutar šrafiranog područja ($4 < I_p < 7$) tlo se označava sa CL-ML, kao prašinasta glina.
 w_L je granica tečenja
 I_p je indeks plastičnosti.
- K Ako tlo sadrži 15 do 30 % materijala iznad sita br. 200 – 0,075 mm nazivu grupe tla treba dodati "s pijeskom" ili "sa šljunkom", ovisno koji je od ta dva materijala zastupljeniji.
- L Ako tlo sadrži $\geq 30\%$ materijala iznad sita br. 200 – 0,075 mm, ako prevladava pijesak, nazivu grupe tla treba dodati "pjeskoviti".
- M Ako tlo sadrži $\geq 30\%$ materijala iznad sita br. 200 – 0,075 mm, ako prevladava šljunak, nazivu grupe tla treba dodati "šljunkoviti".
- N $I_p \geq 4$ i na ili iznad A-linije.
 I_p je indeks plastičnosti
A linija, na dijagramu $w_L - I_p$ predstavlja liniju razgraničenja između glinovitih i prahovitih tala.
- O $I_p < 4$ ili ispod A-linije
- P I_p na ili iznad A-linije
- Q I_p ispod A-linije.

Tablica 12-00.5.2-2. Klasifikacija tla prema ESCS klasifikaciji (norma HRN EN ISO 14688)

Kriteriji za dodjeljivanje simbola i naziva pojedinim grupama tla na osnovi laboratorijskih ispitivanja ^A				Klasifikacija tla	
				Simbol	Naziv grupe ^B
KRUPNOZRNA TLA (više od 50% ostaje na situ otvora 0,063 mm)	šljunak (više od 50% ostaje na situ otvora 2 mm)	čisti šljunak (manje od 5% sitnih čestica ^{F,G})	$c_u \geq 15$ i $1 \leq c_c \leq 3^C$	GrW	dobro graduirani ŠLJUNAK ^D
			$6 \leq c_u < 15$ i $c_c < 1^C$	GrM	srednje graduirani ŠLJUNAK ^D
			$3 \leq c_u < 6$ i $c_c < 1^C$	GrP	slabo graduirani ŠLJUNAK ^{D,E}
			$c_u < 3^C$ i $c_c < 1^C$	GrU	jednolično graduirani ŠLJUNAK ^D
			$c_u \geq 15$ i $c_c < 0,5^C$	GrG	neujednačeno graduirani ŠLJUNAK ^D
		šljunak sa sitnim česticama (više od 15% sitnih čestica ^{F,G,H})	sitne čestice se klasificiraju kao siL, siI, siH ili siV	siGr	prašinski ŠLJUNAK ^D
	sitne čestice se klasificiraju kao clL, clI, clH ili clV		clGr	glinoviti ŠLJUNAK ^D	
	pijesak (50% ili više prolazi kroz sito otvora 2 mm)	čisti pijesak (manje od 5% sitnih čestica ^{G,J})	$c_u \geq 15$ i $1 \leq c_c \leq 3^C$	SaW	dobro graduirani PIJESAK ^I
			$6 \leq c_u < 15$ i $c_c < 1^C$	SaM	srednje graduirani PIJESAK ^I
			$3 \leq c_u < 6$ i $c_c < 1^C$	SaP	slabo graduirani PIJESAK ^{E,I}
			$c_u < 3^C$ i $c_c < 1^C$	SaU	jednolično graduirani PIJESAK ^I
			$c_u \geq 15$ i $c_c < 0,5^C$	SaG	neujednačeno graduirani PIJESAK ^I
pijesak sa sitnim česticama (više od 15% sitnih čestica ^{G,H,J})		sitne čestice se klasificiraju kao siL, siI, siH ili siV	siSa	prašinski PIJESAK ^I	
	sitne čestice se klasificiraju kao clL, clI, clH ili clV	clSa	glinoviti PIJESAK ^H		
SITNOZRNA TLA (50% ili više prolazi kroz sito otvora 0,063 mm)	granica tečenja manja od 35%	anorganski ^G	$I_p > 7$ i na ili iznad A-linije ^K	CIL	GLINA niske plastičnosti ^L
			$I_p < 4$ ili ispod A-linije ^K	SiL	PRAH niske plastičnosti ^L
	granica tečenja od 35 do 50%	anorganski ^G	na ili iznad A-linije	CIM	GLINA srednje plastičnosti ^L
			ispod A-linije	SiM	PRAH srednje plastičnosti ^L
	granica tečenja od 50 do 70%	anorganski ^G	na ili iznad A-linije	CIH	GLINA visoke plastičnosti ^L
			ispod A-linije	SiH	PRAH visoke plastičnosti ^L
	granica tečenja veća od 70%	anorganski ^G	na ili iznad A-linije	CIV	GLINA vrlo visoke plastičnosti ^L
			ispod A-linije	SiV	PRAH vrlo visoke plastičnosti ^L
ORGANSKO TLO	Primarno organska materija, tamne boje i organskog mirisa	Or	organsko tlo		

- A Zasnovano na materijalima koji su prošli kroz sito otvora 63 mm.
- B Ako uzorak tla na terenu sadržava komade ili blokove ili oboje, potrebno je to opisno iskazati na način da se nazivu grupe tla treba dodati "s komadima" ili "s blokovima" ili "s komadima i blokovima".
- C $c_u = D_{60}/D_{10}$; $c_c = (D_{30})^2/(D_{10} \times D_{60})$
 c_u je koeficijent jednolikosti
 c_c je koeficijent zakrivljenosti
 D_{60} je promjer sita kroz koji prolazi 60% ukupne količine uzorka
 D_{30} je promjer sita kroz koji prolazi 30% ukupne količine uzorka
 D_{10} je promjer sita kroz koji prolazi 10% ukupne količine uzorka
- D Ako tlo sadrži $\geq 15\%$ pijeska, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku "s", a ispred naziva grupe "pjeskoviti".
- E Ako koeficijent jednoličnosti i zakrivljenosti ne zadovoljavaju kriterije za dobro, srednje, jednolično ili neujednačeno građirana tla, tlo se klasificira kao slabo građirani ŠLJUNAK, GrP, odnosno slabo građirani PIJESAK, SaP.
- F Šljunci s 5 do 15% sitnih čestica, ovisno o građiranosti i plastičnosti dobivaju oznake: siGrW – prašinski dobro građirani ŠLJUNAK, siGrM – prašinski srednje građirani ŠLJUNAK, siGrP – prašinski slabo građirani ŠLJUNAK, siGrU – prašinski jednolično građirani ŠLJUNAK, siGrG – prašinski neujednačeno građirani ŠLJUNAK, clGrW – glinoviti dobro građirani ŠLJUNAK, clGrM – glinoviti srednje građirani ŠLJUNAK, clGrP – glinoviti slabo građirani ŠLJUNAK, clGrU – glinoviti jednolično građirani ŠLJUNAK, clGrG – glinoviti neujednačeno građirani ŠLJUNAK.
- G Ako sitne čestice sadrže organske sastojke, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku "or", a ispred naziva grupe "organski".
- H Ako se sitne čestice u dijagramu plastičnosti klasificira kao CiL-SiL, šljunci i pijesci s 5 do 15% sitnih čestica dobivaju oznake: siClGr – prašinsto glinoviti ŠLJUNAK i siClSa – prašinsto glinoviti PIJESAK.
- I Ako tlo sadrži $\geq 15\%$ šljunka, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku "gr", a ispred naziva grupe "šljunkoviti".
- J Pijesci s 5 do 15% sitnih čestica, ovisno o građiranosti i plastičnosti dobivaju oznake: siSaW – prašinski dobro građirani PIJESAK, siSaM – prašinski srednje građirani PIJESAK, siSaP – prašinski slabo građirani PIJESAK, siSaU – prašinski jednolično građirani PIJESAK, siSaG – prašinski neujednačeno građirani PIJESAK, clSaW – glinoviti dobro građirani PIJESAK, clSaM – glinoviti srednje građirani PIJESAK, clSaP – glinoviti slabo građirani PIJESAK, clSaU – glinoviti jednolično građirani PIJESAK, clSaG – glinoviti neujednačeno građirani PIJESAK.
- K Ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi iznad A linije i ako je $4 \leq I_p \leq 7$ tlo se označava s CiL-SiL, kao prašinsto GLINA.
 w_L je granica tečenja
 I_p je indeks plastičnosti
- L Ako tlo sadrži $\geq 15\%$ krupnozrnog materijala, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku "s" ili "gr", a ispred naziva grupe dodati "pjeskoviti" ili "šljunkoviti", ovisno koji je od ta dva materijala zastupljeniji.

12-00.6 IZVOĐENJE I UPORABLJIVOST

Izvedba

Građenje građevina koje sadrže geotehničke zahvate ili konstrukcije mora biti takvo da se ostvare tehnička svojstva i ispune drugi propisani zahtjevi u skladu s tehničkim rješenjem građevine i uvjetima za građenje danim projektom, te da se osigura očuvanje tih svojstava i uporabljivost građevine tijekom njezinog trajanja.

Pri izvođenju geotehničkog zahvata ili konstrukcije izvođač je dužan pridržavati se projekta i tehničkih uputa za ugradnju i uporabu građevinskih proizvoda te odredbi mjerodavnih propisa i pripadajućih normi. Kod preuzimanja građevnog proizvoda izvođač mora utvrditi je li građevinski proizvod isporučen s oznakom u skladu s posebnim propisom i podudaraju li se podatci na dokumentaciji s kojom je građevinski proizvod isporučen s podacima u oznaci, je li građevinski proizvod isporučen s tehničkim uputama za ugradnju i uporabu, jesu li svojstva, uključivo rok uporabe građevnog proizvoda te podatci značajni za njegovu ugradnju, uporabu i utjecaj na svojstva i trajnost geotehničkog zahvata ili konstrukcije sukladni svojstvima i podacima određenim glavnim projektom, a sve u skladu s "Tehničkim propisom o građevnim proizvodima", kao i "Tehničkim propisom kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevne proizvode u usklađenom području". Sve navedeno zapisuje se u skladu s posebnim pravilnikom o vođenju građevinskog dnevnika ("Pravilnik o načinu provedbe stručnog nadzora građenja, obrascu, uvjetima i načinu vođenja građevinskog dnevnika te o sadržaju završnog izvješća nadzornog inženjera"), a dokumentacija s kojom je građevinski proizvod isporučen pohranjuje se među dokaze o sukladnosti građevinskih proizvoda koje izvođač mora imati na gradilištu.

Zabranjena je ugradnja građevnog proizvoda koji je isporučen bez oznake u skladu s posebnim propisom, koji je isporučen bez tehničke upute za ugradnju i uporabu; koji nema svojstva zahtijevana projektom ili mu je istekao rok uporabe, odnosno čiji podatci značajni za ugradnju, uporabu i utjecaj na svojstva i trajnost zahvata ili konstrukcije nisu sukladni podacima određenim glavnim projektom.

Uporabljivost

Smatra se da geotehnički zahvat ili konstrukcija ima projektom predviđena tehnička svojstva i da je uporabljiva ako su:

- uvjeti građenja i druge okolnosti, koje mogu biti od utjecaja na tehnička svojstva konstrukcije, bile sukladne zahtjevima iz projekta
- građevinski proizvodi ugrađeni u geotehničku konstrukciju ili temeljno tlo na propisani način i imaju ispravu o sukladnosti, odnosno propisane dokaze uporabljivosti
- geotehnička konstrukcija ima dokaze nosivosti i uporabljivosti utvrđene ispitivanjem pokusnim opterećenjem, kada je ono propisano kao obvezno, ili zahtijevano projektom, te ako o svemu određenom postoje propisani zapisi i/ili dokumentacija.

Pri dokazivanju uporabljivosti geotehničkog zahvata ili konstrukcije treba uzeti u obzir:

- a) zapise u građevinskom dnevniku: npr. o zatečenim svojstvima temeljnog tla i njihovom podudaranju ili odstupanju od prognoznih projektnih podataka, eventualnim korektivnim akcijama i drugim podacima o ugrađenim materijalima i građevinskim proizvodima
- b) rezultate nadzornih radnji, tehničkog praćenja tijekom gradnje i kontrolnih postupaka koji se sukladno ovim OTU-ima obvezno provode prilikom zemljanih radova ili prije ugradnje građevinskih proizvoda
- c) dokaze uporabljivosti (rezultate ispitivanja, zapise o provedenim postupcima i drugo) koje je izvođač osigurao tijekom izvedbe
- d) rezultate ispitivanja pokusnim opterećenjem ukoliko je predviđeno projektom
- e) klimatske uvjete građenja i druge okolnosti koje prema građevinskom dnevniku i drugoj dokumentaciji koju izvođač mora imati na gradilištu, te dokumentaciju koju mora imati proizvođač građevnog proizvoda, a mogu biti od utjecaja na tehnička svojstva geotehničkog zahvata ili konstrukcije.

12-00.7 NAKNADNO DOKAZIVANJE TEHNIČKIH SVOJSTAVA

Za geotehnički zahvat ili konstrukciju koja nema projektom predviđena tehnička svojstva ili se ista ne mogu utvrditi zbog nedostatka potrebne dokumentacije, moraju se naknadnim ispitivanjima, primjerenim geotehničkim istraživanjima i naknadnim proračunima utvrditi mjerodavna tehnička svojstva.

Radi utvrđivanja tehničkih svojstava geotehničkog zahvata ili konstrukcije, potrebno je prikupiti odgovarajuće podatke u opsegu i mjeri koji omogućavaju procjenu stupnja ispunjavanja bitnog

zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti, požarne otpornosti i drugih bitnih zahtjeva za građevinu prema odredbama posebnih propisa.

12-00.8 ODRŽAVANJE

Održavanje geotehničkih zahvata ili konstrukcije mora biti takvo da se tijekom trajanja građevine očuvaju njezina tehnička svojstva i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom građevine, te drugi bitni zahtjevi koje građevina mora ispunjavati u skladu s posebnim propisima.

Održavanje podrazumijeva:

- **redovite preglede**, u razmacima i na način određen projektom građevine, i/ili posebnim propisom donesenim u skladu s odredbama Zakona o gradnji, te tehničko praćenje u mjeri propisanoj projektom
- **izvanredne preglede** geotehničkih zahvata ili konstrukcija nakon kakvog izvanrednog događaja ili po inspekcijskom nadzoru
- izvođenje radova kojima se geotehnički zahvat ili konstrukcija zadržava ili se vraća u stanje određeno projektom građevine, odnosno propisom u skladu s kojim je izveden. U slučaju oštećenja ili rušenja dijela geotehničke konstrukcije potrebno je utvrditi uzroke. Utvrđivanje uzroka treba obuhvatiti materijal ili izvedbu konstrukcije i njenih dijelova u tlu i izvan njega, uvjete i stanje temeljnog tla, utjecaje okoliša u smislu utjecaja podzemnih, otvorenih ili oborinskih voda, kao i stabilnosti padina. Rekonstrukciju oštećene ili djelomično srušene konstrukcije treba provesti prema odgovarajućem projektu koji treba sadržavati dokaze osiguranja mehaničke otpornosti i stabilnosti te dokaze o ispunjenju drugih mjerodavnih bitnih zahtjeva za građevinu.

U skladu s "Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije", vremenski razmak između pojedinih redovitih pregleda građevinske konstrukcije ne smije biti duži od:

1. osnovni pregledi – 1 godina (odnosno kraće prema pravilima danim posebnim dijelovima Propisa za pojedine vrste konstrukcija)
2. glavni pregledi – 10 godina za zgrade, a 5 godina za mostove, tornjeve i druge inženjerske građevine
3. dopunski pregledi – prema posebnim pravilima propisanim navedenim propisom za pojedine vrste konstrukcija.

Sadržaj i aktivnosti navedenih pregleda građevinskih konstrukcija dan je u navedenom propisu.

Ispunjavanje propisanih uvjeta održavanja geotehničkog zahvata ili konstrukcije, dokumentira se u skladu s projektom građevine te izvješćima o pregledima i ispitivanjima, zapisima o radovima održavanja ili na drugi prikladan način ako drugim propisom donesenim u skladu s odredbama "Zakona o gradnji" nije što drugo određeno.

12-01 RADOVI NA TEMELJENJU

12-01.1 OPĆENITO

Tehnička svojstva i zahtjevi za projektiranje temelja i temeljnih konstrukcija navedeni su u hrvatskim normama niza HRN EN 1997. Posebice za betonske i armiranobetonske, čelične, drvene, plitke i duboke temelje treba ispunjavati zahtjeve "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije" te druge norme na koje navedeni propis upućuje.

Radovi na temeljenju obuhvaćaju:

- **izrade plitkih temelja** (samci, trake, roštilji, ploče) kao dijela konstruktivnog sklopa građevine, uključivo radove na pripadajućim iskopima, drenažama, izradi podloga (posteljica) i postavi izolacija. Ovi radovi se izvode prema projektu, a obuhvaćeni su drugim poglavljem '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a
- **radovi na ojačanju ili poboljšanju tla** ukoliko temeljno tlo ispod temeljne plohe ne zadovoljava uvjete nosivosti i stišljivosti projektom zahtijevane građevine. Razni posebni postupci za manje ili veće dubine zahvata navedeni su potpoglavljju '12-02 Radovi na poboljšanju tla' ovih OTU-a s pozivom na odgovarajuće norme. Na površini terena najčešće završavaju izradom podloge za plitko temeljenje
- radovi na **dubokom temeljenju** u slučajevima gdje temeljno tlo nema odgovarajuću nosivost i stišljivost do većih dubina. Najčešće se koriste razni tipovi pilota navedeni u nastavku ovog poglavlja. Povezivanje s konstruktivnim sklopom gornje građevine ostvaruje se preko naglavnih greda, roštilja ili ploča, alternativno se piloti mogu nastaviti bez prekida na stupove konstrukcija
- **posebna duboka temeljenja** na bunarima, kesonima, panelima ili složenim temeljno-potpornim konstrukcijama. Tehnička svojstva i zahtjevi za izvedbu se propisuju projektom, posebnim tehničkim uvjetima, "Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije" i ovim OTU-ima za materijale i izvedbu (ukoliko nije obuhvaćeno posebnim tehničkim uvjetima).

Prema "Pravilniku o kontroli projekata" obvezna je kontrola projekta glede mehaničke otpornosti i stabilnosti za temeljenja na kesonima, bunarima, pilotima i slično.

12-01.2 TEMELJENJE NA PILOTIMA

Općenito

Piloti se ugrađuju zabijanjem, utiskivanjem, uvrtnjem ili bušenjem s injektiranjem ili bez njega.

Koristi se velik broj različitih tipova pilota, a načelno se razlikuju:

- piloti koji ne razmiču tlo tijekom izvedbe (npr. bušeni piloti)
- piloti koji malo razmiču tlo tijekom izvedbe (npr. uvrtni piloti ili zabijeni piloti s manjom površinom presjeka)
- piloti koji puno razmiču tlo tijekom izvedbe (npr. zabijeni piloti veće površine presjeka).

Tehnička svojstva i drugi zahtjevi za projektiranje i izvedbu pilota propisani su hrvatskom normom HRN EN 1997-1 te drugim normama na koje navedena norma upućuje.

Obračun radova za izradu pilota se u pravilu obavlja na osnovu projektnog troškovnika i izvedenih količina evidentiranih u građevinskom dnevniku.

12-01.2.1 Bušeni piloti (piloti bez razmicanja tla)

Općenito

Tehnički uvjeti za izvedbu bušenih pilota te pripadajući materijali i proizvodi određuju se geotehničkim projektom, a sve u skladu s normom HRN EN 1536 (Bušeni piloti).

Bušeni piloti izvode se za potrebe dubokog temeljenja građevina kao pojedinačni piloti ili grupe pilota te kao pilotne stijene (ukopani pilotni zidovi) koje služe kao potporne konstrukcije, brtvne

zavjese ili složeni potporno-temeljni sklop. Pilotne stijene izvode se kao sekantne (zasijecanjem u susjedne pilote, tj. piloti na rubovima ulaze jedan drugome u profil), tangentne (neprekinute pilotne stijene u kojima se piloti dodiruju rubno) ili s razmaknutim pilotima i zaštitom među pilotima (u potpoglavlju '12-04 Radovi na zaštiti građevinskih jama' ovih OTU-a).

Bušeni piloti se izvode kružnog presjeka ili pravokutnog presjeka (paneli) pod uvjetom da se betoniranje obavlja bez prekida. Presjek pilota po dubini može biti konstantan (ravni plašt) ili promjenjiv (npr. teleskopski promjenjiv promjer), a ovisno od alata za iskop mogu se izvoditi piloti s proširenjima na stopi ili plaštu.

Prema navedenoj normi HRN EN 1536 (Bušeni piloti) pod pojmom bušeni piloti smatraju se kružni piloti promjera od 0,3 do 3,0 m, odnosno paneli debljine barem 0,4 m (ako se izvode betoniranjem u tlu) ili debljine barem 0,3 m ako se rabe predgotovljeni elementi. Za temeljenje su najčešće u uporabi bušeni piloti promjera 80 - 150 cm.

Izvedba bušenih pilota uključuje sljedeće radove:

- pripremne radove i izvedbu radnog platoa
- iskop (bušenje)
- umetanje armature
- betoniranje
- završne radove i
- nadzor i kontrolu kvalitete.

Obračun pilota se u pravilu obavlja na osnovu projektnog troškovnika i izvedenih količina evidentiranih u građevinskom dnevniku.

Opis izvođenja radova

Detaljni tehnički uvjeti za pojedine aktivnosti izvedbe pilota navedeni su u normi HRN EN 1536 (Bušeni piloti), a ovdje se navode samo neki naglasci.

a) Pripremni radovi

Nakon izvedenog širokog iskopa potrebno je na osnovu plana iskolčenja precizno geodetski odrediti i označiti poziciju svakog pojedinog pilota, neposredno prije bušenja istog. Kao dopunsko osiguranje od grubih pogrešaka može poslužiti izmjera razmaka između osi pilota mjernom vrpcom te vizualna provjera mogućeg odstupanja od pravca.

Prije početka radova na izvedbi pilota nužno je stvoriti sve preduvjete da se ti radovi mogu odvijati kontinuirano, tj. bez nepredviđenih zastoja.

To podrazumijeva organizaciju i formiranje gradilišta, izvedbu eventualno potrebnih pristupnih putova i pripremu radnih platoa odgovarajućih gabarita i kvalitete podloge, izvedbu i dopremu armaturnih koševa na gradilište, osiguranje kontinuirane dostave potrebnih količina betona za predviđenu dinamiku izvedbe, formiranje bazena i opreme za pripremu i recirkulaciju isplake (ukoliko je predviđena takva tehnologija), provjeru i dopremu potrebnih strojeva te nazočnost potrebne radne snage i nadzorne službe.

b) Bušenje (iskop)

Piloti se izvode bušenjem (iskopom) posebnim strojem tehnologijom predviđenom projektom s radnog platoa na površini terena. Piloti trebaju biti izvedeni položajno s preciznošću 10 cm, a odstupanje od vertikale smije biti do max 2%, ukoliko nije drugačije propisano projektom.

Bušeci stroj treba imati odgovarajuću snagu za izvedbu bušotine. Režim bušenja (brzinu rotacije i penetracije) potrebno je prilagoditi uvjetima u tlu.

Stabilnost bokova i dna bušotine od zarušavanja održava se uporabom čeličnih cijevi (kolona), isplakom (stabilizirajućom tekućinom) ili tlom ispunjenim zavojitom spiralom (kod svrdlanih, CFA pilota).

Ukoliko se za pridržanje bušotine koriste čelične cijevi, iste se mogu ukloniti tijekom radova na betoniranju pilota, gdje treba paziti da se pri prebrzom izvlačenju zaštitne kolone tijelo pilota ne ošteti, ili mogu trajno ostati u tlu (tzv. "izgubljena oplata") što je skuplje rješenje.

Ukoliko se za pridržanje bušotine koristi isplaka, ona mora imati primjerenu gustoću i treba ju držati na konstantnoj razini kako bi se spriječio hidraulički slom tla. Eventualne gubitke isplake u propusnim materijalima treba odmah nadoknađivati.

Nakon postizanja projektiranog dna bušotine, potrebno je provjeriti i eventualno očistiti dno bušotine od iskopanog i pregriječenog materijala.

Nakon provedenog bušenja za pilote, izvođač radova dužan je pozvati nadzornog inženjera za geodeziju koji će utvrditi da je bušotina izvedena sukladno projektu te će upisom u građevinski dnevnik odobriti daljnju fazu radova na armiranju i betoniranju pilota.

CFA piloti (Continuous Flight Auger Piles, svrdlani piloti) su posebice pogodni kod visokih razina podzemne vode i pretežno pjeskovitih materijala tla jer nije potrebno korištenje zacjevljenja ili isplake za održavanje stabilnosti stjenke bušotine.

CFA piloti se izvode bušenjem u jednom koraku pomoću beskonačne spirale. Tijekom bušenja tlo i spirala drže bokove bušotine stabilnim od zarušavanja. Nakon što se bušenjem dođe do projektirane kote, potrebno je izvući spiralu za oko 15 cm i započeti ugradnju betona pod odgovarajućim tlakom. Spirala se uz minimalnu rotaciju ili bez rotacije podiže kontroliranom brzinom uz istovremeno ispunjavanje bušotine sitnozrnim betonom žitke konzistencije ili injekcijskom smjesom na bazi cementa i pijeska kroz vrh spirale. Izvlačenje spirale više od 15 cm prije ugradnje betona nije dopušteno jer dolazi do relaksacije u tlu i smanjenja nosivosti pilota na vrh, a može doći i do zarušavanja bušotine i miješanja tla i betona. Nakon završetka betoniranja pripremljeni armaturni koš se uvibrira u ispunjenu bušotinu neposredno nakon bušenja i betoniranja.

Također je bitno spiralu izvlačiti konstantnom brzinom koja je u ovisnosti od kapaciteta pumpe za ugradnju betona. Rotacija spirale bez penetracije u tlo ili upumpavanja betona zabranjena je jer utječe na smanjenje nosivosti pilota trenjem po plaštu.

Za izvedbu pilota u priobalnim područjima, gdje piloti čine dio obalne konstrukcije ili formiraju gat, često se primjenjuje bušenje pilota tzv. Benotto postupkom koji uključuje napredovanje zaštitne kolone cikličkom rotacijom (tzv. "laviranjem") i hidrauličkim utiskivanjem. Pri tome se iskop materijala iz pilota vrši grablicom (tzv. "grajferom") ako se iskop vrši u tlu "C" kategorije. Ako se vrši iskop materijala "A" kategorije, primjenjuje se razbijanje stijene teškim čeličnim čekićem nakon čega slijedi vađenje razlomljenog materijala iz bušotine.

c) Betoniranje i armiranje

Kod CFA pilota beton se nalijeva kroz cijev u svrdlu (koje privremeno podupire bušotinu). Tlak ugradnje betona na dnu spirale treba minimalno biti jednak efektivnom vertikalnom naprezanju u tlu. Tlak treba održavati tijekom ugradnje betona (izvlačenja spirale) kako bi se osigurala stabilnost bušotine. S ugradnjom betona treba započeti odmah nakon bušenja do projektirane dubine. U protivnom može doći do zaglave bušačeg pribora. Armatura se ubacuje u žitki beton vibriranjem.

Kod bušenih pilota se prethodno pripremljeni armaturni koš (ili čelični profil) ubacuje u bušotinu, upušta se cijev za kontraktor i nalijeva beton u bušotinu. Pri tom je potrebno, prije betoniranja, armaturni koš pri vrhu pilota dodatno učvrstiti (opteretiti), kako pri nalijevanju betona ne bi dolazilo do pomicanja armaturnog koša, što za posljedicu može imati konstruktivni element koji ne odgovara projektnim kriterijima. Paralelno s betoniranjem, uz iskustveno određeni zaostatak dubine, podiže se i zaštitna kolona. Kolona ni u kom slučaju ne smije biti iznad razine nalivenog betona da ne dođe do urušavanja stjenki bušotine i miješanja tla s betonom. Žitki beton ispunjava bušotinu i istiskuje isplaku na površinu.

Pri betoniranju kontraktor postupkom, važno je da cijev neprestano bude u masi svježeg betona kako bi se izbjeglo miješanje betona i isplake što bi vrlo nepovoljno djelovalo na kvalitetu budućeg betona.

Imajući u vidu da se betoniranje pilota treba izvesti bez prekida, nemogućnost uspješne intervencije u slučaju prekida betoniranja i brzinu izvedbe bušotina za pilota, izvođač treba osigurati pravovremenu isporuku kvalitetnog betona u dovoljnoj količini.

Preporučuje se pripremanje betona u neposrednoj blizini gradilišta. Ako je proizvodnja betona organizirana na udaljenoj betonari, nužno je osigurati neprekidnost dopreme uz brzu dojavu i nužne sigurnosne mjere.

Izbor načina prijevoza mora jamčiti homogenost svježeg betona i stalnost njegova sastava. Beton se u pravilu prevozi posebnim vozilima (miješalicama, mikserima). Dopušta se prijevoz suhe mješavine agregata i cementa ako na mjestu dodavanja vode postoji uređaj za doziranje. U slučaju da je kretanje vozila na samom gradilištu otežano, lokalni transport svježeg betona moguć je uz pomoć betonskih pumpi.

Iznos betona ugrađenog u bušotinu kreće se u granicama oko 15-20% iznad idealnih teoretskih vrijednosti volumena pilota.

d) Uređenje glave (vrha) pilota

Nakon završetka betoniranja i postizanja odgovarajuće čvrstoće potrebno je odstraniti nekvalitetan beton na vrhu (glavi) pilota koji je posljedica tehnologije betoniranja kontraktor postupkom, u prosječnoj visini cca 40 cm (ili više ukoliko se pokaže potrebnim). U ovoj fazi vrši se poravnanje glave pilota do projektirane kote odbijanja betona, odnosno do donjeg ruba naglavne grede.

e) Izrada naglavne grede

Glavna predradnja za izradu naglavnih greda na pilotima je odbijanje nekvalitetnog betona, odnosno uređenje gornjeg ruba – glave pilota na projektiranu kotu. Naglavne grede imaju značajnu ulogu kod statičkog djelovanja grupe pilota i preko njih se vrši stalna preraspodjela sila i deformacija. Naglavne grede su i sastavni dio temeljnog roštilja (odnosno ploče), te veza s gornjom konstrukcijom.

Tehnički uvjeti i osiguranje kvalitete za naglavne grede ili ploče u pravilu su određeni projektom betonskih konstrukcija i temelja, a u skladu s "Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije" i pridruženim normama.

Materijali

Kvaliteta čelika, betona i njegovih komponentnih materijala treba odgovarati "Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije" te pridruženim hrvatskim normama.

a) Beton

Sastav betona i sastavne materijale za projektirani beton i beton zadanog sastava treba odabrati tako da zadovoljavaju svojstva uvjetovana za svježi i očvršli beton, uključivo konzistenciju, gustoću, čvrstoću, trajnost, zaštitu ugrađenog čelika od korozije, uzimajući u obzir proizvodni proces i odabrani postupak izvedbe betonskih radova koji uključuju transport, ugradnju, zbijanje, njegovanje i moguće druge tretmane ili obrade ugrađenog betona.

Prije početka radova potrebno je izvršiti sva nužna ispitivanja materijala koji će se upotrijebiti, uzimajući u obzir predviđenu tehnologiju izvođenja betonskih radova.

Za izvedbu CFA pilota pogodan je sitnozrni beton žitke konzistencije. Vrijednost slump testa betonske mješavine treba biti $200 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$.

Ukoliko projektom nije drugačije navedeno, najčešće se za bušene pilote koristi beton razreda čvrstoće između C20/25 i C30/37, vodocementni faktor manji od 0,6. Za beton pilota koji je stalno potopljen treba minimalno 400 kg cementa na 1 m^3 gotovog betona, a klasa izloženosti su XC4, XD2, XF4 ili XA2. Generalno, razred čvrstoće, vodocementni faktor, količina cementa, klasa izloženosti, debljina zaštitnog sloja, itd. se odabiru u skladu s važećom normom za betonske konstrukcije (grupa normi HRN EN 1992). Sastav betona određuje se na osnovu početnih ispitivanja koja se provode u laboratoriju proizvođača betona, a zatim s odabranim sastavima na betonari.

Konzistencija betona prilikom ugradnje treba odgovarati tehnologiji ugradnje kontraktor postupkom (slump test od 160-210 mm).

b) Armatura

Kod CFA pilota potreban je deblji zaštitni sloj betona (~ 75 do 100 mm). Plastične je distancere potrebno postaviti na razmaku od maksimalno 3 m duž armaturnih šipki. Zbog načina ugradnje vibriranjem i utiskivanjem potrebno je koristiti veće profile armature, tj. izraditi krute armaturne koševе. Armaturne šipke se, također zbog lakše ugradnje, može poviti na vrhu pilota na način da čine šiljak.

Za armiranje bušenih pilota koristi se betonski čelik ili čelični profili i cijevi. Kvalitetu korištenih materijala isporučitelj treba dokazati odgovarajućim dokumentima o sukladnosti s projektom te u skladu s važećim propisima i normama.

Armaturni koševi za pilote najčešće se izrađuju u armiračkom pogonu i dopremaju na gradilište u skladu s dinamikom izvođenja pilota, a moguće je i formiranje armaturnih koševa na samoj lokaciji na unaprijed pripremljenom platou.

Kako bi koš imao potreban oblik i krutost glede ugradnje, šipke glavne armature se zavaruju na predviđene obruče. Pri formiranju koša, treba uzeti u obzir da odabrani broj šipki glavne armature ne bi smio biti manji od šest (6). Ulogu vilica preuzima spiralna armatura obavijena oko armaturnog koša.

U zoni maksimalnog momenta savijanja potrebno je hod spirale smanjiti na 50 % standardnog razmaka. Na armaturni se koš zavaruju posebne vodilice – razmaknice (distanceri) koje osiguravaju centrični položaj i potreban zaštitni sloj betona (~ 50 do 60 mm).

Kod većih dubina i profila pilota, kad je iz tehnoloških razloga nužno predvidjeti nastavljanje koševa prilikom ugradnje u bušotinu, nastavke treba izvesti preklapanjem armature i konstruktivnim zavarivanjem.

c) Bentonitna isplaka

Kad se za stabilizaciju bušotine koristi isplaka, ona mora čitavo vrijeme rada zadovoljavati tražene karakteristike u pogledu stabilnosti, viskoziteta, tiksotropije i specifične gustoće. Zbog toga je potrebno provesti prethodna ispitivanja za određivanje isplake te kontinuirano provoditi kontrolu pripremljene isplake.

Prethodna ispitivanja kojima se određuje radni uzorak isplake obuhvaćaju određivanje viskoziteta, specifične gustoće i pH faktora. Naknadne modifikacije radnog uzorka potrebne su za slučaj upotrebe prethodno korištene isplake nakon završenog mehaničkog odstranjenja čestica tla. Dnevno je potrebno kontrolirati gustoću i viskozitet svježe pripremljene bentonitne isplake. Gustoća svježe pripremljene isplake mora se kretati u rasponu 1,08 – 1,10 g/cm³.

Zahtjevi kvalitete

Prilikom izvođenja pilota potrebno je kontrolirati:

- poziciju (iskolčenje) pilota
- vertikalnost uvodne odnosno zaštitne kolone
- sastav i karakteristike slojeva tla po dubini iskopa
- kotu dna iskopa.

Ako sastav i svojstva tla ne odgovaraju rezultatima prethodnih geotehničkih istraživanja, nužno je tražiti mišljenje projektanta i uz suglasnost nadzornog inženjera predvidjeti potrebne mjere ili izmjene u projektu (npr. produbljenje ili povećanje broja pilota).

a) Beton

Priprema betona treba se zasnivati na prethodnim ispitivanjima sukladno projektu betona. Proizvedeni beton treba imati projektom propisane karakteristike. Proizvođač betona mora uz svaku isporuku betona dostaviti na gradilište popratni list koji mora sadržavati sve podatke propisane važećim normama.

Ispitivanja betona potrebno je provoditi na betonari (tekuća ispitivanja) i na lokaciji izvedbe pilota (kontrolna ispitivanja).

Tekuća ispitivanja betona na betonari treba provoditi u skladu s odredbama "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije" i normi na koje se on poziva.

Kontrolna ispitivanja na gradilištu (suglasnost kvalitete betona) provodi se prema pripadajućim hrvatskim normama, i obuhvaćaju ispitivanja konzistencije dopremljenog betona mjerenjem slijeganja, uzimanjem i njegovanjem uzoraka betona za ispitivanje i dokaz tlačne čvrstoće očvrstlog betona nakon 7 i 28 dana.

Uzorci za dokaz suglasnosti tlačne čvrstoće u odnosu na uvjete projektirane klase betona uzimaju se na mjestu ugradnje betona prema programu kontrole kvalitete utvrđenim projektom konstrukcije i projektom betona prema odredbama važećih normi. Uzorci se obvezno uzimaju iz različitih vozila (miksera).

Ako beton dopremljen iz betonare ispunjava postavljene tehničke uvjete, uzima se:

- najmanje jedan uzorak iz svakog pilota
- jedan uzorak u svakoj radnoj smjeni radi ispitivanja tlačne čvrstoće pri starosti betona od 7 dana.

Kontrolu klase betona i preuzimanje betona prema programu treba obavljati nadzorna služba koju ovlasti investitor.

Izveštaji o kontroli kvalitete betona moraju se uredno dostavljati na gradilište kako bi se, u slučaju podbacivanja klase betona, moglo pravodobno intervenirati.

Za ugrađeni beton ovlaštena institucija treba dati završnu ocjenu kvalitete betona u konstrukciji koja mora obuhvaćati:

- dokumentaciju o preuzimanju betona i
- mišljenje o kvaliteti ugrađenog betona koje se daje na osnovi kontinuirane kontrole dokumentacije o građenju i verifikacije rezultata iz evidencije tekuće kontrole proizvodnje betona i kontrole suglasnosti kvalitete u odnosu na projekt konstrukcije.

Na osnovu takve ocjene dokazuje se sigurnost i trajnost projektirane konstrukcije ili se traži naknadni dokaz kvalitete betona.

Naknadna ispitivanja kvalitete betona provode se ispitivanjem uzoraka izvađenih iz gotovih pilota prema dogovoru s projektantom i nadzornim inženjerom. Ta se ispitivanja obavljaju na teret proizvođača betona kod ovlaštene institucije koju će odrediti nadzorni inženjer. Ovim ispitivanjima treba ustanoviti karakterističnu tlačnu čvrstoću na dan ispitivanja i odgovarajuću preračunatu na 28-dnevnu starost betona.

Ako se ovim ispitivanjima ne dokaže tražena projektirana kvaliteta betona, provest će se kontrolni proračuni dotičnog elementa konstrukcije i po potrebi predvidjeti mjere sanacije.

Ukoliko se pokaže da je stabilnost i trajnost dotičnog elementa konstrukcije, unatoč nepostizanju tražene kvalitete, zadovoljavajuća, investitor ima pravo umanjiti cijenu ugrađenog betona u dijelu u kojoj projektirana kvaliteta nije postignuta.

b) Armatura

Za svaku isporuku betonskog čelika na gradilište izvoditelj radova dužan je nadzornom inženjeru dati na uvid atest o kvaliteti čelika. Rezultati moraju zadovoljavati uvjete iz "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije" i normi na koje se on poziva.

Armatura se mora prije ugradnje koševa očistiti od hrđe, masnoća, tla i drugih nečistoća koje mogu biti uzrok slabijega prijanjanja betona.

Gotove armaturene koševe nadzorni inženjer treba prije ugradnje pregledati i utvrditi jesu li izvedeni prema projektu (profil i broj šipaka glavne armature, profil i razmak spiralne armature, položaj ukrućenja i razmaknica (distancera) te količine i broj kontaktnih varova.

Prilikom ugradnje armaturnih koševa u iskop za pilote treba provjeriti jesu li koševi ispravno orijentirani ako armatura nije simetrična ili ako se naknadno ugrađuju dodatni nosivi elementi (npr. prednapeta sidra).

c) Ispitivanje cjelovitosti pilota

Prema zahtjevima geotehničkog projekta ili kad postoji sumnja u kvalitetu pojedinih izvedenih bušenih pilota (prekidi betoniranja ili zarušavanje tla i sl.), predviđaju se ispitivanja cjelovitosti (integriteta) PIT metodom (Pile Integrity Test). Ova ispitivanja moraju se, kao mjera kontrole kvalitete, izvoditi na svim izvedenim pilotima kad je riječ o osjetljivim konstrukcijama ili uz obrazloženja iz projekta.

Ispitivanja cjelovitosti obavljaju se nakon što je glava pilota odbijena na projektiranu kotu. Provedenim se ispitivanjima dokazuje da su piloti izvedeni u kontinuitetu bez prekida betoniranja te da ne postoje zone slabije kvalitete ili smanjenog promjera u odnosu na projektirane dimenzije pilota.

O svim provedenim ispitivanjima treba tijekom izvedbe ažurno dostavljati preliminarne podatke. Detaljnu obradu i interpretaciju rezultata treba ispostaviti po završenom ispitivanju u obliku završnog izvještaja.

U slučaju da se ustanove oštećenja i prekidi betoniranja značajnih dimenzija pristupit će se sanaciji pilota. Ova se sanacija može izvesti bušenjem bušotine kroz pilot i injektiranjem pod tlakom odgovarajućom injekcijskom smjesom.

Dodatni aspekt – piloti kao sastavni dio geotermalnog sustava

Osim svoje osnovne zadaće u osiguranju nosivosti u uporabivosti gornje konstrukcije, piloti se sve češće iskorištavaju kao sastavni dio geotermalnih sustava, čime se dobiva još jedna dodatna dimenzija njihove koristi. Naime, iskorištavanje plitke geotermalne energije temelji se na iskorištavanju geotermalnog potencijala tla, stijena ili podzemnih voda koji su u izravnom doticaju s elementima podzemnih konstrukcija.

Kod bušenih se pilota geotermalne cijevi vežu za armaturne koševe na gradilištu. Cijevi se ugrađuju do projektom određene duljine te se na dnu pilota zaokrenu za 180°, formirajući oblik slova U. Cijevi bi trebale biti pravilno raspoređene po opsegu pilota da bi se optimizirao transfer topline između cijevi i tla. Vežanje cijevi za armaturne koševe doprinosi povećanoj efikasnosti geotermalnog sustava iz razloga jer cijevi u tom slučaju imaju veći radijus zaokreta na dnu, što rezultira većim protokom radnog fluida nego što je slučaj s instaliranjem cijevi u standardne geotermalne bušotine.

Nakon instalacije cijevi i njihovog pozicioniranja, potrebno je izvršiti ispitivanje njihovog integriteta upuštanjem fluida pod tlakom. Ovo je značajno kod bušenih pilota s obzirom da, nakon zapunjavanja bušotine betonom u kojoj je već instaliran armaturni koš s cijevima, može doći do oštećenja cijevi. Da bi se prevladalo narušavanje integriteta cijevi, preporuča se formiranje što krućeg armaturnog koša gdje se spiralna armatura vari za vertikalne šipke, umjesto da se povezuje s njima žicom.

Na površini se sve cijevi iz pilota spajaju u priključne blokove koji su međusobno povezani sustavom horizontalnih cijevi. Takve horizontalne cijevi najčešće se nalaze unutar buduće temeljne ploče.

Način preuzimanja radova

Prije početka radova potrebno je geodetsko pozicioniranje pilota. Nakon izvedenih radova potrebno je izraditi geodetski snimak izvedenog stanja ovjeren od nadzornog inženjera za geodeziju s točnim pozicijama izvedenih pilota.

Prije početka radova i tijekom radova nadzorni inženjer kontrolira radove i preuzima svaku fazu radova, o čemu vodi evidenciju.

Primjeri obrazaca za vođenje evidencije izvedbe za različite tehnologije izvedbe nalaze se u normi HRN EN 1536 (Bušeni piloti).

Nakon završetka radova nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova te usklađenost s projektom.

Obračun radova

Standardne stavke troškovnika su:

- priprema i rasprema gradilišta. Obračun paušalan.
- generalni transport opreme, pribora i ljudstva. Izrada radnog platoa. Obračun paušalan.
- bušenje pilota odgovarajućeg promjera i dubine. Obračun po dužnom metru (m') izvedenog bušenja. Pri tome se moraju odvojiti stavke bušenja pilota, ako je relevantno, u tlu "A", "B" i "C" kategorije, sukladno poglavlju '2 Zemljani radovi' ovih OTU-a.
- utovar, odvoz i istovar iskopanog tla (eventualno pomiješanog s isplakom) na predviđeno odlagalište. Obračun u rahlom stanju (povećanje količina oko 15% u odnosu na geometriju iskopa) u kubičnim metrima (m³).
- izvedba armaturnih koševa. Uključena nabava i prijevoz čelika za armiranje; razvrstavanje i čišćenje, sječenje i savijanje; prijevozi i prijenosi; postavljanje, podlaganje i vezanje te eventualno zavarivanje. Obračun po kilogramu (kg) izvedenih armaturnih koševa.
- ugradnja armature u izvedene bušotine. U cijenu je uključeno i eventualno spajanje koševa kod ugradnje. Obračun po kilogramu (kg) ugrađene armature.
- betoniranje pilota kontraktor postupkom betonom propisanog sastava i kvalitete. Ovisno o sastavu tla u kojem se izvode piloti, količina utrošenog betona u odnosu na idealnu geometriju pilota veća je od 10-20 %. Kod CFA pilota beton se obično ubacuje pumpom priključenom na toranj i cijev u svrdlu. Obračun po utrošku betona u kubičnim metrima (m³).
- odbijanje pneumatskim čekićem lošeg betona u glavi pilota. Obračun prema izvedenim količinama u kubičnim metrima (m³).
- ispitivanje cjelovitosti ugrađenih pilota. Obračun po komadu (kom) ispitnog pilota.

12-01.2.2 Zabijeni i uvrtni piloti (piloti s razmicanjem tla)

Općenito

Tehnički uvjeti za izvedbu pilota te pripadajući materijali i proizvodi određuju se geotehničkim projektom, a sve u skladu s normom HRN EN 12699 (Piloti s razmicanjem tla).

Prema navedenoj normi promjer ili maksimalna dimenzija presjeka treba biti veća od 150 mm kako bi se ugrađeni elementi smatrali pilotima. Elementi manjih dimenzija smatraju se mikropilotima i za njih je mjerodavna norma HRN EN 14199 (Mikropiloti).

Piloti s razmicanjem tla su piloti koji se izvode u temeljnom tlu bez iskopa ili odstranjivanja materijala tla (osim ukoliko je potrebno za ograničenje izdizanja tla, vibracija ili uklanjanja zapreka penetraciji).

Ovi piloti ugrađuju se u tlo: udarom (zabijanjem), vibracijski, pritiskom, uvrtnjem ili kombinacijom ovih postupaka.

Piloti s razmicanjem tla izvode se prvenstveno za potrebe dubokog temeljenja građevina kao pojedinačni piloti ili grupe pilota. Zidovi (stijene) u tlu izvedeni postupcima zabijanja predgotovljenih elemenata koje služe kao potporne konstrukcije obrađene su u potpoglavlju '12-04 Radovi na zaštiti građevinskih jama' ovih OTU-a.

Materijali koji se koriste za ove pilote su čelik, lijevano željezo, beton, drvo i kombinacije navedenih materijala. Za trajne konstrukcije potrebne su odgovarajuće zaštitne mjere od korozije ili agresivnih sastojaka tla.

Kvaliteta ugrađenih materijala treba odgovarati primjerenom "Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije" te pridruženim hrvatskim normama. Materijali koji se koriste za zaštitu plašta pilota trebaju odgovarati hrvatskim i europskim normama kvalitete i zaštite okoliša. Za građevne

proizvode i predgotovljene elemente vrijede odgovarajuće odredbe ovih OTU-a te "Tehničkog propisa za građevinske proizvode", kao i ostalih posebnih propisa.

Na tržištu postoji veći broj tipova, opreme i specijalnih izvođača pilota s razmicanjem tla. Ukoliko izvođač nudi vrstu pilota ili metodu ugradnje za koju nema usporedivoga iskustva, izvođač može u dogovoru s investitorom, projektantom i nadzorom o vlastitom trošku provesti statičko pokusno opterećenje na dovoljnom broju pokusnih pilota u tipičnim uvjetima tla s ciljem dobivanja pouzdanih parametara za projektiranje pilota.

Opis izvođenja radova

Načelno, radovi na izvedbi ove vrste pilota uključuju:

- pripremne radove (izvedbu radnog platoa)
- eventualna probna zabijanja izvan područja temeljne konstrukcije blizu pozicija
- geotehnička istraživanja (za provjeru podobnosti tehnologije)
- ugradnju pilota odgovarajućom opremom
- završne radove i
- nadzor i kontrolu kvalitete.

Čekići (zabijala, makare) za zabijanje pilota mogu biti slobodno padajući (mase od 0,5 do 2 puta veće od mase pilota), eksplozivni (različiti dizelski maljevi), vibracijski (električki ili hidraulički gonjene dviju suprotno rotirajuće ekscentrične mase čije se kućište pričvrsti za pilot) ili utiskivajući.

Da bi se smanjila naprezanja na vrh pilota nastala uslijed zabijanja, moguće je koristiti sklop koji se postavlja na vrh pilota tijekom radova, a koji uključuje sljedeće elemente: šljem koji naliježe na vrh pilota, kuka za pridržanje pilota tijekom zabijanja, drveni jastuk za ublaženje udarca i drveni jastuk za zaštitu pilota.

Uobičajene tolerance za zabijene pilote iznose vodoravno 75 mm s nagibom od 1:25.

Materijali

Svi materijali i proizvodi ugrađeni u pilote s razmicanjem tla trebaju odgovarati mjerodavnim hrvatskim i europskim normama, tehničkim zahtjevima i posebnim tehničkim uvjetima iz projekta.

Predgotovljeni betonski elementi moraju biti izrađeni prema uvjetima iz projekta, odgovarajućim propisima za predgotovljene elemente i odredbama ovih OTU-a.

Materijali i proizvodnja čeličnih pilota trebaju zadovoljiti zahtjeve "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije", grupe normi HRN EN 1993 i ostalih pripadajućih normi.

Betonski čelik za eventualna armiranja treba zadovoljiti zahtjeve "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije" i norme HRN EN 10080.

Materijali, proizvodnja i rukovanje drvenim pilotima trebaju zadovoljiti "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije", grupe normi HRN EN 1993 i ostalih pripadajućih normi.

Proizvodi od lijevanog željeza trebaju zadovoljiti specifikacije proizvođača te odgovarajuće propise i certifikate za građevne proizvode, sukladno "Tehničkom propisu za građevinske proizvode", kao i ostalim posebnim propisima.

Zaštitni premazi, boje ili košuljice (plaštevci) te druge mjere za zaštitu od korozije ili agresivnih sredina trebaju zadovoljiti specifikacije iz projekta, trebaju se izvoditi prema uputama proizvođača te, prema prilici, zadovoljiti odgovarajuće propise i certifikate za građevne proizvode, sukladno "Tehničkom propisu za građevinske proizvode", kao i ostalim posebnim propisima.

Zahtjevi kvalitete

Prije početka izvedbe izvođač mora predati izvedbeni projekt ili plan izvedbe koji sadrži opis opreme, način ugradnje i kontrole ugradnje, redosljed izvedbe te ocjenu utjecaja izvedbe na već izvedene pilote ili okolne konstrukcije. Ovu dokumentaciju trebaju odobriti projektant i nadzorni

inženjer. Ukoliko nije propisano geotehničkim projektom, ovim izvedbenim projektom mogu se definirati uvjeti i kriteriji prihvaćanja, preuzimanja i obračuna izvođenja pilota.

Prilikom ugradnje prati se tijek izvedbe prema specifikacijama ili posebnim tehničkim uvjetima iz geotehničkog projekta i izvedbenog projekta (plana izvedbe). Praćenje se obavlja i instrumentima, a zapisi praćenja svakog pilota čuvaju se na gradilištu do završetka radova, a naknadno prema dogovoru ili se prilažu dokumentaciji o izvedenom stanju.

Rezultati praćenja izvedbe, npr. kod zabijanja pilota (broj udaraca malja za postizanje specificiranog pomaka), ukazuju na sastav temeljnog tla kroz koji se tijekom izvedbe prolazi te predstavljaju kriterij za određivanje završnih dubina ili devijacija od prognoznog geotehničkog profila. Kriteriji završetka izvedbe ili potrebnih aktivnosti u slučaju nesuglasja s očekivanjima određuju se geotehničkim projektom ili odobrenim izvedbenim projektom.

Prilikom izvedbe prati se i zapisuje stanje prethodno izvedenih pilota, susjednih građevina osjetljivih na vibracije ili potencijalno nestabilnih kosina.

Način preuzimanja radova

Prije početka radova potrebno je geodetsko pozicioniranje pilota. Nakon izvedenih radova potrebno je izraditi geodetski snimak izvedenog stanja ovjeren od nadzornog inženjera za geodeziju, s točnim pozicijama izvedenih pilota.

Prije početka radova i tijekom radova nadzorni inženjer kontrolira radove i preuzima svaku fazu radova, o čemu vodi evidenciju.

Popis potrebnih zapisa praćenja izvedbe i stanja prethodno izvedenih pilota ili susjednih građevina za različite tehnologije izvedbe pilota s razmicanjem tla nalaze se u normi HRN EN 12699 (Piloti s razmicanjem tla).

Kriteriji završetka izvedbe (dostizanja potrebne dubine) ili postupanja u slučaju devijacija u tlu, kao i kriteriji priznavanja izvedenog pilota, te obveza izvođača propisuju se posebnim tehničkim uvjetima u geotehničkom projektu ili odobrenom izvedbenom projektu. Ovim dokumentima određuje se i način i učestalost instrumentiranog praćenja izvedbe.

Nadzor preuzima pilot uvažavajući kriterije iz geotehničkog i izvedbenog projekta te rezultate praćenja neposredne izvedbe.

Nakon završetka svih radova nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova te usklađenost s projektom.

Obračun radova

- priprema i raspreda gradilišta. Obračun paušalan.
- generalni transport opreme, pribora i ljudstva te izrada radnog platoa. Obračun paušalan.
- obračun pilota se u pravilu obavlja po dužnom metru (m') pilota uz kriterije specificirane geotehničkim i izvedbenim projektom odobrenim od projektanta i nadzora.

12-01.2.2.a Izvedba drvenih pilota

Općenito

Drveni piloti koriste se u izvedbi regulacijskih građevina, primjerice pregrada i Wolfovih odboja, a koriste se i ispod nasutih građevina kada temeljno tlo nema zadovoljavajuću nosivost i/ili su deformacije temeljnog tla neprihvatljive. Ako se nalaze u području s visokom podzemnom vodom, moraju se izvesti tako da se uvijek nalaze ispod razine podzemne vode jer u tom slučaju ne trunu.

Radovi na izradi građevina u kojima se koriste drveni piloti moraju se izvoditi u skladu s projektnom dokumentacijom, tehničkim propisima i normama te uvjetima iz ostalih točaka ovih OTU-a, te važećih propisa i normi.

Opis rada

Rad obuhvaća dobavu gotovih drvenih pilota (stupova) ili njihovu pripremu na gradilištu te dopremu pilota na lokaciju zabijanja i zabijanje. Razmak pilota treba biti predviđen projektom, a

preporuča se da je 2,5 m duž regulacijske crte. Kod dvorednih odboja preporuča se da drugi red pilota bude na razmaku 3 m od primarnog (glavnog) reda. Odabir rastera ugradnje drvenih pilota ispod nasutih građevina treba biti temeljen na proračunima u skladu s normom HRN EN 1997.

Materijal

Materijal za izradu drvenih pilota (stupova) ravni su trupci od tvrdog drveta, najbolje hrastovog, kvalitete prema projektu, propisima i normama. Dužina trupaca treba biti jednaka ili veća od projektirane ukupne dužine pilota, a debljina treba biti što ujednačenija.

Za pilote Wolfovih odboja koriste se trupci debljine 10 - 20 cm na tanjem kraju i 20 - 25 cm na debljem kraju. Piloti se režu na projektiranu dužinu. Jedan kraj se zašilji i po potrebi okuje, ovisno o karakteristikama dna korita gdje će se zabijati. Za okivanje zašiljenog dijela pilota upotrebljava se poseban čelični okov za pilote s čeličnim šiljkom. Prema potrebi, okiva se i glava pilota po obodu da ne dođe do raspadanja ("cvjetanja") drva prilikom zabijanja.

Osim pripremljenih pilota, za njihovo zabijanje potrebna su plovila za dopremu do lokacije zabijanja te posebna plovna mehanizacija za zabijanje pilota u koritu vodotoka. Uz to, potrebni su i manji čamci s izvanbrodskim motorom za prijevoz radnika do lokacije zabijanja.

Opis izvođenja radova

Zabijanje pilota se izvodi strojno, zabijačem (makarom) koji se nalazi na plovnom objektu ako se radovi izvode s mora / vodotoka. Ako se radovi izvode s kopna, često je potrebno izvesti odgovarajući radni plato od nekoherentog, dobro zbijenog materijala kako bi se piloti uspješno mogli zabiti.

Plovnim se objektom sa zabijačem doplovi do mjesta zabijanja pilota gdje se usidri. Pilot se uz pomoć plovila također dopremi do mjesta zabijanja gdje se postavi u vodilicu za održavanje pravca zabijanja. Pritom se geodetski precizno pozicionira pilot na mjesto zabijanja, preko dvije čvrste poligone točke stabilizirane na obali i vezane na čvrsti geodetski reper. Nakon toga se izvodi zabijanje pilota do dubine predviđene projektom.

Za zabijanje drvenih pilota najčešće se koriste slobodno padajuća zabijala ili eksplozivna (dizel) zabijala. Primjena vibracijske tehnologije se rijetko koristi kod ugradnje drvenih pilota.

Preporuča se da dubina zabijanja pilota za Wolfove odboje iznosi 1/2 do 2/3 ukupne duljine pilota.

Zahtjevi kvalitete

Za izradu drvenih pilota zahtijevaju se zdravi piloti od tvrdog drveta, najbolje hrastovog, što se provjerava vizualno i to treba obaviti iskusan tesar.

Zahtijevana točnost pozicioniranja pilota na projektirano mjesto zabijanja treba biti propisana u projektu obaloutvrde, odnosno nasute građevine. Ostvarena se pozicija kontrolira geodetski prije i poslije zabijanja.

Ako u projektu nije drugačije određeno, zahtijeva se točnost pozicioniranja od ± 10 cm.

Potrebna dubina zabijanja također treba biti propisana u projektu. Budući da u konstrukciji Wolfovih odboja piloti preuzimaju horizontalne sile (pritisak vodnog toka na zavjesu od fašina prenosi se na pilote, udari plivajućih predmeta i leda), tj. nose kao konzola, to projektom propisanu dubinu zabijanja pilota treba svakako postići.

Ako zahtijevana točnost pozicioniranja pilota (provjerom nakon pobijanja) nije dostignuta, ili ako propisanu dubinu zabijanja nije moguće ostvariti zbog nailaska pilota na stijensku masu, potrebno je najprije projektno riješiti nastali problem, a onda po tom rješenju treba postupiti.

Potrebna dubina zabijanja i visinsko pozicioniranje glave pilota ispituje se geodetski, niveliranjem sa stalnih poligonih točaka, vezano na čvrsti reper.

Obračun radova

Rad se obračunava po dužinskom metru (m) zabijenih pilota s jediničnom cijenom koja obuhvaća dobavu, zabijanje i kontrolu pozicioniranja pilota.

12-01.2.3 Pokusno opterećenje pilota

U skladu s HRN EN 1997-1 pokusno opterećenje pilota mora se provesti u sljedećim situacijama:

- ako se upotrebljava ona vrsta pilota ili metoda ugradnje za koju nema usporedivoga iskustva
- ako piloti nisu bili ispitani za usporedive uvjete u tlu i projektno opterećenje
- ako će piloti biti pod takvim opterećenjem za koje teorija ni iskustvo ne nude dovoljnu pouzdanost za proračun. Postupkom ispitivanja pilota tada se mora osigurati opterećenje koje je slično onom koje se očekuje
- ako opažanja tijekom procesa ugradnje ukazuju na takvo ponašanje pilota koje znatno i nepovoljno odstupa od ponašanja očekivanog na osnovu terenskih istraživanja ili iskustva i ako ni daljnja istraživanja temeljnog tla ne daju pojašnjenje za ta odstupanja.

Pokusno opterećenje pilota također se smije upotrijebiti za:

- ocjenjivanje prikladnosti metode ugradnje
- određivanje odziva reprezentativnog pilota i okolnog temeljnog tla na opterećenje u pogledu slijeganja i graničnog opterećenja
- donošenje prosudbe o cjelokupnom temeljenju na pilotima.

Zahtjevi za izvedbom pokusnog opterećenja pilota, načinom i brojem pokusnih pilota određuju se geotehničkim projektom.

12-01.2.3.a Statičko pokusno opterećenje

Općenito

Sukladno odredbama HRN EN 1997-1, poglavlje 7.5, postupak statičkog pokusnog opterećenja pilota, posebno u pogledu broja koraka opterećenja, trajanja tih koraka i primjene ciklusa opterećenja, mora biti takav da se iz mjerenja na pilotu mogu donijeti zaključci o ponašanju pri deformiranju, puzanju i povratnom pomaku temelja na pilotima. Za pokusne pilote, opterećenje mora biti takvo da se također mogu donijeti zaključci o najvećem opterećenju sloma.

Statičko ispitivanje pokusnih pilota provodi se sukladno normi HRN EN ISO 22477-1, te u skladu s uputama ISSMGE, Subcommittee on Field and Laboratory Testing: „Axial Pile Loading Test-Part 1: Static Loading“, Geotechnical Testing Journal, GTJODJ, Vol. 8, No 2, June 1985, pp.79-90.

Ova preporuka Međunarodnog društva sadrži sve važne dijelove za provedbu statičkog ispitivanja pilota, okosnica je odgovarajućeg međunarodnog i europskih normi za ispitivanje i citirana je u HRN EN 1997-1.

Na osnovu mjerenja i interpretacija provedenih ispitivanja putem simulacije statičkog opterećenja dobivaju se prognozne ukupne granične nosivosti pilota te struktura nosivosti (trenje na plaštu pilota po dubini i nosivost na vrhu pilota).

Ukoliko izvođač nudi vrstu pilota ili metodu ugradnje za koju nema usporedivoga iskustva, izvođač može u dogovoru s investitorom, projektantom i nadzorom o vlastitom trošku provesti statičko pokusno opterećenje na dovoljnom broju pokusnih pilota u tipičnim uvjetima tla s ciljem dobivanja pouzdanih parametara za projektiranje pilota.

Opis izvođenja radova

Samo ispitivanje uključuje sljedeće aktivnosti:

- nabava i doprema konstrukcijskog sklopa za ispitivanje (izvođač)
- izvedba ispitnih pilota, kontrola kvalitete materijala (izvođač)
- dobavljanje i postavljanje mjerne opreme, provedba mjerenja (nezavisni izvođač kompetentan za provedbu mjerodavnih mjerenja)
- izrada izvješća o mjerenju sukladno odredbama HRN EN 1997-1, poglavlje 7.5, i HRN EN ISO 22477-1 te
- interpretacija i ocjena rezultata (izvoditelj mjerenja, suglasnost: nadzor i projektant).

a) Ispitivanje pilota na osnu silu

Konstruktivski sklop za ispitivanje pilota statičkim postupkom moguće je izvesti barem na dva načina:

- s reakcijskim (sidrenim) pilotima ili
- balastom.

Balast podrazumijeva opterećenje ispitnog pilota postavljanjem masivnih betonskih elemenata (češće) ili vreća zapunjenih nekoherentnim materijalom (rjeđe) na konstrukciju koja opterećenje dalje prenosi na pilot. Međutim, češća je primjena sustava reakcijskih sidrenih pilota koji preuzimaju opterećenje nad-konstrukcije, nastalo kao rezultat tlačnog opterećenja probnog pilota. Naime probni pilot se opterećuje primjenom hidrauličke preše koja nad-konstrukciju opterećuje silom suprotnog smjera od sile kojom opterećuje pilot. Sidreni piloti su povezani s nad-konstrukcijom i djeluju kao vlačni piloti. Osim vlačnih pilota, kao dio reakcijskog sustava, mogu se izvesti i geotehnička sidra koja će također biti vlačno opterećena za vrijeme ispitivanja.

Vlačni piloti kod ovakvog sustava moraju biti pozicionirani dovoljno daleko od probnog pilota kako bi interakcija između njih i probnog pilota bila zanemariva.

Nad-konstrukciju izvođač treba imati od prije ili je može napraviti po vlastitom projektu ili iznajmiti. Trošak eventualne izrade cijele nove konstrukcije ne smije se prebaciti na troškove ispitivanja, nego samo u dijelu koliko su realni troškovi korištenja (kao i za drugu opremu izvođača).

Budući da postoje različite tehnološke mogućnosti za ispitivanje pilota, izvođač zajedno s odabranim izvoditeljem mjerenja treba izraditi izvedbeni projekt statičkog opterećenja pilota.

b) Ispitivanje pilota na poprečnu silu

U vodogradnji se često primjenjuju piloti koji su dominantno opterećeni poprečnom silom. Stoga je moguće provođenje statičkog ispitivanja probnog pilota na horizontalnu silu.

Horizontalna sila ostvaruje se povlačenjem ispitnog pilota u smjeru oslonca pomoću zatege i hidraulične preše. Zatega od čeličnih užadi treba prolaziti kroz naglavnice 2 do 3 pilota u nizu u smjeru u kojem se pilot ispituje. Na unutarnjoj strani naglavnice, zadnjoj u nizu u smjeru ispitivanja pilota, užad će završiti zaklinjenom glavom i podložnom pločom, a na vanjskoj strani naglavnice pilota kojeg se ispituje užad mora prolaziti kroz hidrauličnu prešu i dinamometar. Time je omogućeno nanošenje i mjerenje sile.

Uz mjerenje sile i pomaka vrha pilota, također je potrebno predvidjeti mjerenje relativne vertikalne deformacije duž pilota te horizontalni otklon osi uslijed savijanja.

Budući da postoje različite tehnološke mogućnosti za ispitivanje pilota, izvođač zajedno s odabranim izvoditeljem mjerenja treba izraditi izvedbeni projekt statičkog opterećenja pilota.

Izvedbeni projekt statičkog pokusnog opterećenja pilota

Za provedbu statičkih pokusnih opterećenja treba izraditi odgovarajući izvedbeni projekt. On mora sadržavati slijedeće:

- položaj ispitnog pilota na lokaciji
- statički proračun konstrukcije za nanošenje sile na pilot
- izvedbene nacрте probnog polja (prijelazna konstrukcija za nanošenje sile, način prijenosa sile u tlo (sidra ili vlačni piloti), referentna greda, armatura pilota, detalji)
- program statičkog pokusnog opterećenja pilota (inkrementi nanošenja i vrijeme održavanja sile), u skladu s uvjetima iz geotehničkog projekta
- specifikaciju opreme za nanošenje i mjerenje sile ispitivanja (hidrauličke preše, uređaj za mjerenje sile točnosti 1%)
- specifikaciju opreme za mjerenje pomaka glave pilota. Prednost imaju digitalne mjerne urice točnosti 0,01 mm s hodom min. 100 mm

- specifikaciju opreme za mjerenje deformacija pilota po dubini radi razlučivanja trenja na plaštu pilota i nosivosti na vrhu
- prikaz načina bilježenja, praćenja i pohranjivanja mjerenih podataka. Prednost imaju digitalni prijenos podataka u računalo uz interaktivni prikaz rezultata mjerenja u realnom vremenu na ekranu uz automatsko pohranjivanje podataka na tvrdi disk računala. Radi dodatne sigurnosti karakteristična mjerenja treba unositi u odgovarajući program koji omogućuje brzu interpretaciju rezultata tijekom probnog opterećenja što omogućuje i kvalitetnije vođenje pokusa.
- način prikazivanja i interpretacije rezultata ispitivanja
- odgovarajuću postavu i opremu za horizontalno opterećenje pilota ako je traženo geotehničkim projektom.

Obračun radova

Nabava i doprema konstrukcijskog sklopa za ispitivanje te izvedbeni projekt dužnost su izvođača, a obračun se vrši paušalno.

Izvedba ispitnih pilota te kontrola kvalitete materijala dužnost su izvođača, a obračun se vrši prema standardnom troškovniku za pilote.

Dobavljanje i postavljanje mjerne opreme te provedba i interpretacija mjerenja dužnost su nezavisnog izvođača koji je kompetentan i iskusen za provedbu mjerodavnih mjerenja. Obračun se vrši prema zasebnom troškovniku.

12-01.2.3.b Dinamičko ispitivanje pilota

Općenito

Sukladno odredbama HRN EN 1997-1, poglavlje 7.5, dinamičko pokusno opterećenje smije se upotrijebiti za procjenu tlačne otpornosti uz uvjet da je prethodno provedeno prikladno istraživanje lokacije i umjeravanje metode s pomoću statičkog pokusnog opterećenja iste vrste pilota, slične duljine i presjeka i u usporedivim uvjetima u temeljnome tlu.

Ispitivanje nosivosti dinamičkim postupkom te broj i pozicije ispitnih pilota određuju se geotehničkim projektom.

Opis izvođenja radova

Dinamičko ispitivanje nosivosti pilota zasniva se na mjerenju deformacija i ubrzanja pilota izazvanih udarom zabijala. Pri tome treba koristiti odgovarajuću konstrukciju za podizanje i otpuštanje utega mase 7-10 t s varijabilne visine 0,5 - 2,5 m.

Na plašt pilota, na dubini najmanje 1,5 promjera pilota, postavljaju se mjerači deformacija i ubrzanja. Izvođač treba osigurati potrebnu slobodnu duljinu pilota radi postavljanja opreme. Na osnovu mjerenja deformacija i poznatog modula elastičnosti čelika ili armiranog betona izračunavaju se dinamičke sile u pilotu dok se integriranjem ubrzanja dobivaju brzine.

Numeričkom analizom, zasnovanom na jednodimenzionalnoj valnoj jednadžbi, iz mjerenih sila i brzina određuje se dinamička nosivost pilota. Analitički postupak kojim se to provodi poznat je pod nazivom Case Method. Dinamičko ispitivanje nosivosti pilota obuhvaćeno je normom HRN EN ISO 22477-4.

Ispitivanja se provode pomoću uređaja koji je nazvan Pile Dynamic Analyzer (PDA). PDA je prijenosni uređaj kojim se obavlja mjerenje, kondicioniranje, filtriranje i obrada signala. Ujedno, to je i prijenosno računalo koje u realnom vremenu može analizirati i prezentirati mjerene veličine. Mjereni podatci se spremaju na tvrdi disk i zatim postprocesiraju da bi se odredila statička nosivost pilota. Numerička analiza obavlja se programom CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program). Pretpostavljaju se karakteristike tla te se na osnovi složenog numeričkog modela čekić-pilot-tlo izračunavaju brzine, odnosno sile u pilotu. Tako dobiveni signal uspoređuje se s mjerenim signalom. Karakteristike tla se mijenjaju dok se mjereni i izračunati signal ne izjednače s inženjerski zadovoljavajućom točnošću. Nakon poklapanja signala izračunava se statička nosivost pilota kao zbroj nosivosti pilota po plaštu i nosivosti na vrhu.

Najvažniji rezultati ovih ispitivanja su:

- procjena statičke nosivosti pilota
- određivanje maksimalnih dinamičkih tlačnih i vlačnih naprezanja u pilotu uslijed udara
- ustanovljenje neprekinutosti pilota, odnosno zona pojave eventualnih šupljina-diskontinuiteta i
- određivanje cjelokupnih performansi sustava čekić-pilot-tlo.

Ispitivanje se, zbog prirasta nosivosti tla u vremenu, izvodi najranije 2 tjedna nakon izvedbe pilota.

Obračun radova

Izvedba ispitnih pilota (ako se ne kontroliraju radni piloti) te kontrola kvalitete materijala dužnost su izvođača, a obračun se vrši prema standardnom troškovniku za pilote.

Dobavljanje i postavljanje mjerne opreme te provedba i interpretacija mjerenja dužnost su nezavisnog izvođača, koji je kompetentan i iskusan za provedbu mjerodavnih mjerenja. Obračun se vrši prema zasebnom troškovniku.

12-02 RADOVI NA POBOLJŠANJU TLA

12-02.1 OPĆENITO

Poboljšanja tla provode se radi povećanja mjerodavnih mehaničkih svojstava slabo nosivog prirodnog temeljnog tla (čvrstoća i krutost), tzv. "ojačanja tla", ili radi postizanja povoljnih lokalnih hidrauličkih uvjeta u temeljnom tlu (povećanje propusnosti-drenovi, brtvljenje-nepropusne zavjese, barijere).

Uključuju više postupaka koji se načelno mogu grupirati kako slijedi:

- fizičke modifikacije i stabilizacija: povećanje gustoće (predopterećenje, dinamičko nabijanje teškom opremom, miniranje, vibronabijanje i vibrozamjena, zbijeni pješćani ili šljunčani piloti (drenovi), stupovi od kamena, grijanje tla)
- kemijske modifikacije i stabilizacija (stupovi od vapna i cementa, dubinsko miješanje, injektiranje tla, mlazno injektiranje)
- armiranje tla (poboljšanje umetanjem građevinskih elemenata ili proizvoda u tlo – geosintetici, fašine, mikropiloti, sidra, "čavljanje tla").

Tehnička svojstva poboljšanog tla, zahtjevi za projektiranje, izvođenje radova, uporabljivost, održavanje i drugi zahtjevi te tehnička svojstva i drugi zahtjevi za građevne proizvode namijenjene korištenju prilikom poboljšanja tla propisani su u nizu normi HRN EN 1997, uključivo pripadni Nacionalni dodatak te drugim normama na koje norme navedenog niza upućuju.

Poboljšanje tla može se predvidjeti kao privremeni zahvat ili mjera (npr. vertikalni drenovi za ubrzanje konsolidacije, snižavanje razine podzemne vode ili smrzavanje tla) ili kao trajno tehničko rješenje ili mjera (npr. armirano ili čavvano tlo, šljunčani piloti, injekcijske zavjese, mlazno injektiranje ili konsolidacijsko injektiranje).

Osnovni razlozi za radove poboljšanja tla su:

- povećanje nosivosti tla
- smanjenje ukupnih i diferencijalnih slijeganja
- ubrzanje slijeganja
- smanjenje vodopropusnosti tla i stijena
- smanjenje potencijala likvefakcije u jednoliko graduiranim pijescima pod vodom
- isušivanje tla
- povećanje posmične čvrstoće tla i stijena i povećanje stabilnosti na klizanje
- povećanje otpornosti na eroziju.

Podloga za projekt ojačanja tla rezultati su provedenih geotehničkih istražnih radova. Ovisno o traženim zahtjevima i željenim efektima poboljšanja tla, geotehničkim projektom (usklađenim s projektnim kriterijima drugih uključenih građevina ili zahvata) određuju se i dokazuju potrebne dimenzije, kriteriji i metoda poboljšanja tla.

Kontrola uspješnosti

Kontrola uspješnosti poboljšanja tla provodi se ispitivanjem mjerodavnih karakteristika tla i usporedbom podataka dobivenih prije i nakon zahvata. Potrebno je izvršiti istovjetna ispitivanja na istim lokacijama kako bi se rezultati mogli usporediti i donijeti zaključak o uspješnosti poboljšanja.

Mogu se koristiti sljedeće metode ispitivanja tla:

- ispitivanja probnim opterećenjem, pločom ili slično
- ispitivanja presiometrom (PMT)
- ispitivanja dilatometrom (DMT)
- standardni penetracijski test u bušotinama (SPT)
- ispitivanje statičkom penetracijom s mjerenjem pornog tlaka (CPTU)
- ostali tipovi penetracijskih pokusa

- geofizička ispitivanja s naglaskom na geofizičke seizmičke metode.

Količina, lokacija te učestalost kontrole propisuju se geotehničkim projektom, ali načelno je potrebno izvršiti minimalno tri ispitivanja na svakih 2000 m³ (radi ocjene srednje vrijednosti). Položaj, broj i duljina profila geofizičkih ispitivanja propisuju se geotehničkim projektom.

Osim navedenih terenskih ispitivanja, kontrola uspješnosti poboljšanja tla može se provesti laboratorijskim ispitivanjima na uzetim uzorcima poboljšanog tla. Provode se laboratorijska ispitivanja u cilju određivanja fizikalno – mehaničkih te hidrauličkih karakteristika poboljšanog tla. Rezultati se uspoređuju s rezultatima nepoboljšanog tla. Količina, lokacija uzorkovanja te učestalost kontrole propisuje se geotehničkim projektom.

Kontrola uspješnosti također se provodi i praćenjem pomaka tla prilikom izgradnje građevina. Kako bi se mogli pratiti pomaci (slijeganje temeljnog tla u vremenu), potrebno je ugraditi odgovarajuću mjernu opremu (geodetski reperi, deformetri, horizontalni inklinometri, vertikalni inklinometri) i sustavno vršiti mjerenja.

Vrsta i opseg primijenjenih instrumenata za opažanje ovisi o karakteru problema, uvjetima u tlu i očekivanim pokazateljima te njihovoj pouzdanosti. Plan i program mjerenja određuje se projektom.

Prema "Pravilniku o kontroli projekata" obvezna je kontrola projekta glede mehaničke otpornosti i stabilnosti za temeljenja na poboljšanom temeljnom tlu debljine poboljšanog tla 5 m i više.

12-02.2 ZAMJENA TLA I UTISKIVANJE KAMENOG MATERIJALA

12-02.2.1 Zamjena tla

Opis rada

Rad obuhvaća iskop i odvoz nepovoljnog tla te na njegovom mjestu ugradnju i zbijanje tla bolje kvalitete. Razlozi zbog kojih se vrši zamjena materijala su najčešće velika stišljivost (rezultira velikim slijeganjima) i mala nosivost temeljnog tla. Najčešće se vrši zamjena organskih tala te mekih, koherentnih naslaga.

Opis izvođenja radova

U slučaju kada temeljno tlo na kojem se izvodi određeni objekt nema zadovoljavajuće karakteristike krutosti i čvrstoće, isti se može zamijeniti.

Na lokacijama gdje se loše tlo nalazi na dubinama manjim od 6 m, ekonomičnim su se pokazala rješenja u kojima se loše tlo iskapa i zamjenjuje pijeskom, šljunkom ili ispunom od lomljenog kamenja ("A" kategorija materijala). U nekim slučajevima zamjena se može vršiti i koherentnim materijalom.

Radovi iskopa lošijeg tla moraju biti u skladu s potpoglavljem '2-02 Široki iskop', poglavlja '2. Zemljani radovi', ovih OTU-a.

Radovi guranja, prijevoza, utovara, prebacivanja, razastiranja, preguravanja materijala moraju biti u skladu s potpoglavljem '2-08 Guranje, prijevoz, utovar, prebacivanje, razastiranje, preguravanje materijala', poglavlja '2. Zemljani radovi', ovih OTU-a.

Radovi uređenja temeljnog tla moraju biti u skladu s potpoglavljem '2-09 Uređenje temeljnog tla – posteljice', poglavlja '2. Zemljani radovi', ovih OTU-a.

Radovi ugradnje tla bolje kvalitete moraju biti u skladu s potpoglavljem '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi', ovih OTU-a.

Zamjenski materijal se odabire tako da posjeduje svojstva tražena projektom, a njegova ugradnja mora biti strogo kontrolirana da se postignu ta tražena svojstva.

Da bi se određeni materijal mogao smatrati pogodnim za ispunu, ključno je poznavati njegov granulometrijski sastav. Pješčani materijali koji se uzimaju na nalazištu bit će u rastresitom stanju, te će prilikom ugradnje biti potrebno njihovo zbijanje. Prašinate i glinene hidrauličke ispune puno

je teže zbijati. Ako vremenski rokovi to dopuštaju, takve se ispune, nakon zamjene, pusti da se same konsolidiraju i stabiliziraju.

Vrijeme potrebno za ispunu da ostvari zadovoljavajući stupanj prirodne konsolidacije ovisi o prirodi i debljini ispune, metodi ugradnje, prirodi tla koje se nalazi ispod ispune, kao i o uvjetima podzemne vode. Ispune koje sadrže veći udio sitnijeg materijala mogu se slijegati dugo vremena, dok se najboljim materijalom, s aspekta vremena konsolidacije, smatraju dobro građurani, zrnati materijali. Općenito, ispune od razlomljenog stijenskog materijala će se slegnuti oko 2,5% debljine ispune, pješčane ispune oko 5%, a koherentne ispune oko 10 %. Prirast slijeganja smanjuje se vremenom, ali u nekim slučajevima, kod koherentnih ispuna može proći i oko 10-20 godina prije nego prirast slijeganja ne bude prihvatljiv za temeljenje neke građevine. U krupnozrnatim materijalima će se većina slijeganja ostvariti unutar prve dvije godine od ugradnje. Vremenski rokovi, međutim, gotovo uvijek uvjetuju zbijanje zamjenskog materijala, čime se dobivaju zahtijevana svojstva.

Često se zamjena tla i zbijanje izvodi zajedno s geosinteticima, na način opisan u poglavlju 3 ovih OTU-a. Polaganjem geomreža povećava se nosivost tla na kontaktu temeljnog tla i zamjenskog materijala, a polaganjem geotekstila osim povećane nosivosti sprječava se miješanje zamjenskog materijala i prirodnog tla.

Pri određivanju projektnih modula stišljivosti zamjenskih slojeva potrebno je poznavati modul stišljivosti površine prirodnog tla na koju se ugrađuje prvi zamjenski sloj. Moduli stišljivosti (zbiženost) zamjenskih slojeva nisu neovisni o zbiženosti prirodnog tla niti prethodno ugrađenog sloja. Postoji veza između zbiženosti prethodnog sloja, debljine sloja koji se ugrađuje i najveće moguće zbiženosti koja se može postići u sloju koji se ugrađuje. Ta veza propisana je na primjer Voss-ovim dijagramima.

Ako se zamjena materijala vrši u suhome, za iskop se koriste bageri ili konvencionalni skrejperi, a zamjenski materijal se mora ugrađivati u slojevima pomoću odgovarajućih sredstava za zbijanje.

Ako se zamjena materijala vrši ispod razine podzemne vode, potrebno je koristiti bager sajlaš ili plovni bager za iskop, a kao zamjenu treba koristiti granularni materijal. Moguće je i sniženje razine podzemne vode te izvođenje radova u suhome prema posebnim postupcima za takve radove.

Način preuzimanja izvedenih radova

Prije početka radova na širokom iskopu za potrebe zamjene materijala potrebno je izraditi prethodnu geodetsku snimku. Nakon izvedenih radova iskopa te nakon radova na zamjeni tla potrebno je izraditi završnu geodetsku snimku. Za radove u velikim vodotocima (rijeke) geodetski snimak početnog stanja i stanja nakon izvedenih radova izvodi se Multibeam tehnologijom, zbog brzine toka vode. Klasično batimetrijsko sondiranje primjenjivo je kod manjih vodotoka.

Prije početka radova i tijekom radova nadzorni inženjer kontrolira radove o čemu vodi evidenciju. Nakon završetka radova nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova te usklađenost s projektom.

Obračun radova

Količine širokog iskopa za obračun utvrđuju se mjerenjem stvarno izvedenog iskopa tla "C" kategorije u sraslom stanju u okviru projekta ili prema izmjenama koje odobrava nadzorni inženjer. Obračun je po kubičnom metru (m^3) iskopanog materijala u sraslom stanju. U stavku su uključena sva prebacivanja, utovari, prijevozi i razastiranja. Veće količine iskopanih materijala od projektiranih ili neodobrenih od nadzornog inženjera, tj. nastale pogreškom izvođača, ne plaćaju se.

Rad na planiranju i zbijanju temeljnog tla obračunava se po (m^2) planiranog i zbijenog tla.

Rad na izradi zamjene materijala obračunava se mjerenjem u kubičnim metrima (m^3) ugrađenog i zbijenog nasipa. Plaća se po jediničnoj cijeni u koju su uključeni svi radovi potrebni za izradu zamjene: dobava materijala, dovoz, razastiranje, vlaženje ili sušenje, zbijanje slojeva te čišćenje okoline.

12-02.2.2 Utiskivanje kamenog materijala

Opis rada

Rad obuhvaća strojno istiskivanje mekanog tla uz ugradnju novog kamenog materijala.

Kameni materijal nasipava se, penetrira u mekano tlo i istiskuje ga. Stvaraju se blatni valovi ispred i sa strane kamenog nasipa. Radi napredovanja ugradnje potrebno je uklanjati prednji blatni val.

Opis izvođenja radova

Kvalitetno tlo svojom masom uzrokuje kontinuirano prekoračenje nosivosti postojećeg (in-situ) tla, izgurava ga i dolazi na njegovo mjesto.

Tijekom postupka generiraju se tzv. 'muljni' valovi, ispred i pokraj premještanog tla koji se ponašaju slično stabilizirajućim bermama te se moraju ukloniti ispred premještanog tla. Vrlo je važno kontrolirati 'muljne' valove, najvećim dijelom da bi se izbjegao zaostanak mekog tla ispod nasipa, što bi uzrokovalo nejednolika slijeganja nasipa.

S obzirom da se na površini mekog tla često nalazi prosušeni sloj ili vegetacija čije korijenje ojačava površinu tla, takve pojave potrebno je ukloniti.

Metoda utiskivanja kamenog materijala primjenjiva je kod izvedbe nasipa preko laguna te morskih ili jezerskih zaljeva.

Problem može biti potrebni veliki volumen materijala za utiskivanje. Oblik i volumen stvarno utisnutog materijala može biti znatno veći od predviđenog volumena utiskivanja.

Daljnji problemi su:

- velike površine mogu biti poremećene uslijed utjecaja izgurano g tla
- nasip se može slijegati nakon završetka radova zbog zarobljenog mekog tla ispod ili unutar kamenog materijala
- uslijed proširenja blatnih valova može doći do utjecaja na susjedne objekte.

Uobičajeno je odrediti način ugradnje na probnim poljima. U svakom slučaju može se očekivati određena veličina slijeganja ili diferencijalnog slijeganja ovako izvedenog nasipa.

Prilikom ugradnje potrebno je kontrolirati kvalitetu kamenog materijala. Također je potrebno kontrolirati brzinu ugradnje da ne dođe do formiranja nepravilnih blatnih valova ili prekomjernog utiskivanja materijala.

Metoda se primjenjuje za dubine manje od 15 m, a ekonomična je za dubine do 5 m.

Način preuzimanja izvedenih radova

Prije početka radova na utiskivanju kamenog materijala potrebno je izraditi prethodnu geodetsku snimku. Nakon izvedenih radova na zamjeni tla utiskivanjem kamena potrebno je izraditi završnu geodetsku snimku. Za radove u velikim vodotocima (rijeka) geodetski snimak početnog stanja i stanja nakon izvedenih radova izvodi se Multibeam tehnologijom zbog brzine toka vode. Klasično batimetrijsko sondiranje primjenjivo je kod manjih vodotoka. Uzimajući u obzir mogućnost "zarobljavanja" lošijeg materijala ispod zamijenjenog materijala, nadzorni inženjer može tražiti provedbu dodatnih istražnih radova u vidu istražnih bušenja (ili neke druge metode za koju nadzorni inženjer procijeni da će dati traženu informaciju), u skladu s potpoglavljem '2-10 Dodatni istražni radovi na gradilištu', kako bi se verificirala efikasnost provedenih radova.

Prije početka radova i tijekom radova nadzorni inženjer kontrolira radove o čemu vodi evidenciju. Nakon završetka radova nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova te usklađenost s projektom.

Obračun radova

Obračun se vrši po metru kubičnom (m³) ugrađenog kamenog materijala.

12-02.3 SMANJENJE OPTEREĆENJA

Opis rada

Rad obuhvaća ugradnju laganih nasipa umjesto standardnih zemljanih ili kamenih nasipa. Ugrađuju se klinker, blokovi od ekspaniranog polistirena i slični materijali. Lagani nasipi imaju povećanu stabilnost i manje se sliježu. Uslijed relativno male zapreminske težine ovakvi nasipi uzrokuju mala slijeganja.

Opis izvođenja radova

Prvi sloj blokova postavlja se na sloj pijeska debljine oko 0,5 m. Zatim slijedi slaganje blokova zapreminske težine 0,3-10 kN/m³.

Ekspanirani polistiren treba biti zaštićen od djelovanja hidrokarbonata i motornog ulja s ceste jer pod utjecajem takvih tvari dolazi do ubrzane razgradnje i propadanja materijala.

Visina laganih nasipa određuje se standardnim metodama mehanike tla. Treba imati na umu da se ne dopušta uporaba teških valjaka za zbijanje materijala.

Sve stranice nasipa od lakog materijala moraju se posebno zaštititi.

Blokovi od ekspaniranog polistirena koji se koriste za izgradnju laganih nasipa, mogu se koristiti u zonama prijelaza iz nasipa na mekom tlu i upornjaka mosta na pilotima. Time se smanjuju diferencijalne deformacije i bočni pritisci na pilote.

Obračun radova

Obračun se vrši po metru kubičnom (m³) ugrađenih laganih blokova.

12-02.4 OJAČANJE TLA PREDOPTEREĆENJEM ILI POVEĆANJEM EFEKTIVNIH NAPREZANJA U TLU

Opis rada

Povećanje opterećenja na tlo uzrokuje slijeganje tla. Iznos slijeganja i dužina trajanja dok se ono ostvari ovisi o karakteristikama propusnosti tla, stupnju saturacije i putovima dreniranja.

Tehnologije izvođenja radova:

- a) predopterećenje tla
- b) preopterećenje tla
- c) ugradnja drenova
- d) predopterećenje tla pomoću vakuma
- e) isušivanje tla.

Informacije i geotehnička istraživanja za potrebe ovih metoda s aspekta uspravnih drenaža, materijali i proizvodi, područje obuhvata, izvedbeni aspekti i redosljed radova, zahtjevi za nadzor, praćenje i dokumentiranje izvedbe navedeni su u normi HRN EN 15237 (Uspravne drenaže).

a) Predopterećenje tla

Predopterećenje tla je ciljano opterećivanje tla prije postavljanja konstrukcije (nasip ili objekt). Intenzitet opterećenja može biti manji ili jednak od konačnog opterećenja, ovisno o željenom učinku. Ako je intenzitet opterećenja veći od konačnog opterećenja, radi se o tehnologiji preopterećenja. Primarni cilj predopterećenja je ostvarenje prethodnih slijeganja tla kako bi se postiglo smanjenje ili eliminiranje preostalih slijeganja naknadno izvedene konstrukcije. Vremensko trajanje predopterećenja određuje se geotehničkim projektom i usklađuje se s ocjenom stanja u tlu mjerenjem ostvarenih slijeganja i (ili) razvoja pomnih pritisaka tijekom predopterećivanja tla.

Predopterećenje se često kombinira s ugradnjom drenova, posebice predgotovljenih uspravnih drenova.

Materijal koji se koristi za predopterećenje najčešće je materijal "A", "B" ili "C" kategorije, u nekim slučajevima i voda ili neki drugi materijal zadovoljavajuće zapreminske težine koji se lako transportira.

Inkrementalno opterećenje koristi se tamo gdje je tlo vrlo slabo pa se dodavanjem opterećenja u svakom inkreментu povećava krutost i čvrstoća.

Kontrola slijeganja

Kako bi se moglo pratiti slijeganje temeljnog tla u vremenu potrebno je ugraditi odgovarajuću mjernu opremu (geodetski reperi, deformetri, horizontalno postavljeni inklinometri, točkasti piezometri) i sustavno vršiti mjerenja. Plan i program mjerenja definira se u projektu.

Obračun radova

Rad na predopterećenju obračunava se mjerenjem u kubičnim metrima (m^3) ugrađenog i zbijenog materijala za predopterećenje. Nema troškova osim vremenskog zastoja u radu.

b) Preopterećenje tla

Preopterećenje se koristi za vremenski ubrzano slijeganje tla koje ima izrazito dugo vrijeme primarne konsolidacije. Najčešće se izvodi nasipavanjem. Preopterećenjem se nanosi opterećenje veće od konačnog čime se namjerno uzrokuju slijeganja veća od projektom očekivanih. Preopterećenjem se primarna slijeganja mogu kompenzirati u smislu da se ranije dosegnu slijeganja koja bi se ostvarila pod konačnim opterećenjem. U cilju kontrole 'povrata tla /odskoka' prilikom odstranjivanja preopterećenja, konačno opterećenje (p_f) ne bi smjelo biti manje od 1/3 naprezanja preopterećenja p_s .

Vrijeme kada se preopterećenje odstranjuje s mekanih glina često se uzima kao vrijeme u kojem prosječni stupanj konsolidacije sloja gline iznosi najmanje $p_s/(p_s+p_f)$, najčešće oko 75%.

Preopterećenje se često kombinira s ugradnjom drenova, posebice predgotovljenih vertikalnih drenova.

Materijal koji se koristi za preopterećenje je najčešće materijal "A", "B" ili "C" kategorije, u nekim slučajevima i voda ili neki drugi materijal zadovoljavajuće zapreminske težine koji se lako transportira.

Inkrementalno opterećenje koristi se tamo gdje je tlo vrlo slabo pa se dodavanjem opterećenja u svakom inkreментu povećava krutost i čvrstoća.

Kontrola slijeganja

Kako bi se moglo pratiti slijeganje temeljnog tla u vremenu, potrebno je ugraditi odgovarajuću mjernu opremu (geodetski reperi, deformetri, horizontalno postavljeni inklinometri, točkasti piezometri) i sustavno vršiti mjerenja. Plan i program mjerenja definira se u projektu.

Obračun radova

Rad na preopterećenju obračunava se mjerenjem u kubičnim metrima (m^3) ugrađenog i zbijenog materijala za preopterećenje. Nema troškova osim vremenskog zastoja u radu.

c) Vertikalni predgotovljeni drenovi

Vertikalni drenovi koriste se za ubrzanje konsolidacije stišljivih koherentnih tala zasićenih vodom (gline, prahovi, organska tla) kod kojih prilikom opterećenja nasipom ili temeljem objekta dolazi do dugotrajnih slijeganja temeljnog tla. Ovakvim se sustavom dreniranja omogućava pornoj vodi da teče vodoravno (radijalno) prema najbližem drenu (vodoravni put dreniranja je najkraći put i iznosi do polovice osnog razmaka između pojedinih drenova) te brzu evakuaciju vode iz tla. Dreniranjem se smanjuju porni tlakovi u tlu, a time tlo dolazi u drenirano stanje što pozitivno djeluje na stabilnost.

Vertikalni drenovi su učinkoviti ako je očekivano primarno slijeganje veće od sekundarnog slijeganja. Za organska tla ili organske gline postoji velika vjerojatnost da će sekundarno slijeganje biti veće od primarnog slijeganja. U tom slučaju vertikalni drenovi nisu učinkoviti.

Na tržištu postoje razni tipovi predgotovljenih (proizvedenih) drenova sličnih karakteristika i funkcije. Opisat će se vertikalni drenovi od polipropilena, tzv. wick-drenovi.

Način ugradnje vertikalnih drenova

Drenovi se ugrađuju u tlo uz pomoć čelične ovojnice za ugradnju. Ova ovojnica (cijev) je malih dimenzija, neznatno većih od samog drena, zbog lakšeg prodiranja u tlo i da bi se što manje poremetilo tlo oko drena.

Postoje dvije vrste strojeva za ugradnju drenova:

- strojevi koji statički uguravaju ovojnicu s drenom u tlo
- strojevi koji uvibriraju cijev s drenom u tlo – ne preporučuje se zbog mogućnosti oštećenja drena prilikom ugradnje.

Drenovi se ugrađuju u trokutnom ili pravokutnom rasporedu na osnovom razmaku danom odgovarajućim projektom. Drenovi se mogu ugrađivati do velikih dubina (i do 65 m) ovisno o sastavu tla i karakteristikama opreme za ugradnju.

Treba izbjegavati naknadni iskop ispod kote s koje se izvode drenovi. Iskustva pokazuju da se ovim postupkom oštećuje i čupa veliki broj drenova (preko 30 %).

Ugradnja drenova statičkim utiskivanjem podrazumijeva sljedeće korake:

- skidanje humusnog pokrova (prema potrebi), tj. prema uputama iz projekta
- izvedba drenažnog sloja $d=30-50$ cm od kamenog materijala i ugradnja uz zbijanje do $M_s > 30$ MPa
- iskolčenje pozicije drena
- montiranje role na koju je namotan dren i uvlačenje drena u zaštitnu ovojnicu
- strojno utiskivanje zaštitne ovojnice s drenom u tlo. Sila utiskivanja ovisi o mehaničkim karakteristikama tla i dubini ugradnje drenova
- izvlačenje zaštitne ovojnice
- rezanje drena i prelazak na ugradnju sljedećeg drena.

Zahtjevi za drenove i kontrola kvalitete proizvoda

Zahtjevi koji se postavljaju na vertikalne drenove su:

- visoka propusnost koja će omogućiti brzu disipaciju poreznog tlaka
- dovoljna fleksibilnost da dozvoli velike vertikalne i horizontalne pomake tla
- kontinuitet duž cijele duljine i dobra hidraulička povezanost s drenažnim tepihom na površini
- postupak instalacije koji neće dovesti do značajnih poremećaja u okolnom tlu
- mogućnost funkcioniranja u traženom periodu
- trajnost i otpornost na promjene stanja napreznja
- filteri se neće začeptiti okolnim sitnozrnim materijalom.

U smislu osiguranja kvalitete trebaju se od strane ovlaštenog tijela provoditi sljedeća, ili ekvivalentna, ispitivanja:

- | | | |
|---|-------|------------------|
| • maksimalna vlačna sila drena (kN) | prema | HRN EN ISO 10319 |
| • otpor dinamičkom utiskivanju drena | prema | HRN EN ISO 13433 |
| • indeks propusnosti filtera drena (v_{H50}) (mm/s) | prema | HRN EN ISO 11058 |
| • djelotvorna veličina otvora drena (O_{90}) (m) | prema | HRN EN ISO 12956 |
| • ravninski kapacitet protoka (l/ms) | prema | HRN EN 12958. |

Predgotovljeni vertikalni drenovi svrstavaju se u sustav potvrđivanja kvalitete 2+. Prilaže se tehnički list s navedenim svojstvima, a osim toga treba dodati i podatke o:

- proizvodu
- proizvođaču/prodavaču
- postupku proizvodnje i sirovinama
- količinu i datum isporuke.

Obračun radova

Rad na ugradnji vertikalnih drenova obračunava se u dužnim metrima (m') stvarno ugrađenih drenova.

d) Horizontalni predgotovljeni drenovi

Nestabilne padine često se stabiliziraju ugradnjom horizontalnih drenova čime se snižava razina podzemne vode. Snižanjem razine podzemne vode smanjuju se i porni pritisci vode u padini te dolazi do povećanja faktora sigurnosti padine na klizanje.

Način ugradnje horizontalnih drenova

Izvedba bušotine na pokosu za ugradnju horizontalnog drena vrši se posebnim strojem sa svrdlom. U bušotinu se postavlja perforirana PVC cijev odabranog promjera (oko 50 mm). Iako im je naziv 'horizontalni' drenovi, oni se postavljaju pod manjim kutom u odnosu na horizontalu (10-15°) da bi voda gravitacijski mogla proći kroz njih. PVC cijevi moraju zadovoljavati zahtjeve prema HRI CEN/TR 1046 ili DIN-1187 normi.

Sama cijev može biti omotana geotekstilom radi sprečavanja ispiranja sitnih čestica.

Raster i duljina horizontalnih drenova mora biti određena projektom.

U nožici pokosa, često se izvodi kanal / jarak koji vodu prikupljenu horizontalnim drenovima, odvodi van zone pokosa.

Obračun radova

Rad na ugradnji horizontalnih drenova obračunava se u dužnim metrima (m') stvarno ugrađenih drenova.

e) Predopterećenje tla pomoću vakuuma

Ovim postupkom koristi se atmosferski tlak na pokrivenoj površini tla kao zamjena za predopterećenje npr. dodatnim nasipom. Usisavanjem ispod zabrtvljene prekrivke stvara se podtlak u tlu, a time se smanjuje tlak pornog fluida (porni tlak) i povećava efektivno naprezanje uz ista ukupna naprezanja.

Postupak je ograničen realnim postignućem podtlaka.

Efektivna se naprezanja u tlu povećavaju pomoću vakuumskih crpki i nepropusne membrane. Imaju isti učinak kao i predopterećenje teretom. Korištenjem atmosferskog tlaka ukupna naprezanja u tlu ostaju nepromijenjena, a efektivna se povećavaju pa dolazi do vertikalnog dreniranja tla, tj. do područja manjeg tlaka. Sve ostalo vrijedi kao i za tehnologiju predopterećenja.

Često se kombinira s vertikalnim drenovima.

Način ugradnje i rada

Nepropusna se membrana postavlja na pješćani ili šljunčani filter debljine 15-50 cm i zabrtvi na rubovima, uz mogućnost dodatnog izvođenja obodne brtvljene vertikalne zavjese. Ispod i iznad membrane se dodatno postavlja netkani geotekstil kao zaštita membrane. Zatim se pomoću vakuumske crpke isisava zrak iz filtra i podzemna voda iz tla. Gornja granica tlaka koji se koristi je 60-80 kPa (ekvivalentno nasipu od rahlog pijeska visine 4 – 5 m).

Za efikasnije postizanje podtlaka u temeljnom tlu često se koriste i vertikalni uski kanali.

Oprema koja se koristi:

- vakuumska crpka
- nepropusna membrana
- brtva na rubovima.

Obračun radova

Rad na predopterećenju tla pomoću vakuma obračunava se u kvadratnim metrima (m²) tretirane površine. U rad je uključena nabava, doprema i ugradnja nepropusne membrane s brtvama na

rubovima, filtarskog sloja, zaštitnih netkanih geotekstila, kao i nabava, doprema i rad vakuumske crpke u vremenu dok se ne zadovolje projektni kriteriji.

Ako se u radovima dodatno koriste vertikalni drenovi, rad na ugradnji vertikalnih drenova obračunava se u dužnim metrima (m') stvarno ugrađenih drenova.

Kontrola slijeganja

Jedina moguća kontrola je provjera je li cijela površina pod vakuumom i utječe li na tlo do potrebne dubine. Probna polja neophodna su da se uspostavi kvalitetna nepropusnost prekrivke i da se osigura efikasnost vakuumskih crpki.

Kako bi se moglo pratiti slijeganje temeljnog tla u vremenu, potrebno je ugraditi odgovarajuću mjernu opremu (geodetski reperi, deformetri, horizontalno postavljeni inklinometri) i sustavno vršiti mjerenja. Plan i program mjerenja definira se u projektu.

f) Isušivanje tla grijanjem

Isušivanje tla podrazumijeva uklanjanje vode iz tla. Grijanjem tla ono se isušuje, čestice tla se zbijaju čime se povećava krutost tretiranog tla.

Grijanjem fino granuliranog tla iznad 100°C privremeno se uzrokuje sušenje i povećanje čvrstoće. Grijanjem od 600°C do 1000°C ova metoda daje trajne rezultate povećanja krutosti i smanjenja kapaciteta bujanja i stišljivosti.

Grijanje tla na temperature koje uzrokuju promjenu karakteristika tla postiže se infiltracijom kompresiranog, grijanog zraka. Proces grijanja tla odvija se pomoću zacijevljene bušotine promjera 100-200 mm uz konstantu kontrolu temperature grijanja i kemikalija koje se dodaju da bi se povećala efikasnost postupka.

Gorivo koje se koristi može biti kruto, plinovito ili tekuće. Sagorijeva na ulazu u bušotinu i, s obzirom da nema drugi izlaz, infiltrira se u pore tla. Temperatura plinova može se kontrolirati mijenjanjem količine zraka koji se upušta u bušotinu.

Okvirno, postupak ojačanja tla grijanjem traje od 8 do 10 dana za zonu promjera od 2 do 3 m i dubine od 8 do 10 m.

I do 30 bušotina može se simultano koristiti, a dubina ojačanja može iznositi i do 20 m.

Osim grijanja uz pomoć goriva, moguće je koristiti i električne grijače gdje se može razviti temperatura od 500 do 1200°C. Električni grijači mogu se koristiti površinski ili se mogu spustiti u bušotine.

Osim navedene metode, u praksi se često koriste metode sniženja razine podzemne vode kako bi se radovi efikasno izveli u suhom. Samim sniženjem razine podzemne vode, povećavaju se efektivna naprezanja u tlu. Tehnologije kao što su iglofilteri, bunari ili elektroosmoza opisani su u potpoglavlju '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode' ovih OTU-a.

Obračun radova

Obračun se vrši po dužnom metru (m') izvedenih bušotina. U cijenu je uključena nabava, doprema i ugradnja materijala za izvedbu bušotine kao i grijanje tla u vremenu dok se ne zadovolje projektni kriteriji.

12-02.5 POBOLJŠANJE (OJAČANJE) TLA VIBRACIJSKIM TEHNIKAMA

Općenito

Zbijanje tla načelno se obavlja kao površinsko zbijanje (valjanje, brzo udarno zbijanje, dinamičko zbijanje) ili dubinsko zbijanje (vibrozbijanje, šljunčani piloti).

Vibriranje se koristi za zbijanje temeljnog tla i nasipa. Nije primjenjivo u stijenama. Tehnike dubinskog poboljšanja (ojačanja) tla vibracijom:

- vibro-zbijanje (eng. vibro-compaction)
- šljunčani piloti - stupovi (eng. vibro stone columns).

Informacije i geotehnička istraživanja za potrebe ovih metoda poboljšanja tla, materijali i proizvodi, područje obuhvata, izvedbeni aspekti i redoslijed radova, zahtjevi za nadzor, praćenje i dokumentiranje izvedbe navedeni su u normi HRN EN 14731 (Poboljšanje tla dubinskim vibriranjem).

12-02.5.1 Vibro-zbijanje

Općenito

Vibro-zbijanje je tehnika kojom se povećava gustoća tla uporabom teškog, dubinskog vibracijskog uređaja koji se utiskuje u tlo uz pomoć komprimiranog zraka ili mlaza vode. Ova tehnika je pogodna za rahle pijeske, šljunke i donekle prahovite pijeske.

Postupak se često primjenjuje za smanjenje rizika likvefakcije u pijescima. Uobičajene dubine zahvata su do 30 m. Postupak nije efikasan u tlima koja sadrže finije čestice, prahovitu i glinovitu komponentu više od 20%. Razmak vibrobušotina može se odrediti prema empirijskim grafikonima.

Opis izvođenja radova

Vibriranje se izvodi teškom vibrirajućom sondom ili vibratorom. Vibracijski uređaj unosi u tlo pretežno horizontalne vibracije koje savladavaju trenje među česticama tla te omogućuju njegovu pokretljivost i premještanje u stabilniji položaj. Uređaj se sastoji od vibracijske jedinice, nastavaka i glave za dizanje. Izvor vibracija je ekscentrični uteg. Frekvencije vibriranja su 30 Hz - 50 Hz i daju amplitude 5-10 mm. Prodiranju uređaja u tlo potpomaže uporaba komprimiranog zraka ili mlaza vode. Zbijanje tla se postiže tijekom podizanja vibracijskog uređaja u koracima po 30 cm uz potrebno vremensko zadržavanje. Oscilacijama vibratora, potpomognute tlakom vode, svladavaju se efektivna naprezanja između čestica tla čime se temeljno tlo dovodi u stanje veće relativne gustoće.

Ključ uspješnog zbijanja slobodno je dreniranje sloja gdje je potrebna vodopropusnost 10^{-5} m/s ili veća.

Također, učinak zbijanja ovisi i o udjelu sitnih frakcija. Što je veći udio sitnih frakcija, učinak vibracija na zbijanje tla je manji zbog slabijeg prijenosa posmičnih sila između čestica.

Potreban razmak vibrobušotina je 1,8-3,0 m u trokutastom ili kvadratnom rasporedu.

Posebnim tehničkim uvjetima i specifikacijama za izvedbu radova određuju se kriteriji i zahtjevi kvalitete te kontrole izvedbe.

Alternativno, može se koristiti i tehnologija vibro-sonde, kao varijante vibracijskog zbijanja, gdje se nekoherentno tlo zbija sondom kod koje je vibracijska jedinica iznad površine terena. U upotrebi je nekoliko sonda različitih oblika, od kojih su najpoznatije:

- a) Terraprobe
Ova sonda sastoji se od kućišta u obliku cijevi, promjera 760 mm i debljine stijenke 10 mm, koje je otvoreno na jednom kraju. Sonda je učvršćena hidrauličnom sponom za vibracijsku jedinicu da omogući najefikasniji prijenos vibracijske energije. Kućište se sastoji od više dijelova koji mogu biti zajedno spojeni do ukupne duljine od 17 m. Sondama se tretira tlo najčešće u kvadratnom rasteru 1 – 2,5 m.
- b) Y-sonda
Ova sonda sastoji se od kućišta u obliku slova 'Y' duljine kraka oko 500 mm. Vrste tla koje se mogu tretirati ovom sondom iste su kao i za vibracijsko zbijanje; generalno su to sitni, saturirani pijesci. Također, ovu sondu nije preporučljivo koristiti u tlima gdje udjel finih čestica premašuje 12 %. Mogu se tretirati tla do maksimalno 10 m dubine.
- c) vibro-krilo
Sastoji se od 15 m dugačke čelične šipke, na kojoj se nalaze 0,8 m dugačka krila koja su međusobno razmaknuta od 0,5 m. Sondama se tlo tretira na trokutnom rasteru od 2,5 m. Kao i za Y-sondu vrijedi da ovu sondu nije preporučljivo koristiti u tlima gdje postoji veći udjel finih čestica.

Obračun radova

Obračun radova vrši se prema površini poboljšanog tla (m^2).

12-02.5.2 Šljunčani stupovi

Općenito

Izvedba šljunčanih stupova (dubinsko vibracijsko punjenje) predstavlja metodu poboljšanja mehaničkih karakteristika temeljnog tla i poboljšanje uvjeta dreniranja. Iako su oprema i postupak vrlo slični kao kod tehnike vibracijskog zbijanja nekoherentnih tala, osnovni principi poboljšanja bitno se razlikuju.

Ugradnjom kamenog materijala (šljunka ili drobljenog kamena) poboljšavaju se mehanička svojstva temeljnog tla (ukupni parametri čvrstoće i prosječni modul stišljivosti tla).

Šljunčani stupovi ujedno djeluju i kao vertikalni drenovi u tlu omogućavajući pornoj vodi da teče vodoravno (radijalno) prema najbližem drenu/šljunčanom pilotu (vodoravni put dreniranja je najkraći put i iznosi do polovice osnog razmaka između pojedinih drenova) te brzu evakuaciju vode iz tla. Dreniranjem se smanjuju porni tlakovi u tlu, a time tlo dolazi u drenirano stanje što pozitivno djeluje na stabilnost.

Šljunčani stupovi imaju ulogu poboljšanja mehaničkih svojstava tla (povećanje nosivosti i smanjenje slijeganja) jer se određeni volumen tla zamjenjuje kamenim materijalom (šljunkom ili drobljenim kamenom) boljih mehaničkih karakteristika. Uloga šljunčanih stupova je i ubrzanje konsolidacije koherentnog tla do razine gdje su naknadna slijeganja u prihvatljivom iznosu, tj. nemaju negativan utjecaj na nasip ili konstrukciju (vrijeme konsolidacije može se smanjiti od nekoliko godina ili desetaka godina na nekoliko mjeseci, ovisno o karakteristikama propusnosti tla i rasporeda drenova), tj. djeluju kao vertikalni drenovi. Ovi stupovi se izvode uz razmicanje tla (bez prethodnog bušenja) što ima dodatni efekt povećanja horizontalnih naprezanja u tlu.

Poseban tip su šljunčani stupovi u membrani od tkanog geotekstila (eng. GEC - geotextile encased-columns). Geotekstil sprječava „rasipanje“ šljunka u slabonosivo tlo, tj. osigurava bočno pridržanje. Također omogućava gušće zbijanje šljunka, tj. povećanje prosječnog modula zbijenosti tla. Osim toga sprječava ulazak sitnih čestica u šljunak, a time i smanjenje vodopropusnosti te sprječava smanjenje prosječne čvrstoće šljunka (koje bi se dogodilo da se sitne čestice natalože između zrna šljunka).

Šljunčani stupovi koriste se kada je potrebno:

- smanjiti slijeganje temeljnog tla ispod temelja objekta ili nasipa
- poboljšati mehaničke karakteristike (parametre čvrstoće i stišljivosti) temeljnog tla
- ubrzati slijeganja tla ispod nasipa ili temelja objekta
- smanjiti rizik od pojave likvefakcije uslijed seizmičkih djelovanja
- stabilizirati potencijalno nestabilne pokose.

Uspješnost poboljšanja tla šljunčanim stupovima ovisi o:

- geotehničkim uvjetima u tlu
- relativnoj gustoći tla
- stupnju saturacije tla (zasićenosti pora vodom)
- vodopropusnosti tla.

Tablica 12-02.5.2-1 Ovisnost stupnja uspješnosti poboljšanja o vrsti tla

Vrsta tla	Efikasnost zahvata
pijesci	odlična
prašinski pijesci	odlična
prahovi	dobra
gline	nezatna do dobra
jalovina iz kamenoloma	odlična – ovisno o granulaciji

Opis izvođenja radova

Šljunčani stupovi ugrađuju se metodom dubinskog vibracijskog punjenja (eng. deep vibro replacement) pri čemu se utiskivanjem kamenog materijala u mekše tlo stvaraju novi nosivi i vrlo propusni volumeni u obliku stupa, tj. bočno istisnuti volumen koherentnog tla loših mehaničkih karakteristika nadomještava se zbijenim kamenim materijalom.

Pod kamenitim materijalima razumijevaju se materijali dobiveni miniranjem, kamene drobine i šljunci, tj. materijali koji praktički nisu osjetljivi na prisutnost vode (materijali iskopne kategorije "A" i dio materijala iskopne kategorije "C").

Granulacija materijala treba biti 4-64 mm.

Ugrađuju se u trokutnom ili pravokutnom rasporedu na osnovu razmaku danom u odgovarajućem projektu. Raster stupova može biti trokutasti ili četverokutni, s rasponom 1 - 2 m za pojedinačna opterećenja ili 2 - 3 m za rasprostranjeno opterećenje.

Dubina ugradnje je uvjetovana sastavom i karakteristikama tla i karakteristikama mehanizacije i iznosi do 30 m.

Standardno se izrađuju stupovi promjera 60-80 cm.

Redoslijed izvedbe:

- skidanje humusnog pokrova (prema potrebi)
- izvedba šljunčanog ili kamenog radnog platoa na uređenoj površini terena. Najčešće se na površinu osnovnog terena postavlja geotekstil primjerenih svojstava, a nakon toga sloj kamenog materijala $d=30-50$ cm ugrađen uz zbijanje do $M_s > 30$ MPa (prema potrebi). Ovaj sloj omogućava pristup i kretanje mehanizacije, a ujedno služi kao drenažni sloj.
- s takvog radnog platoa izvodi se strojno utiskivanje vibratora do projektirane dubine. Vibracijska sonda s uređajem za doziranje i prisilnim vođenjem postavlja se iznad obilježene točke. Hidrauličkim putem fiksira se na oslonce. Vibrator istiskuje okolno tlo uz pomoć tlaka vode ili zraka. Sila utiskivanja i parametri vibriranja ovise o mehaničkim karakteristikama tla i dubini ugradnje.
- posebni utovarivač puni spremnik postrojenja kamenim materijalom. Spremnik s materijalom diže se uz konstrukciju stupa i prazni svoj sadržaj u uređaj za doziranje. Nakon zatvaranja uređaja posebnom zaklopkom komprimirani zrak potiskuje materijal prema izlaznom otvoru na šiljku vibratora. Ugradnja šljunka ili drobljenog kamenog materijala izvodi se u slojevima 30-50 cm do očekivane zbijenosti uz vibriranje i izvlačenje kolone.
Postizanje zbijenosti ugrađenog materijala po dubini provjerava se tijekom izvedbe praćenjem odgovarajućih parametara izvedbe i rada stroja npr. potrošnje energije.

Šljunčani stupovi se, prema potrebi, mogu izvoditi i s više kote od projektom predviđene. U ovom slučaju se nakon izvedbe iskop produbljuje do konačne kote.

Kvaliteta provedenog poboljšanja ovisi o karakteristikama tla, upotrijebljenoj opremi i postupku ugradnje.

Dodatni aspekt – alternativni agregat

Kao alternativa šljunku ili drobljenom kamenom materijalu, može se razmotriti i upotreba alternativnih materijala, kao što je primjerice zgura. Zgura je otpadni proizvod nastao pri pročišćavanju metala, njegovom lijevanju i legiranju. Time se postiže dvostruka korist za okoliš – reducira se primjena prirodnih resursa, a istodobno se recikliraju otpadni proizvodi.

Trenutno najčešće upotrebe uključuju korištenje zgure kao željezničkog balastnog materijala, kao agrikulturnog poboljšivača tla, kao agregata u betonu, nasipima i slojevima prometnih konstrukcija, a posebno je bitna primjena kao materijala za izradu cementa, zbog pucolanskih svojstava koje ima.

Za primjenu u šljunčanim stupovima potrebno je prethodno utvrditi fizikalno – mehaničke karakteristike zgure kako bi se ustvrdila njihova pogodnost za ugradnju u šljunčane stupove. Stoga je potrebno provesti sljedeća ispitivanja:

- | | |
|--|---------------------|
| • visokopećna zgura bez dikalcijeva silikata i raspada željeza | |
| • granulometrijski sastav i udio sitnih čestica | prema HRN EN 933-1 |
| • oblik zrna agregata – indeks oblika | prema HRN EN 933-4 |
| • određivanje gustoće i upijanja vode | prema HRN EN 1097-6 |
| • skupljanje uslijed sušenja | prema HRN EN 1367-4 |
| • otpornost na predrobljavanje (kriterij LA50) | prema HRN EN 1097-2 |
| • otpornost na cikluse smrzavanja/odmrzavanja (kriterij MS35) | prema HRN EN 1367-2 |
| • sadržaj kemijskih komponenti | prema HRN EN 1744-1 |

Kao otpadni materijal, postavlja se pitanje utjecaja korištenja zgure na okoliš prilikom primjene u šljunčanim stupovima. Najveća pozornost pridaje se spojevima u izlučivanju zgure što je potrebno provjeriti prema normi HRN EN 1744-3.

Zahtjevi kvalitete

Za potrebe kontinuiranog nadzora tijekom izvedbe svakog stupa projektom se određuje plan nadzora s identifikacijom kritičnih parametara izvedbe i rada stroja u skladu s normom HRN EN 14731.

Kontrola uspješnosti poboljšanja tla provodi se:

- **neposredno:**
 - ispitivanjem probnim opterećenjem (npr. ispitnim nasipom), pločom ili slično u velikom mjerilu, tj. na površini ili zoni koja obuhvaća više šljunčanih stupova i tlo između njih. Kad se provode na primjerenoj površini, u inkrementima i tijekom odgovarajućeg perioda, ova ispitivanja predstavljaju neposredno mjerenje parametara koji određuju ponašanje poboljšane mase tla.
 - ispitivanje pojedinih šljunčanih stupova probnom pločom položenom koncentrično na stup, opterećenom u inkrementima te mjerenjem slijeganja ploče u odnosu na referentnu gredu.
- **posredno:**
 - ispitivanjem mehaničkih karakteristika tla i usporedbom podataka dobivenih prije i nakon zahvata. Potrebno je izvršiti istovjetna ispitivanja na istim lokacijama (u tlu između pilota) kako bi se rezultati mogli usporediti i donijeti zaključak o uspješnosti poboljšanja. Pritom treba izabrati postupke koji su prikladni za pojedine uvjete tla i primjenu postupka poboljšanja jer sama usporedba rezultata in-situ pokusa prije i nakon poboljšanja ne mora pokazati neposredne učinke poboljšanja. Obično su rezultati provjera uspješniji u nekoherentnim tlima dok u glinama praktički ne daju primjerene odgovore o kvaliteti poboljšanja. Također, obično su bolji pokazatelji iz ispitivanja koja mjere horizontalna svojstva tla (presiometar, dilatometar). Načelno se mogu koristiti sljedeće metode ispitivanja tla:
 - presiometarska ispitivanja (PMT)
 - dilatometarska ispitivanja (DMT)
 - standardni penetracijski test u bušotinama (SPT)

- ispitivanje statičkom penetracijom (CPT)
- geofizička ispitivanja s naglaskom na geofizičke seizmičke metode (SASW ili MASW).

Potrebno je izvršiti minimalno jedno ispitivanje na svakih 2000 m². Položaj, broj i duljina profila geofizičkih ispitivanja propisuje se geotehničkim projektom.

- **naknadno:**
 - praćenjem mjerodavnih pomaka tijekom i nakon izvedbe građevina.

Obračun radova

Rad na izvedbi i ugradnji šljunčanih stupova mjeri se i obračunava u metrima dužnim (m') izvedenog i ugrađenog šljunčanog stupa. Plaća se po jediničnoj cijeni iz ugovora, a u jediničnu cijenu ugrađenog šljunčanog stupa ulazi dobava materijala, sav materijal, ugradnja i svi dodatni prijevozi i radovi potrebni za izvedbu i ugradnju šljunčanih stupova prema specifikacijama iz projekta.

12-02.6 POBOLJŠANJE TLA UDARNIM METODAMA

Udarne tehnike poboljšanja (ojačanja) tla koriste se za zbijanje temeljnog tla i nasipa.

Provode se s površine terena ili u dubini. Nisu primjenjive u stijenama.

Tehnike ojačanja tla udarnim postupcima:

- s površine terena:
 - dinamičko zbijanje (eng. dynamic compaction ili heavy tamping)
 - brzo udarno zbijanje (eng. rapid impact compaction)
- u dubini tla
 - zbijanje miniranjem (eng. blasting).

Posebnim tehničkim uvjetima i specifikacijama izvedbe ili specijaliziranih izvođača određuju se postupci izvedbe, kriteriji i zahtjevi kvalitete te kontrole izvedbe.

12-02.6.1 Poboljšanje tla dinamičkim zbijanjem

Općenito

Dinamičko zbijanje je metoda koja se izvodi s površine terena. Dinamičko zbijanje je postupak sustavnog nabijanja površine terena teškim utegom koji pada s određene visine. Rezultat tretmana tla ovom metodom je povećanje krutosti i nosivosti tla.

Uglavnom se koristi za zbijanje pijeska, prašinstog pijeska, hidrauličkih nasipa i prašinstih glina. Također se može uspješno primijeniti za zbijanje različitih vrsta otpadnog materijala i kamenog nabačaja.

Način izvođenja radova

Dinamičko zbijanje može se uspješno primijeniti za ojačanje tla do 15 m dubine i uglavnom je ekonomično na područjima većima od 5000 m².

Obično se koriste utezi od 5 - 20 tona koji padaju s visine od 20 m.

Utezi su obično od masivnog betona ili zavarene čelične ploče, kvadratnog tlocrta, dimenzije 2 m. Prije tretmana, na površinu terena, potrebno je položiti sloj kamenog materijala debljine 0,3-1,0 m. Teren se obrađuje u kvadratnom rasteru 5 – 10 m.

Uglavnom se primjenjuje 5 do 10 udaraca na jednom mjestu.

Ovisno o vrsti tla, ukupno slijeganje varira od 0,5 - 2,0 m.

Obračun radova

Obračun radova se vrši prema površini poboljšanog tla (m²).

12-02.6.2 Poboljšanje tla brzim udarnim zbijanjem

Općenito

Brzo udarno zbijanje je metoda koja se izvodi s površine terena. Brzo udarno zbijanje je postupak primjene energije na tlo preko nakovnja u stopi stroja, uzrokovano visokofrekventnim hidrauličkim čekićem. Rezultat obrade tla ovom metodom je povećanje krutosti i nosivosti tla.

Uglavnom se koristi za zbijanje pijeska, prašinstog pijeska, hidrauličkih nasipa i prašinstih glina. Također se može uspješno primijeniti za zbijanje različitih vrsta otpadnog materijala i kamenog nabačaja.

Način izvođenja radova

Prednosti metode su velika pokretljivost (gusjeničar), mogućnost rada blizu postojećih građevina i mali rizik od letećih krhotina jer je stopa nabijača u stalnom dodiru s tlom.

Uspješno se obrađuju tla do dubine od 3-4 m, a u iznimnim slučajevima i do 10 m.

Princip je isti kao i kod dinamičkog zbijanja, ali se postupak razlikuje u nekoliko aspekata.

Prvo, energija svakog udara čekića je puno manja nego kod dinamičkog zbijanja gdje frekvencija udaraca iznosi 40 - 60 u minuti. Sljedeća razlika je u tome što čekić udara nakovanj ugrađen na stopu za nabijanje za razliku od dinamičkog zbijanja kada masa pada na površinu tla.

Koraci izvedbe su sljedeći:

- polaganje stope i čekića na tlo
- hidrauličko podizanje utega u čekiću
- otpuštanje utega
- zbijanje materijala pod udarcem i prodiranje stope u tlo
- ponavljanje postupka sve dok stopa ne penetrira oko 1 metar
- stopa i čekić se podižu i gusjeničar se prebacuje na sljedeću lokaciju.

Specijalno dizajnirani hidraulični čekić ima masu od 7 tona i visinu pada od oko 1,2 m. Količina utrošene energije za zbijanje iznosi cca. 150-250 t-m/m² i na jednoj tretiranoj točki se može izvesti i do 100 udaraca. Dostupne su dvije vrste stopa za nabijanje: kružna (promjera 1,5 m) i kvadratna (veličine stranice 1,8 m). Tamo gdje je površina tla koje se obrađuje loša, potrebno je položiti sloj kamenog nabačaja.

Postupak se vrlo često izvodi na trokutnom ili četverokutnom rasteru od 2 m. Moguće je obaviti i drugu fazu nabijanja na mjestima između postojećih obrađenih točaka. Postupak se prekida kada udarac uzrokuje slijeganja manja od 5 do 10 mm.

Obračun radova

Obračun radova se vrši prema površini poboljšanog tla (m²).

12-02.6.3 Poboljšanje tla miniranjem

Općenito

Metoda ojačanja tla eksplozivom dinamička je metoda kojom se povećanje gustoće rahlog, nekoherentnog tla postiže upotrebom ukopanog eksploziva.

Detonacija eksploziva, koji je postavljen u tlu na određenom rasteru, uzrokuje likvefakciju te istjerivanje vode u porama na površinu terena i kao posljedicu toga veću gustoću tla (energija koja se oslobađa pri detonaciji stvara snažan porni predtlak i intenzivne vibracije koje razaraju prirodni skelet tla, tj. izazivaju likvefakciju tla).

Miniranjem se dobiva povećanje relativne gustoće 15 – 30 %.

Ojačanje tla miniranjem može se primijeniti na djelomično do potpuno zasićen čisti rahli pijesak i zasićeni prah.

Način izvođenja radova

Uobičajena je sljedeća procedura miniranja kao tehnologije ojačanja:

- instalacija cijevi na projektiranu dubinu
- postavljanje eksploziva
- izvlačenje cijevi iz tla
- zatrpavanje rupe
- detonacija eksploziva.

Uobičajeno je izvesti tri do pet detonacija. Svakim detoniranjem porast slijeganja je sve manji.

Pri ojačanju tla miniranjem predložene su sljedeće preporuke:

- dubina na koju se postavljaju eksplozivna punjenja: uobičajeno $\frac{1}{2}$ do $\frac{3}{4}$ dubine do zadnjeg sloja koji se tretira
- raster na kojem se postavljaju eksplozivna punjenja iznosi 5 – 15 m
- podjela u serije (obično 1-5 serija u jednom nizu; uobičajeno je 2 ili 3 u razmacima od nekoliko sati ili dana)
- korišteni eksploziv: 0,008-0,15 kg/m³.

Ovisno o vrsti tla, ukupno slijeganje varira od 2 % – 10 % debljine sloja.

Za vrijeme miniranja poželjno je koristiti piezometre za praćenje pornog tlaka vode.

Koristi se i u kombinaciji s vertikalnim drenovima.

Obračun radova

Obračun radova vrši se prema površini poboljšanog tla (m²).

12-02.7 POBOLJŠANJE (OJAČANJE) TLA INJEKTIRANJEM

Opis rada

Injektiranje je kontrolirano ubacivanje materijala (obično injekcijske smjese na bazi cementa) pod tlakom u tlo ili stijenu s ciljem poboljšanja mehaničkih i fizikalnih karakteristika.

Koriste se kod:

- smanjenja propusnosti tla i stijene
- osiguranja vododržive barijere u tlu i stijeni
- povećanja krutosti i čvrstoće tla i stijene
- povećanje gustoće tla
- popunjavanja šupljina (kaverni)
- popunjavanja šupljina između građevine i podloge (npr. kontaktno injektiranje).

Tehnike:

- injektiranje tla i stijena
- mlazno injektiranje (eng. jet grouting)
- miješanje na mjestu (eng. mix – in – place).

Informacije i geotehnička istraživanja za potrebe ovih metoda ojačanja tla, materijali i proizvodi, izvedbeni aspekti i redosljed radova, zahtjevi za nadzor, praćenje i dokumentiranje izvedbe navedeni su u normama HRN EN 12715 (Injektiranje) i HRN EN 12716 (Mlazno injektiranje).

12-02.7.1 Injektiranje tla i stijena

Općenito

Procjena mogućnosti injektiranja odnosi se uglavnom na sposobnost pora ili pukotina da budu zasićeni različitim vrstama injekcijskih smjesa. Korelacije za određivanje mogućnosti injektiranja tla se mogu definirati:

$$N = \frac{D_{15,tlo}}{D_{85,smjesa}}$$

gdje su:

$D_{15,tlo}$ promjer zrna tla od kojeg 15% mase uzorka ima zrna manjeg promjera

$D_{85,smjesa}$ promjer zrna cementa injekcijske smjese od kojeg 85% mase uzorka ima zrna manjeg promjera.

Ako je $N > 24$ injektiranje je konzistentno moguće, a ako je $N < 11$ injektiranje nije moguće;

ili

$$N_c = \frac{D_{10,tlo}}{D_{95,smjesa}}$$

gdje su:

$D_{10,tlo}$ promjer zrna tla od kojeg 10% mase uzorka ima zrna manjeg promjera

$D_{95,smjesa}$ promjer zrna cementa injekcijske smjese od kojeg 95% mase uzorka ima zrna manjeg promjera.

Ako je $N_c > 11$ injektiranje je konzistentno moguće, a ako je $N_c < 6$ injektiranje nije moguće.

Za stijene vrijedi:

$$N_R = \frac{\text{širina pukotine}}{D_{95,smjesa}}$$

ako je $N_R > 5$ injektiranje je konzistentno moguće, a ako je $N_R < 2$ injektiranje nije moguće.

Pri tome se razlikuju sljedeće metode:

a) *Injekcijske zavjese*

Injekcijska se zavjesa koristi za osiguranje uspravne vodonepropusne zavjese u dobro propusnim materijalima i u kršu. Mora u cjelini smanjiti propusnost materijala u temeljnog tla. Injektirana zona mora biti dovoljno široka da bi znatno utjecala na promjenu strujne mreže.

b) *Vezno injektiranje*

Veznim se injektiranjem ubrizgava injekcijska smjesa u područje između tla / stijene i betona građevine koja se na nju oslanja. Svrha je uspostavljanje što bolje veze između konstrukcije građevine i tla / stijene kako bi se one što bolje povezale u jednu konstrukcijsku cjelinu. Obuhvaća samo kontakt tla / stijene i betona i zonu tla / stijene do dubine oko 0,5 – 1,0 m.

Za injektiranje se mogu primijeniti guste smjese. Zadovoljavaju smjese omjera od 0,8 (voda) : 1 (cement) do 1 (cement) : 2 (sitni pijesak) i 2% bentonita.

Razmak bušotina je uobičajeno 1,5 – 3,0 m.

c) *Konsolidacijsko injektiranje*

Konsolidacijskim se injektiranjem obuhvaća dublja zona stijene. Injektiranjem se zatvaraju pukotine čvrstom masom i uspostavlja se homogeniji masiv boljih deformacijskih karakteristika.

Dubina zone obuhvaćene konsolidacijskim injektiranjem ovisi o svojstvima stijene, veličini i opterećenju građevine i njezine osjetljivosti na slijeganje. Koriste se injekcijske smjese na bazi cementa, a ako se popunjavaju šire pukotine, može se dodati i dodatak sitnog pijeska, sve uz dodatak bentonita da se suspenzije stabiliziraju.

Masa za konsolidacijsko injektiranje treba imati što veću čvrstoću pri relativno malom tlaku zasićenja. Za to su prikladne cementne suspenzije s dodatcima za povećanje prodiranja u pukotine uz smanjenje količine vode i stezanja nakon stvrdnjavanja. Injektiranje se uobičajeno započinje najrjeđom smjesom, a postupno se injektiraju sve gušće smjese dok se ne postignu tlak i kriterij zasićenja propisan projektom.

Razmak bušotina je uobičajeno 1,5 – 3,0 m.

d) Kompakcijsko injektiranje

Kompakcijsko injektiranje je kontrolirano injektiranje ekspandirajućeg morta, bez uzrokovanja hidro - fraktura, koji pomiče, a time i zbija rahlo tlo. Tlak injektiranja je veći nego kod konsolidacijskog injektiranja.

Kod ove vrste injektiranja koriste se vrlo viskozne injekcijske smjese koje zbijaju okolno tlo.

Injekcijska smjesa najčešće se sastoji od pijeska i cementa te ima tlačnu čvrstoću od cca. 3 MPa, a moguća je i primjena ekspandirajućih smola.

Kako kompakcijsko injektiranje može uzrokovati izdizanje tla, poželjno ga je koristiti na dubinama većim od 1-2 m osim u slučajevima kada postoji dodatno opterećenje na tlo u vidu postojeće konstrukcije.

Kompaktiranje se koristi u nekoherentnim tlima, uglavnom u finim pijescima i sitnijim česticama. Mort se injektira u dnu prethodno izbušene bušotine. Nakon postupka kompakcijskog injektiranja u tlu ostane zona čvrstog, relativno nestišljivog materijala.

e) Hidrofrakturno injektiranje

Hidro-frakturno injektiranje je namjerno izazivanje i širenje novih pukotina u stijeni, injektiranjem smjese pod visokim tlakom (većim nego kod kompakcijskog injektiranja). Novo stvorene pukotine djeluju kao kanali kojim se injekcijska smjesa transportira dalje u stijenu.

Kako injekcijska smjesa ulazi dublje u stijenu, povećava se pritisak, a time i deformacije okolne stijene. Kada se premaši lokalna vlačna čvrstoća stijene, novo stvorene pukotine će se nastaviti širiti dalje, uz uvjet održavanja visokog pritiska i količine injekcijske smjese.

U slučaju postojećih pukotina u nekonsolidiranim sredinama, pritisak koji uzorkuje hidrauličke lomove povezan je s manjim glavnim naprezanjima u tlu prije pojave pukotina, a u većini slučajeva kritično je vertikalno naprezanje. Prema tome hidro-fraktura stvara vlastite kanale za distribuciju injekcijske smjese koji imaju oblik leće ili tankih ploča.

Materijal

Za potrebe injektiranja razvile su se brojne injekcijske smjese od različitih materijala. Općenito injekcijske smjese se mogu podijeliti na:

- mortove i paste
- cementne suspenzije s vodom
- cementno-bentonitne suspenzije s vodom
- koloidne bentonitne suspenzije s vodom
- koloidne mikrofine cementne suspenzije s vodom
- kemijske otopine (uglavnom u vodi)
- kemijske tvari u koloidnim sustavima koji formiraju gelove
- smole

Injekcijska smjesa, koja se najčešće koristi, sastoji se od vode, cementa i raznih punila i dodataka u različitim omjerima miješanja. Količine sirovima koje su utvrđene recepturom iskazuju se u masenim omjerima i kod pripreme se važu.

U načelu injekcijske smjese trebaju imati sljedeće osobine:

- dobru obradivost
- dobru sposobnost tečenja
- malo otpuštanje vode
- malu sposobnost bujanja
- nikakvu ili malu razliku čvrstoće uzoraka na miješalici i na izlazu injektora
- okvirni odnos suha tvar : voda je 1:2 do 1:0,6.

Sastav smjese bitno će ovisiti o materijalima koji se dobavlja tako da na gradilištu treba napraviti pokusnu smjesu kod svake nove isporuke materijala kako bi se potvrdila ispravnost omjera miješanja. Uzorke treba čuvati na gradilištu.

Tipična instalacija za pripremanje injekcijskih smjesa za veće radove sastoji se od silosa za cement i druge praškaste sastojke, spremnika za vodu i ostale tekuće dodatke, automatskih vaga i dozatora te transportnih traka, cijevi i sl. kojima se komponente smjese vode u miješalice.

Tijekom rada treba uzimati kontrolne uzorke na miješalici i na izlazu iz injektora i formirati ih u valjke promjera 100 mm. Treba pratiti postoji li razlika u tlačnoj čvrstoći valjaka na miješalici i na izlazu iz injektora. Značajnije razlike u čvrstoći valjaka ukazuju na gubitak vode u transportu. To znači da injekcijska masa nema dovoljnu sposobnost zadržavanja vode što treba odmah korigirati.

Kontrola materijala provodi se u skladu s odredbama odgovarajućih standarda.

Izveštaj o ispitivanju sastojaka injekcijskih smjesa sastavni je dio završnog izvještaja o radova na injektiranju tla / stijene. Na gradilištu treba kontrolirati:

- odnos suhe tvari prema vodi (uzorci se vade iz miješalice za konačnu smjesu)
- viskozitet prema Marsh-u
- relativnu gustoću
- sedimentacijski volumen.

U centralnom laboratoriju treba provesti ispitivanja fizikalno-mehaničkih karakteristika stvrdnutih injekcijskih smjesa uključujući i vrijeme vezivanja.

Ako se koriste aditivi, oni trebaju imati odgovarajući dokument o sukladnosti, a njihovu funkcionalnost treba provjeriti u kontrolnoj smjesi.

Iz svake pošiljke bentonita treba ispitati jedan uzorak, a kontrolira se:

- indeks plastičnosti
- optimalna aktivizacija
- protočna i strukturna viskoznost osnovne optimalno aktivne suspenzije
- relativna gustoća osnovne suspenzije
- vlažnost.

Utrošci injekcijskih smjesa računaju se u kilogramima suhe tvari. Potrebno je kontrolirati odnos suhe tvari i vode (st/v). Odnos je ispravno odabran ako je konzistencija smjese takva da ju bušotina upravo još prima.

Opis izvođenja radova

Ispitivanje tla se mora provesti prije planiranja programa injektiranja. Ono treba dati podatke o vrstama tla koje se nalaze na lokaciji iz razloga jer svako tlo zahtijeva različite pristupe injektiranju. U tom smislu primarno je poznavati položaje pojedinih slojeva i njihove debljine.

Izvoditelj je dužan na gradilištu instalirati injektore kojima će moći udovoljiti kriterijima predviđenih smjesa, radnih i završnih pritisaka te količina predviđenih za ugradnju.

Strojevi za pripremu smjese za injektiranje moraju omogućiti dobivanje odgovarajućih smjesa i kontinuiranu isporuku prema zahtjevima projekta.

Mjerni uređaji za mjerenje pritisaka (manometri) moraju biti ispravni i baždareni te s podjelom na skali od 0,1 bara.

Sva mehanizacija i oprema kao i sve instalacije kojima će izvoditelj obavljati radove moraju odgovarati zahtjevima zaštite na radu.

a) Oprema za bušenje i injektiranje

Oprema za bušenje i injektiranje sastoji se od:

- bušilice s odgovarajućim priborom za izradu bušotina rotacionom ili udarno- rotacionom tehnikom

- uređaji za pripremanje injekcijskih smjesa – miješalice i injektori
- pumpe
- odgovarajuća brtvila
- cijevi za smjesu, manometri.

Oprema treba biti odabrana tako da omogući rad i s najgušćim smjesama kao i za rad s cementnim mortom. S tim u vezi, najveća dužina voda za injektiranje, od injektora do bušotine, ne smije biti veća od oko 200 m.

Kod miksera bitna je njihova sposobnost davanja velikih posmičnih sila mješavini kako bi se ona uspješno izmiješala.

Izbor pumpe ovisi o:

- osobinama smjese (viskoznost, abrazivnost, ...)
- potrebnoj brzini protoka
- potrebnom tlaku.

Izvođač je dužan na gradilištu instalirati injektore kojima će biti u stanju bez smetnji udovoljavati završnom kriteriju tlaka injektiranja. Mehanizacija i uređaji za pripremanje i ugradnju smjese trebaju biti međusobno usklađeni i pod uvjetima najvećih intenziteta ubrizgavanja smjese putem jednog ili više injektora.

b) Pritisaci injektiranja

Završni pritisci injektiranja definiraju se projektom. Pritisaci se mjere na vrhu bušotine. Pritiske treba povećavati postupno. Izvođač je dužan opremiti liniju injektiranja uređajem kojim se može ograničiti pritisak injektiranja na maksimalnu dopuštenu vrijednost koji sprječava svaku mogućnost pogrešnog manevra. Pritiske treba povećavati postupno.

Pritisak injektiranja uvijek treba biti podešen na utvrđeni pritisak završetka injektiranja. On će biti utoliko niži, ukoliko je protok injektiranja veći.

Pritisak završetka injektiranja smije se dosegnuti tek kad protok injektiranja bude vrlo mali.

c) Prekidi injektiranja

Započeto injektiranje svake pojedine etaže mora se nastaviti do završetka. Prekid započetog injektiranja u etažama dopušta se izuzetno.

Razlozi koji mogu opravdati prekid injektiranja su:

- viša sila u smislu ugovora između izvođača i investitora
- izbijanje smjese na površinu
- utrošci veći od propisanih za dotičnu etažu (4 000 kg/m').

Zahtjevi kvalitete

U injektiranju postoji puno varijacija u tehnici izvođenja materijalima, no općenito kontrola injektiranja uključuje:

- održavanje miksera, pumpe i ostatka opreme
- točnost sustava za kontrolu tlaka
- točno pozicioniranje točaka injektiranja
- korištenje sustava koji dopušta ponovljeno ili dodatno injektiranje.

Osim toga potrebna je kontinuirana kontrola:

- kakvoće komponentnih materijala
- kvalitete smjese za injektiranje i prethodna ispitivanja.

a) Kontrola kvalitete komponentnih materijala

Kontrola kvalitete komponentnih materijala smjese definira se "Projektom kontrole i očuvanja kvalitete", kako je dano u poglavlju '35. Regulativa' ovih OTU-a'.

b) *Kontrola kvalitete smjese za injektiranje*

Kontrola kvalitete smjese za injektiranje definira se "Projektom kontrole i očuvanja kvalitete", kako je dano u poglavlju '35. Regulatora' ovih OTU-a'.

c) *Ispitivanje vodopropusnosti*

Ispitivanje vodopropusnosti, kao mjere uspješnosti radova na injektiranju, provodi se u kontrolnim bušotinama prema metodi Lugeona. Samo ispitivanje definira se "Projektom kontrole i očuvanja kvalitete" kako je dano u poglavlju '35. Regulatora' ovih OTU-a'.

Obračun radova

Radovi na bušenju obračunavaju se po dužnim metrima izvedenih bušotina (m').

Radovi na injektiranju obračunavaju se po kilogramima utrošene suhe tvari za pripremu injekcijskih smjesa (kg).

12-02.7.2 Mlazno injektiranje

Općenito

Kod mlaznog injektiranja posve se razbija struktura tla injektiranjem pod visokim tlakom te se čestice tla miješaju (in-situ) s vezivnim sredstvom pa nastaje homogenizirana masa poboljšanih svojstava. Struktura tla se prvenstveno razbija kod koherentnih i cementiranih materijala dok se kod nekoherentnog tla injekcijska smjesa miješa s rastresitim materijalom, ali i utiskuje u pore tla. Tehnologija se primjenjuje kod raznih vrsta tla s raznim injekcijskim smjesama, iako se normalno koriste vodo-cementne te vodo- cementno-bentonitne smjese. U određenim slučajevima koristi se i vapno (čisto vapno, vapno s cementom i dr.).

Metoda mlaznog injektiranja ima široku primjenu u vodnom gospodarstvu. Neke od najčešćih primjena uključuju poboljšanje temeljnog tla ispod temeljnog sustava novog ili postojećeg objekta, kao i ojačanje tj. podgradnja temelja za potrebe izvedbe dubokog iskopa u blizini postojećih objekata. Pri tome je važno naglasiti da se metoda mlaznog injektiranja ne može poistovjetiti s metodom dubokom temeljenja na pilotima, danim u potpoglavlju '12-01.2. Temeljenje na pilotima' ovih OTU-a jer je način prijenosa opterećenja i samo ponašanje sustava bitno različito. Naime, mlaznim injektiranjem se tvori kompozit poboljšanog tla dok su piloti konstrukcijski elementi koje opterećenja prenose trenjem po plaštu i/ili otporom na stopi.

Osim navedenih primjena, mlazno injektirani stupnjaci mogu se izvoditi kao alternativa mjerama zaštite građevinske jame danim u potpoglavlju '12-04 Radovi na zaštiti građevinskih jama' ovih OTU-a gdje služe i kao mjera zaštite i kao vodonepropusne zavjese koje osiguravaju vodotijesnost sustava zaštite te omogućavaju rad u suhom unutar same jame. Osim toga, mlazno injektirani stupnjaci mogu se izvesti kao vodonepropusni čep u dnu građevinske jame čime se smanjuju dotoci vode u samu jamu, kako je i navedeno u potpoglavlju '12-08.3 Izvedba mlazno injektiranih stupnjaka', potpoglavlja '12-08 Građevine pod pritiskom vode' ovih OTU-a.

Nadalje, mlazno injektirani stupnjaci mogu se koristiti i za osiguranje iskopa tunela prilikom primjene tehnologija izvedbe tunela danih u potpoglavlju '12-06 Radovi na izvedbi tunela i mikrotunela', a mogu se koristiti i kao alternativa čavlanom tlu (danom u potpoglavlju 12-02.9.2 'Čavlanom tlu' ovih OTU-a), kao mjera stabilizacije klizišta.

Danas su u primjeni tri osnovna postupka izvedbe mlaznog injektiranja:

- jednofluidni sustav (injekcijska smjesa)
- dvofluidni sustav (injekcijska smjesa + zrak, odnosno injekcijska smjesa + voda)
- trofluidni sustav (injekcijska smjesa + voda + zrak).

Ovisno o primijenjenoj tehnologiji i karakteristikama tla mogu se postići promjeri stupnjaka od 40 do 300 cm te tlačne čvrstoće od 0,2 do 10 MPa. Osnovna prednost mlaznog injektiranja jest da se ono može koristiti za ojačanje svih vrsta zrnatih tala (šljunak, pijesak, prah, glina) s ekološki prihvatljivim vodo-cementnim injekcijskim materijalima.

Kod jednofluidnog postupka injekcijska smjesa se pod velikim brzinama upumpava u okolno tlo, pri čemu je tlak injektiranja injekcijske smjese u rasponu od 300 – 550 bara. Na taj način nastaju stupnjaci promjera 0,4 - 1,2 m. Postupak se može uspješno primijeniti u šljuncima, pijescima i prahovima dok je u glinama manje efikasan.

Dvofluidnim postupkom istovremeno se upumpava i injekcijska smjesa i zrak koji povećava učinkovitost injektiranja, pri čemu je tlak injektiranja injekcijske smjese u rasponu od 300 – 550 bara, a tlak injektiranja zraka od 7 – 17 bara. Može se primijeniti u svim vrstama tla pri čemu se u zbijenim tlima mogu postići promjeri do 1 m, a u u rahlim do 1,8 m. Ima veću efikasnost u kohezivnim tlima od jednofluidnog postupka.

Kod trofluidnog postupka injekcijska smjesa, zrak i voda istovremeno se pumpaju u tlo pri čemu je tlak injektiranja injekcijske smjese u rasponu od 300 – 550 bara, tlak injektiranja zraka od 7 – 17 bara, a tlak injektiranja vode od 10 – 40 bara. Na ovaj način mogu se postići kvalitetniji stupnjaci većeg promjera (0,9 - 1,8 m). Može se primijeniti u svim vrstama tla. Trofluidno injektiranje je najefikasniji sustav za koherentna tla.

Osim navedenih postupaka moguća je i primjena tzv. "super" postupka injektiranja gdje se, slično kao i kod dvofluidnog postupka, istovremeno pumpaju injekcijska smjesa i zrak pod navedenim tlakovima. Kako se alat rotira vrlo sporo, mogu se postići stupnjaci promjera i većeg od 3 m te se postupak može primijeniti u svim vrstama tla.

Oprema za mlazno injektiranje

Oprema za mlazno injektiranje se sastoji od:

- jednofluidni sustav:
 - silos za cement
 - miješalica
 - visokotlačna pumpa
 - bušilica.
- dvofluidni sustav:
 - silos za cement
 - miješalica
 - visokotlačna pumpa
 - kompresor za zrak
 - bušilica.
- trofluidni sustav:
 - silos za cement
 - miješalica
 - visokotlačna pumpa
 - pumpa za vodu
 - kompresor za zrak
 - bušilica.

Materijali

Injekcijska smjesa koja se koristi, mora imati malu viskoznost kako bi se uspješno mogao provesti postupak injektiranja.

Stoga se koriste smjese visokog vodocementnog faktora (od 0,5 do čak 2).

Dodatno, abrazivni fileri kao što je pijesak trebali bi se izbjegavati.

Dodatni zahtjevi postavljaju se za vrstu injekcijske smjese ovisno o zahtijevanom području primjene. Na primjer, osiguranje vodonepropusnosti upotrebom injektiranja postiže se dodavanjem odgovarajućih suspenzija te prema potrebi i bentonita (do 5%). Na ovaj način može se smanjiti propusnost prvobitnog tla do nekoliko potencija, u ovisnosti o vrsti tla.

Priprema za izvedbu mlaznog injektiranja

U pripremnj fazi za izvedbu mlaznog injektiranja potrebno je uzeti u obzir slijedeće:

- a) uvjeti u tlu:
- raspored slojeva tla (u zoni izvedbe mlaznog injektiranja treba provesti bušenje s kontinuiranim jezgrovanjem)
 - kemizam vode i tla kako bi se odabrala odgovarajuća injekcijska smjesa
 - razina podzemne vode i brzina toka vode kako bi se odabrala odgovarajuća injekcijska smjesa (ako je brzina toka vode veće od 6 cm/s, treba koristiti gušće smjese, odnosno pogodnim aditivima spriječiti ispiranje cementa iz injektiranog volumena tla).

Geotehnički uvjeti koji nisu predviđeni izvještajem o istraživanju temeljnog tla ili projektom, mogu se utvrditi dodatnim istražnim radovima na gradilištu, sukladno potpoglavlju 12-10 ovih OTU-a.

- b) laboratorijska ispitivanja:
- jednoosna čvrstoća tla (osnova za određivanje količine cementa potrebnog za postizanje potrebne, odnosno predviđene čvrstoće injektiranog volumena tla)
 - kalibracijski dijagram za određivanje udjela cementa, tla i vode u injektiranom tlu.
- c) probno polje

Probno polje potrebno je, kako bi se optimizirala kombinacija pritiska injektiranja, brzine podizanja pribora, protoke injekcijske smjese i dr., a u cilju postizanja valjaka injektiranog tla odgovarajućeg promjera i čvrstoće.

Opis izvođenja radova

Sva tri sustava mlaznog injektiranja (1-fluida, 2-fluida, 3-fluida) sastoje se od dvije osnovne radnje, a to su:

- izvedba bušotine do predviđene dubine bez injektiranja (tzv. jalovo bušenje)
- povratna operacija koja uključuje mlazno injektiranje pod tlakom od 300-600 bara.

Bušenje tla vrši se bušaćim šipkama s nosačem mlaznica i bušaćom krunom. U pravilu mlaz injekcijske smjese podupire sam postupak i održava stijenke bušotine oko šipki radi lakšeg povrata suspenzije za bušenje.

Za bušenje kroz zidove i beton (ako se stupnjaci izvode ispod postojeće konstrukcije) koriste se specijalne bušaće krune.

U fazi povratne operacije, provode se radovi rezanja tla, injektiranja i proširenja. Razaranje strukture tla započinje na najdubljem dijelu predviđenog stupnjaka pod kutem od 90° u odnosu na bušaću os, pomoću visoko energetske tekućeg mlaza. Višak smjese, tj. zemljanog morta (voda – tlo - cement) teče uz prstenasti otvor bušotine na površinu.

Unaprijed određeni parametri rada stalno se kontroliraju. Kod svih vrsta postupaka, istovremeno s razaranjem tla, dodaje se cementna suspenzija pod pritiskom koja se u području rada optimalno miješa, uslijed turbulencija stvorenih samim postupkom. Tako izvedena tijela dostižu gustoću od 1400 do 1900 kg/m³ te svojom visokom gustoćom podupiru zapunjeni prostor do vlastitog učvršćenja.

Paneli, valjci i ostali geometrijski oblici oblikuju se promjenom okretanja pribora tijekom njegovog podizanja. Injektirani valjci tla nastaju kad se pribor okreće za 360°, a ostali geometrijski oblici mijenjanjem kuta zakretanja.

Današnji strojevi imaju kompjutersku kontrolu promjene kuta okretanja pribora (ali i trajanja vrtnje na nekom horizontu, inkrementa podizanja pribora i dr.).

Zahtjevi kvalitete

Prilikom izvedbe mlaznog injektiranja uobičajeno se provode sljedeći kontrolni postupci:

- a) bilježenje podataka izvedbe:

Brzina mlaza i količina cementa injektiranog u tlo u funkciji su pritiska pumpanja, protoke injekcijske smjese, gustoće, brzine podizanja (izvlačenja) i okretanja pribora. Ove je podatke

potrebno bilježiti za svaki pojedini injektirani stup kako bi se kasnije po potrebi mogli analizirati uvjeti izvedbe (npr. je li koja mlaznica bila tijekom izvedbe zabrtvljena i dr.).

b) kontrola čvrstoće i krutosti injektiranog volumena tla:

Kod mlaznog injektiranja najčešće se koristi portland - cement. Treba voditi računa da kemizam tla i podzemne vode budu odgovarajući takvoj vrsti cementa kako ne bi bilo negativnih utjecaja na konačnu čvrstoću. Iz svakog valjka trebalo bi uzimati uzorak svježe injektiranog tla. Čvrstoću i krutost treba kontrolirati uzimanjem probnih valjaka (iz središnje i obodne zone injektiranog tijela tla).

c) procjena promjera injektiranih valjaka tla:

Ne postoje izravne metode za kontrolu promjera svakog valjka injektiranog tla. Posredne kontrole dimenzija temelje se na analizi utrošene injekcijske smjese, a u usporedbi s podacima izvedbe probnog polja, ranijih iskustava i sl. Za ovu svrhu najčešće se u sklopu izvedbe probnog polja iskopava izvedeni valjak i mjeri njegov promjer.

d) procjena stupnja poboljšanja temeljnog tla:

Primjenom geofizičkih metoda (primarno seizmičkih SASW i MASW metoda) može se odrediti stupanj poboljšanja temeljnog tla. Ispitivanja se provode na terenu prije radova na injektiranju te nakon radova na injektiranju duž istih profila. Usporedbom krutosti tla pri malim deformacijama, određene na temelju mjerenih brzina posmičnih valova, može se odrediti stupanj poboljšanja tla.

e) osiguranje kontinuiteta zavjese (membrane) izvedene mlaznim injektiranjem:

Kontinuitet podzemne zavjese (membrane) izvedene mlaznim injektiranjem važan je element kvalitete. Četiri parametra bitna su kod sprječavanja pojave „otvora“ (propusnog mjesta) u zavjesi, i to:

- promjer valjka
- osna udaljenost valjaka
- otklon pribora
- broj redova injektiranih valjaka u zavjesi.

Kod koherentnog tla se bolji rezultati postižu ako se horizontalnom ili kosom mlaznicom (zrakom ili vodom) dobro usitni tlo prije injektiranja.

Obračun radova

Obračun radova vrši se prema dužnim metrima izvedenih mlazno-injektiranih stupnjaka odgovarajućeg profila (m').

12-02.8 MIJEŠANJE TLA

Miješanje se provodi radi stabilizacije tla te se može razmatrati kao:

- plitko miješanje tla
- dubinsko miješanje tla.

U tom kontekstu plitkim se miješanjem nazivaju stabilizacijske metode koje se odnose na stabilizaciju temeljnog tla putne mreže u vodnom gospodarstvu (gradilišne, servisne, itd.), dok se dubokim miješanjem nazivaju metode koje služe za stabilizaciju tla oblikovanjem stupova.

12-02.8.1 Plitko miješanje tla

Opis rada

Inženjerska svojstva tala ispod prometnica povećavaju se dodavanjem određenih veziva ili promjenom granulometrijskog sastava i mehaničkim zbijanjem. Ovo poglavlje odnosi se na stabilizaciju dodavanjem veziva.

Rad obuhvaća plitku stabilizaciju tla hidrauličim vezivom (vapno, cement i sl.). Cilj miješanja tla sa stabilizatorima (aditivima) je u povećanju njegove stabilnosti, čvrstoće, naponsko-

deformacijskih svojstava te smanjenju propusnosti. Kvalitetno miješanje stabilizatora s tlom najvažniji je faktor koji utječe na kvalitetu izvedbe. Uobičajena dubina poboljšanja tla je od 15 do 30 cm poboljšanog tla nakon zbijanja.

Tradicionalno primjenjivani materijali za stabilizaciju slabo nosivih tala ispod putne mreže uključuju vapno i cement. Osim njih, danas se sve češće koriste i drugi proizvodi na bazi sintetičkih polimernih emulzija, ulja, bitumena itd. Ovo poglavlje obuhvaća i radove izrade nosivih slojeva kolnika tehnologijom recikliranja po hladnom postupku.

Opis izvođenja radova

a) Stabilizacija vapnom

Kod poboljšanja glinovitih tala vapnom, mijenjaju se plastičnost i čvrstoća tla. Reakcija između vapna i gline odvija se samo ako je prisutna voda pa je stoga ključno da se prilikom miješanja održava vlažnost ako je potrebno dodatnim dodavanjem vode.

Dodavanjem se mijenjaju svojstva tla na sljedeće navedene načine:

- vapno i voda ubrzavaju razgradnju glinenih nakupina tijekom pulverizacije (usitnjavanja). S takvim tlama je zatim puno lakše rukovati.
- vapno apsorbira vlagu iz tla čime se smanjuje vlažnost tla. Maksimalna suha gustoća se smanjuje što omogućava porast optimalne vlažnosti. Stoga, nakon vlažnog miješanja, potrebno je što prije vršiti zbijanje.
- plastičnost glinenih tala mijenja se dodavanjem vapna, granica plastičnosti povećava se, a granica tečenja smanjuje se. Indeks plastičnosti se može smanjiti i do 4 puta.
- svojstva skupljanja i bubrenja se značajno smanjuju. Minimaliziraju se promjene u volumenu tla uzrokovane sezonskim varijacijama vlažnosti.
- jednoosna tlačna čvrstoća tla značajno se povećava i do 40 puta u odnosu na samo tlo
- otpornost na eroziju povećava se radi vezajućeg učinka vapna
- otpornost na smrzavanje prašinstih tala može se povećati, ali druga tla mogu postati i podložnija smrzavanju nakon dodavanja vapna
- tlo stabilizirano vapnom smanjuje prodiranje vode
- vapno se dodaje u količini 3 - 5, iznimno do 10 % mase suhog tla, odnosno oko 10 – 15 kg/m².

Pri tome se miješanje tla s vapnom može provoditi u postrojenjima te se takvo tlo razastire u slojevima i zbija na lokaciji ugradnje. Češći slučaj je da se tlo s vapnom miješa na lokaciji gdje se in-situ materijal ili materijal iz pozajmišta miješa s određenom količinom vapna na terenu i valja valjcima poslije dodavanja vode.

Ugradnja i zbijanje izvode se u jednom sloju u debljini od 15 - 30 cm, a ako je potrebna veća debljina, sloj se izvodi u dvije ili više faza.

Razastiranje se vrši finišeima ili grejderima, a zbijanje se vrši vibropločama odgovarajuće težine, vibrovaljcima i valjcima na gumenim kotačima. Preporuča se ugradnja pri vanjskoj temperaturi višoj od 5°C. Vrijeme od miješanja stabilizacijske mješavine do kraja zbijanja ne bi smjelo biti dulje od 2 sata.

b) Stabilizacija cementom

Priprema i ugradnja cementa s tlom slična je izvođenju stabilizacije vapnom.

Cementom se stabiliziraju i koherentna i nekoherentna tla. Mješavina tla i cementa može se okarakterizirati kao očvrnuti materijal nastao stvrdnjavanjem mehanički zbijene mješavine tla, cementa i vode.

Materijal stabiliziran cementom vrlo malo mijenja svoja svojstva s promjenom vlažnosti i temperature čime predstavlja pouzdanu podlogu za putnu mrežu.

Za hidrataciju cementa nužna je vlaga koju tlo sadrži ili koja se doda prilikom ugradnje. Ključni koraci kod plitke stabilizacije cementom su:

- usitnjavanje tla tako da se može miješati s cementom
- miješanje cementa s tlom
- dodavanje vode, primarno za potrebe zbijanja
- zbijanje.

Cement se dodaje u količini 6 - 12 % mase suhog tla, odnosno oko 22 – 37 kg/m².

Moguća je stabilizacija tla izradom mješavine u postrojenjima u koja se donosi tlo koje se zatim suši, melje i miješa s cementom uz konstantu kontrolu vlažnosti. Takva mješavina zatim se iz postrojenja prenosi na mjesto ugradnje. Ako se miješanje obavlja u posebnim postrojenjima, a ne na samom mjestu ugradnje, sam transport i ugradnja iziskuju značajna financijska sredstva. Međutim, takvim pripremanjem može se postići značajno bolja homogenost.

Pri ugradnji na terenu, što je češći slučaj u praksi, pripremanje tla koje je potrebno stabilizirati sastoji se od prekopavanja tla, da bi se u sljedećem koraku tlo i aditiv miješali te zbijali prema specifikacijama. Ova tehnologija efikasna je iz razloga jer se tlo i aditiv miješaju i zbijaju istovremeno čime se izbjegavaju kašnjenja koja uzrokuju smanjenje čvrstoće mješavine.

Ugradnja i zbijanje izvode se u jednom sloju u debljini 15 - 30 cm, a ako je potrebna veća debljina sloj, se izvodi u dvije ili više faza.

Razastiranje se vrši finišeima ili grejderima, a zbijanje se vrši vibropločama odgovarajuće težine, vibrovaljcima i valjcima na gumenim kotačima. Preporuča se ugradnja pri vanjskoj temperaturi višoj od 5°C. Vrijeme od miješanja stabilizacijske mješavine do kraja zbijanja ne bi smjelo biti dulje od 2 sata.

Prilikom stabilizacije cementom moguća je i primjena ekološki prihvatljivih aditiva (mineralni, ne kemijski aditivi) kao što je, primjerice, NovoCrete aditiv kojim se poboljšavaju fizikalno – mehanička svojstva mješavine. NovoCrete se dodaje cementu s udjelom od 2% i miješa se s materijalom tla na licu mjesta. Dodavanjem vode NovoCrete povećava stvaranje kristalnih struktura tijekom postupka hidratacije cementa.

c) Stabilizacija novim ekološki prihvatljivijim stabilizatorima

Primjena letećeg pepela

U kontekstu stabilizacije tla dodavanjem vapna ili cementa, nemoguće je izbjeći primjenu letećeg pepela, kao brzo-rastuće aktivnosti u posljednjih nekoliko godina. Leteći pepeo (eng. fly ash) je nusprodukt, tj. sekundarni proizvod nastao izgaranjem ugljena u termoelektranama. Primjena mu je u metodama koje koriste kemijsku stabilizaciju tla korištenjem mješavina tla i smjese čiji je leteći pepeo sastavni dio.

Pucolanski pepeli s kalcijevim hidroksidom izazivaju reakciju iz koje proizlaze cementni produkti. Leteći pepeo može poslužiti kao djelomična, negdje i potpuna (iako rijetko), zamjena za cement i vapno. U tom slučaju postiže se ušteda financijskih resursa, ali i značajan povoljan ekološki utjecaj što rezultira smanjenjem zagađenja tla i zraka.

Učinkovita stabilizacijska smjesa može se pripremiti s 10 – 35 % ledećeg pepela i 2 – 10 % vapna ili cementa. Tlo s vapnom i pepelom ugrađuje se i zbjija u slojevima s optimalnim sadržajem vlage.

Primjena proizvoda na bazi sintetičkih polimera

Ovi proizvodi dostupni su većinom u obliku emulzija ili u praškastom obliku. Polimerna emulzija uobičajeno sadrži 40-50 % polimera te 1-2 % emulgatora rastopljenih u vodi. Ako su u praškastom obliku, polimeri su pomiješani s nekim drugim materijalima, kao primjerice vapnom ili letećim pepelom.

d) Stabilizacija nosivih slojeva kolnika tehnologijom recikliranja po hladnom postupku

Hladno recikliranje kolnika podrazumijeva postupak ponovne upotrebe oštećenih slojeva kolničke konstrukcije za izradu novih slojeva. Sam postupak značajno je brži od klasičnog načina zamjene kolničke konstrukcije, a utjecaj na okoliš je iznimno povoljan te ga se preporuča koristiti u

uvjetima kada se želi postići ekološki prihvatljivo rješenje. Samo recikliranje prikladno je u većini slučajeva obnove kolnika od:

- asfaltnih slojeva
- mehanički zbijenih nevezanih slojeva
- stabiliziranih slojeva i
- slojeva s različitim tipovima površinskih obrada.

Hladno reciklirane mješavine mogu se efikasno ugraditi u slojeve debljine od 10 do 30 cm.

Sama mješavina može se proizvoditi na samoj lokaciji, tzv. in-situ postupak, ili u postrojenjima smještenim ili na gradilištu ili u njegovoj blizini.

Pri tome se u procesu proizvodnje mješavina i sloj ne zagrijavaju.

Osnovne faze rada obuhvaćaju:

- glodanje i usitnjavanje postojećeg kolnika:
Provodi se do projektom definirane dubine, te glodanjem osim asfaltnih slojeva mogu biti uključeni i ostali dijelovi kolničke konstrukcije (mehanički zbijeni slojevi, stabilizirani slojevi itd.). Nakon glodanja slijedi drobljenje materijala upotrebom prikladne drobilice, sve u cilju poboljšanja granulometrijskog sastava. Po potrebi se mogu dodati kamene mješavine u cilju poboljšanja granulometrijskog sastava hladno reciklirane mješavine.
- dodavanje veziva (i aditiva) i vode:
Kako bi se poboljšale fizikalno-mehaničke karakteristike mješavine, dodavaju se hidraulička veziva, a radi postizanja optimalne vlažnosti i propisanog stupnja zbijenosti mješavini se dodaje i voda.
- homogeniziranje i profiliranje:
Homogenizacija mješavine se kod izrade mješavine u postrojenju postiže upotrebom mješalice, a prilikom izrade na samoj lokaciji homogenizacija se postiže u bubnju reciklera. Samo profiliranje provodi se upotrebom grejdera.
- razastiranje i zbijanje:
Prilikom razastiranja mješavine koja se izvodi na samoj lokaciji koristi se recikler opremljen sustavom za razastiranje, dok se mješavina iz postrojenja razastire upotrebom razastirača – finišera. Zbijanje se vrši primjenom prikladnih valjaka.

Kao vezivo, u ovom postupku se, uz klasično korišteni cement, može koristiti upjenjeni bitumen ili bitumenska emulzija. Upjenjeni bitumen nastaje zagrijavanjem bitumena na 160°C nakon čega mu se dodaje hladna voda pod pritiskom. Omjer vode i bitumena je da na 1 litru vrućeg bitumena, ide 2 – 4 % hladne vode. Upjenjeni bitumen karakteriziraju dva svojstva: koeficijent ekspanzije (kao odnos između maksimalnog volumena postignutog pri postupku upjenjavanja i volumena veziva kada se struktura pjene potpuno raspadne) i vrijeme poluraspada (kao vrijeme od trenutka kada pjena ima svoj maksimalni volumen do trenutka kada se pjena raspadne na polovicu te vrijednosti).

Detaljni tehnički uvjeti izvedbe tehnologijom recikliranja po hladnom postupku, primjenom cementa, bitumenskih emulzija ili upjenjenog bitumena, trebaju u svemu biti prema dokumentu: 'Tehnički uvjeti za izradu nosivih slojeva kolnika tehnologijom recikliranja po hladnom postupku', Hrvatske Ceste d.o.o., 2013.

Kontrola kvalitete

Kod stabiliziranja tla cementom, vapnom ili nekim drugim vezivom treba se kontrolirati sljedeće:

udio veziva	nema norme, računski iz količine utrošenog veziva
optimalna vlažnost mješavine	prema HRN EN 13286-2 ili HRN EN 13286-4
vlažnost	prema HRN EN 1097-5
gustoća suhog uzorka	prema HRN EN 13286-2 ili HRN EN 13286-4
tlačna čvrstoća nakon 7 i 28 dana	prema HRN EN 13286-41

indirektna vlačna čvrstoća nakon 7 dana prema HRN EN 13286-42

otpornost na vodu i smrzavanje nakon 28 dana prema HRN EN 13286-41

Kontrola kvalitete prilikom izvedbe tehnologijom recikliranja po hladnom postupku, primjenom cementa, bitumenskih emulzija ili upjenjenog bitumena, treba u svemu biti prema dokumentu: 'Tehnički uvjeti za izradu nosivih slojeva kolnika tehnologijom recikliranja po hladnom postupku', Hrvatske Ceste d.o.o., 2013.

Obračun radova

Obračun radova stabilizacije temeljnog tla vrši se prema metrima kvadratnim stabiliziranog sloja (m²).

Obračun radova stabilizacije tehnologijom recikliranja po hladnom postupku vrši se prema metrima kvadratnim stabiliziranog / recikliranog sloja (m²).

12-02.8.2 Dubinsko miješanje tla

Opis rada

Rad obuhvaća dubinsko miješanje tla cementnim ili vapnenim mortom (tzv. deep soil mixing).

Cilj miješanja tla sa stabilizatorima (aditivima) je u povećanju njegove stabilnosti, čvrstoće, naponsko-deformacijskih svojstava te smanjenju propusnosti. Kvalitetno miješanje stabilizatora s tlom najvažniji je faktor koji utječe na kvalitetu izvedbe.

Informacije i geotehnička istraživanja za potrebe ovih metoda ojačanja tla, materijali i proizvodi, izvedbeni aspekti i redoslijed radova, zahtjevi za nadzor, praćenje i dokumentiranje izvedbe navedeni su u normi HRN EN 14679 (Dubinsko miješanje).

Opis izvođenja radova

a) Vapnenački stupovi

Izvedba vapnenačkih stupova dubinskim miješanjem naziva se i "švedskom metodom".

Meka, glinena tla mogu se ojačavati miješanjem s vapnom, nakon čega se čvrstoća, nakon 1 godine, poveća od 10 do 50 puta. Tako stvoreni stupovi mogu se opteretiti silama 50-100 kN.

Vapnenački stupovi projektiraju se na način da se oni ne ponašaju kao 'slabi piloti', nego tvore kompozit s okolnim tlom.

Stupovi su promjera oko 0,5 m i duljine do 15 m.

Danas se metoda većinom koristi za povećanje stabilnosti i smanjenje slijeganja nasipa ili za povećanje stabilnosti tla prilikom iskopa rovova za radove na kanalizacijskim ili vodovodnim sustavima.

Očvršćavajući učinak mješavine s vapnom ovisi o sadržaju vlage u tlu, o sadržaju organskih tvari te o temperaturi tla.

Redoslijed radova je dan u nastavku.

Šupljim spiralnim svrdlom s posebnom lopaticom na vrhu buši se u tlo do zahtijevane dubine.

Nakon toga, smjer vrtnje se promijeni tako da se tlo ne izvadi tijekom povrata svrdla prema površini. Svrdlo se izvlači sporo (oko 25 mm po okretu) da bi se osiguralo kvalitetno miješanje vapna i tla.

Tijekom izvlačenja, vapno se upušta u tlo kroz otvor koji se nalazi iznad lopatice i miješa se s tlom.

Da bi se spriječilo začepljenje otvora, koristi se čisto vapno s najvećom veličinom čestice ne većom od 0,2 mm.

Brzina izvođenja je do 1 m/min, što u idealnim uvjetima može podrazumijevati i do 50 stupova/dan.

Predbušenje je potrebno ako su gornji slojevi stjenoviti ili ako je tlo pretvrdo radi isušivanja.

Vapnenački stupovi pogodni su za tla koja sadržavaju najmanje 20% gline ili više od 35% praha i gline. Indeks plastičnosti mora biti veći od 50%.

Vrlo su djelotvorni kada je temperatura okolnog tla visoka jer stupovi tada brže očvrstnu. Alkalna tla (visoki pH) također povoljno djeluju na vapnenačke stupove.

b) *Cementni stupovi*

Izvedba cementnih stupova dubinskim miješanjem naziva se i "japanskom metodom". Metoda je razvijena za potrebe poboljšanja tla ispod mora, a za radove na kopnu, metoda je u principu ista kao i "švedska metoda" pa vrijedi isti princip izvedbe.

Japanskom metodom cement se miješa s glinom ili pijeskom u cilju stvaranja stupova ojačanog tla.

Koristi se za stabilizaciju mekih, morskih naslaga, gline i pijeska. U cilju ubrzanja postupka mogu se koristiti istovremeno do 8 izvođačkih garnitura.

Da bi se oblikovali prostori cementnih blokova, potrebno je preklapanje stupova od 250 mm.

Očvršćavajući aditivi također se koriste jer povećavaju očvršćivanje mješavine tlo - cement.

Dubina stupova može biti i do 30 m.

Brzina prodiranja iznosi 1-2 m/min, a brzina izvlačenja 0,5-1,5 m/min.

Obračun radova

Obračun radova vrši se prema dužnim metrima izvedenih stupnjaka dubinskim miješanjem (m').

12-02.9 OJAČANJE TLA UMETANJEM VLAČNIH ELEMENATA

Općenito

"Armiranje" tla (eng. soil reinforcement) čine postupci kojima se u sraslo tlo ili zemljani nasip (nasipni materijal) ulažu dodatni elementi (proizvodi) koji u interakciji s okolnim tlom ili nasipom stvaraju potpornu ili temeljnu konstrukciju od ojačanog zemljanog materijala.

Najčešće primjenjivane tehnike su:

- "armirano tlo" (ojačani nasip)
- čavljano tlo
- mikropiloti.

Informacije i geotehnička istraživanja za potrebe ovih metoda ojačanja tla, materijali i proizvodi, područje obuhvata, izvedbeni aspekti i redoslijed radova, zahtjevi za nadzor, praćenje i dokumentiranje izvedbe navedeni su u normama HRN EN 14475 (Ojačani nasip), HRN EN 14490 (Čavljano tlo) i HRN EN 14199 (Mikropiloti)

12-02.9.1 "Armirano tlo" (ojačani nasip)

Općenito

Armirano tlo je kompozitna konstrukcija od nasipa ugrađenog i zbijenog u slojevima, prema poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a, i vlačnih nosivih elemenata - "armature" (metalne trake ili mreže, geomreže, geosintetici, ili sl.) koji se ugrađuju između slojeva nasipa.

Nosivost i stabilnost armiranog tla ovisi o interakciji između slojeva tla i nosivih vlačnih elemenata. Pokosi nasipa mogu se izvoditi pod blažim nagibom (1:2 -1:1) i vrlo strmim nagibom (2:1 – vertikalno) uz obložne elemente (gabioni, betonski paneli i sl.).

Armirati se mogu i hidrotehnički nasipi, sve u skladu sa smjericama danim u poglavlju '3. Polaganje geosintetika' ovih OTU-a, naročito u uvjetima kada je nužno ustrmljenje nagiba pokosa nasipa (strmije od uobičajenih 1:3).

Koristi se za izradu zidova, nasipa sa strmim pokosima, nasipa na slabo nosivom tlu, kod prometnica bez zastora.

Svi se sustavi ugrađuju prema uputama proizvođača i uputama iz projekta.

Način djelovanja

Interakcijom tla i "armature" posmično naprezanje u tlu trenjem stvara vlačnu silu u "armaturi" koja povratno u tlu izaziva horizontalna naprezanja čime se povećava čvrstoća i krutost tla te smanjuju deformacije u tlu.

Primjena

Armirano tlo je kombinacija odgovarajućeg gradiva nasipa s nekoliko slojeva vlačnih elemenata koji su položeni na zbijeni nasip. Ova se tehnika primjenjuje za: vertikalne zidove i upornjake, strme pokose i nasipe, nasipe na mekanim tlima, sanaciju klizišta.

Vlačni elementi mogu biti metalne trake, geotekstil, različiti tipovi geomreža. Kod strmih pokosa ili armiranih nasipa koji na prednjoj, zračnoj strani završavaju vertikalnim ili jako strmim nagibom, površinski dio armiranog tla (tzv. facing, lice, "fasada", pročelje) može se obložiti na primjer betonskim panelima, gabionima, hidrosjtvom.

Vertikalni razmak slojeva s vlačnim elementima je 30-75 cm.

Prednosti armiranog tla su slijedeće:

- potrebne su manje količine gradiva za nasip
- strmiji nagibi zauzimaju manje prostora
- armirano tlo može biti izravno na mekanom tlu
- vlačni elementi se postavljaju u nasip u sklopu izvedbe slojeva zbijanjem, tj. ojačanje nije odvojena operacija, nego dio procesa izgradnje nasipa.

Kod armiranog tla trebaju se pojaviti deformacije nasipa kako bi se aktivirali vlačni elementi. Kod mekih tala potrebno je obratiti pozornost na to da se vlačni elementi ne optereće više od njihove projektne vlačne nosivosti. Projektna nosivost (projektna vlačna sila) računa se prema važećim normama i propisima za ove vrste građevinskih zahvata, a koji uzimaju u obzir i uvjete okoliša i uvjete izvedbe.

Kod trajnih konstrukcija potrebno je obratiti pozornost na eroziju i dreniranje nasipa.

Proračun

Kod zidova od armiranog tla potrebno je provjeriti vanjsku i unutarnju stabilnost. Vanjska stabilnost uključuje provjeru na prevrtanje, klizanje, nosivost i globalnu stabilnost. Unutarnja stabilnost uključuje provjeru naprezanja u vlačnim elementima, odnosno mogućnost čupanja ili prekida vlačnih elemenata.

Praćenje ponašanja

Praćenje pomaka konstrukcije od armiranog tla može biti provedeno geodetskim praćenjem ili ugradnjom geotehničkih instrumenata (inklinometri, deformetri) za monitoring.

Obračun radova

Obračun zemljanih radova po metru kubičnom (m^3) ugrađenog i zbijenog materijala.

Obračun ugrađenih elemenata ojačanja po metru kvadratnom (m^2) postavljenog elementa ojačanja. U cijenu su uključeni nabava, doprema i ugradnja svih elemenata, uključivo i spojnih sredstava.

12-02.9.2 Čavlan tlo

Općenito

Čavlan tlo je geotehnička konstrukcija u kojoj se ojačanje tla, u području pokosa, postiže izvedbom pasivnih sidara manje pojedinačne nosivosti, ali u većem broju, tj. u gušćem rasteru po površini pokosa. Površina strmih pokosa se ujedno oblaže mlaznim betonom, betonom ili betonskim panelima. Blaži pokosi se oblažu geomrežama.

Način djelovanja

Šipke su pasivno ojačanje kada dolazi do početnih deformacije pokosa, aktiviraju se u šipki vlačne sile i posmični otpor što se suprotstavlja daljnjem deformiranju pokosa.

Primjena

Dvije su osnovne primjene čavlanog tla:

- potporne konstrukcije. Šipke se ugrađuju gotovo horizontalno.
- stabilizacija pokosa. U šipkama se razvijaju posmični naponi i naprezanja pri savijanju.

Opis izvođenja radova

Šipke se ugrađuju zabijanjem, bušenjem i injektiranjem ili pneumatskim nabijanjem.

Kod metalnih šipaka postoji opasnost od korozije pa je potreban određen stupanj zaštite. Osnovna je razlika u odnosu na sidra broj ugrađenih elemenata, naime, ugrađuje se mnogo više elemenata koji su manje opterećeni pa sustav nije osjetljiv na otkazivanje pojedinog elementa.

Razlika u odnosu na prednapeta sidra je i kontinuirana veza šipka-tlo. To smanjuje sile iz šipke na površini pokosa pa je dovoljna relativno tanka obloga na samom pokosu.

Prednost čavlanog tla je da se relativno lako mogu ugraditi dodatne šipke ukoliko dođe do nepoželjnih pomaka čavlane konstrukcije.

Praćenje ponašanja

Praćenje pomaka konstrukcije čavlanog tla može biti provedeno geodetskim praćenjem ili ugradnjom geotehničkih instrumenata (inklinometri, deformetri) za monitoring.

Obračun radova

Obračun radova po metru dužnom (m) ugrađenih čavala, uključivo nabavu, dopremu i ugradnju. Bušenje i injektiranje se ne obračunava posebno. Pomoćni materijal, kao što su sidrene pločice, podložne pločice, matice, spojevi, ne obračunavaju se za plaćanje, već su sadržane u jediničnoj cijeni.

12-02.9.3 Prednapeta sidra

Opis rada

Ovaj rad uključuje izvedbu geotehničkih, prednapetih sidara kao mjere osiguranja stabilnosti nestabilnih padina. Međutim, prednapeta sidra mogu se primijeniti i za zaštitu od uzgona kako je danu u potpoglavlju '12-08 Građevine pod pritiskom vode' ovih OTU-a. Rad podrazumijeva bušenje kosih bušotina (uobičajeno $10^\circ - 20^\circ$ od horizontale), umetanje vlačnog elementa visokokvalitetnog čelika sidra, injektiranje dijela sidra (sidrišna dionica), prednapinjanje i zaklinjenje sidra. Radovi uključuju i sva potrebna ispitivanja sidara.

Za projektiranje geotehničkih sidara primjenjuju se hrvatske norme niza HRN EN 1997 uključivo i pripadni Nacionalni dodatak.

Geotehnička sidra izvode se prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537, te se ispitivaju prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537 te normi HRN EN ISO 22477-5.

Opis izvođenja radova

Radovi na izvedbi sidara teći će sljedećim redoslijedom:

- pripremi radovi (radionička izrada sidara)
- bušenje
- ugradnja sidara
- injektiranje sidrišne dionice
- prednapinjanje sidara
- zaklinjenje sidara.

a) Bušenje sidara

Promjer bušotina obično iznosi 150 – 200 mm. Prije i tijekom bušenja treba punu pažnju obratiti pripremanju u cilju da se dobije što kvalitetnija bušotina, tj. da se održi zadani smjer, nagib i promjer bušotine. Za provođenje kvalitetnog bušenja potrebno je:

- osigurati kvalitetnu podlogu s dovoljnim radnim prostorom za bušaču garnituru
- tehniku bušenja prilagoditi sastavu i svojstvima tla u smislu pritiska na bušaču glavu, brzine okretanja, iznošenja nabušenog materijala, tipu bušaće glave.

Bušenju se može pristupiti tek kad je izvršena provjera da je bušaći stroj pravilno centriran i usmjeren kroz uvodnu cijev. U pravilu, bušenje se izvodi rotacionom ili rotaciono-udarnom bušilicom uz zaštitu obložnom kolonom. O bušenju svake bušotine treba voditi zapisnik u kojem se navode podatci o načinu bušenja, sastavu tla te svim ostalim važnim podatcima koji su značajni za bušenje.

b) Umetanje vlačnog elementa

Čelični elementi se zatim ulažu u prethodno izvedene bušotine. Geotehnička sidra sastoje od čeličnih sajli građenih od visokokvalitetnog čelika (1570 / 1770 MPa ili 1660 / 1860 MPa), dok je broj sajli koje čine sidro, kao i njihova duljina, određen projektom.

Vlačni element sidra "oblači" se u korugiranu PVC cijev. Slobodna dionica sidra još se "oblači" i u alkatensku cijev ili neku drugu vrstu zaštite odgovarajućeg promjera. Krajevi spoja alkatenske cijevi i sidra trebaju biti kvalitetno povezani samoljepljivom trakom kako injekcijska smjesa ne bi pri popunjavanju ulazila u slobodnu dionicu sidra. Po završetku ugradnje vlačnog elementa pristupa se injektiranju bušotine od dna prema ušću bušotine, pri čemu je prethodno potrebno ugraditi paker (brtvu) koja će tijekom injektiranja označiti prijelaz iz sidrišne (injektirane) dionice u slobodnu (neinjektiranu) dionicu.

c) Injektiranje

Svrha injektiranja sidrišne dionice je ostvarenje kontakta sidro - tlo, povećanje čvrstoće i smanjenje propusnosti materijala tla u sidrišnoj dionici. Za provođenje uspješnog injektiranja potrebno je dobro pročistiti bušotinu, odabrati odgovarajuću smjesu za injektiranje te odrediti kvantitativni režim injektiranja.

Obavezno je korištenje superplastifikatora radi smanjenja v/c faktora i učinka skupljanja te dodavanje aditiva za bujanje radi povećanja pritiska na kontaktu smjesa / tlo. U injektiranju bušotina postoje tri glavna činioca koji imaju neposredan utjecaj na kvalitetu izvedbe.

To su:

- receptura smjese za injektiranje
- veličina i način primjene injekcijskog tlaka
- brzina i vrijeme ubrizgavanja injekcijske smjese.

Izvođač je dužan osigurati odgovarajuću opremu za izvođenje radova na injektiranju sa sljedećim svojstvima:

- injektor s mogućnošću neprekidnog rada kapaciteta od min. 10 l/min pritiska do 20 bara
- samoregistrirajući manometar na izlaznoj cijevi koji treba bilježiti čitav proces injektiranja bez prekida (mora imati podjelu od 100 kN/m² s mogućnošću čitanja na skali do max. 20 bara).

Prilikom izvedbe injekcijskih radova potrebno je stalno nadzirati i kontrolirati radove jer je to izuzetno važan zahvat o kojem ovisi kvaliteta sidara.

Istovremeno s izvedbom radova izvođač sastavlja radni izvještaj o injektiranju kako slijedi:

- općeniti podatci: situacija i oznake bušotine na kojima je izvedeno injektiranje
- podatci za pojedinu bušotinu
 - dužina bušotine
 - dužina sidrišne dionice

- utrošak injekcijske smjese (težina suhe tvari)
- završni injekcijski tlak
- vrijeme početka i završetka injektiranja.

d) *Prednapinjanje sidra i završni radovi*

Nakon što je sidro ugrađeno i zapunjeno injekcijskom smjesom, potrebno ga je prednapeti (prema programu koji se mora dati u projektu). Prednapinjanju sidra može se pristupiti najmanje 7 dana nakon injektiranja sidrišne dionice odnosno nakon što je injekcijska smjesa dosegla 60% svoje čvrstoće.

Prednapinjanjem sidara postižu se sljedeći učinci:

- omogućuje se trenutno aktiviranje sidara, nakon čega će se procesom samonapreznja doći do potrebne sile čiju veličinu unutar cjelovitog geostatičkog sustava diktiraju ravnotežni i deformacijski uvjeti
- posredno se kontrolira uspješnost izvedbe sidara mjerenjem pomaka glave sidra tijekom postupka prednapinjanja
- prednapinjanjem sidra, odnosno veličinom unijete sile može se utjecati na veličinu pomaka pokosa.

Oprema za primopredajno ispitivanje i prednapinjanje sastoji se od:

- specijalne hidrauličke preše
- hidrauličke crpke
- mjernih instrumenata (manometri i dinamometri)
- mikroure učvršćene na nepomičnoj podlozi pomoću koje se očitavaju pomaci u smjeru sidra.

Detalniji program ispitivanja prikladnosti i prihvatljivosti trajnih sidara mora biti dan projektom.

Po završetku prednapinjanja sidra potrebno je postaviti čeličnu kapu za zaštitu glave sidra od djelovanja korozije.

Kontrola kvalitete

Sastav injekcijske smjese određuje se laboratorijskim ispitivanjima (prethodna, tekuća i kontrolna ispitivanja) sukladno HRN EN 445, HRN EN 447 i HRN EN 12390.

Prednapinjanje, a ujedno i ispitivanje trajnih aktivnih i pasivnih sidara provodi se prema smjericama iz norme HRN EN 1997-1, prema normama HRN RN 1537 i HRN EN ISO 22477-5, prema kojima su predviđena ispitivanja prikladnosti i prihvatljivosti. S obzirom da je karakteristična otpornost $R_{a,k}$ sidara određena proračunom, tada je potrebno dobivene vrijednosti potvrditi ispitivanjem prikladnosti ugrađenih sidara (eng. "suitability test"). Prema smjericama iz norme HRN EN 1997-1, potrebno je ispitati najmanje 2% svih ugrađenih sidra (za trajna sidra) ili najmanje 1 sidro za svaki skup različitih uvjeta u tlu/stijeni da bi se utvrdila karakteristična otpornost sidra na čupanje (granična nosivost). I pored prethodno navedenih ispitivanja, svako ugrađeno sidro potrebno je ispitati ispitivanjem prihvatljivosti (eng. "acceptance test").

Na početku prednapinjanja potrebno je zabilježiti sljedeće podatke:

- oznaka i položaj sidra (s odgovarajućom skicom)
- vrijeme početka prednapinjanja
- slobodni hod preše.

Nakon toga potrebno je neprekidno pratiti:

- vrijeme
- opterećenje (dinamometar, manometar)
- pomak klipa preše
- pomak dijela sidra koji je van temeljne konstrukcije.

Obračun rada

Geotehnička sidra obračunavaju se po metru dužnom (m') izvedenog sidra. Bušenje i injektiranje se ne obračunava posebno. Pomoćni materijal, kao što su sidrene pločice, podložne pločice, matice, spojevi, ne obračunavaju se za plaćanje, već su sadržane u jediničnoj cijeni. U cijenu su sadržana i prednapinjanja sidra kao i ispitivanja.

12-02.9.4 Mikropiloti

Općenito

Mikropiloti su piloti s promjerom manjim od 30 cm, a često manjim od 25 cm. Uporaba uključuje potporu građevinama blizu podzemnih iskopa, stabilizaciju pokosa i formiranje potpornih zidova.

Tehnika izrade mikropilota razvila se iz potrebe izvedbe pilota na mjestima gdje je ograničena dostupnost mehanizacije za izvođenje radova, primjerice kod sanacije starih temelja kada je potrebno raditi u niskim podrumima.

Način djelovanja

Mikropiloti se ugrađuju u tlo pod raznim kutovima radi ojačanja tla. U prvom redu su tlačni elementi i uobičajeno služe za poboljšanje nosivosti, ali mogu podnijeti posmična naprezanja i u ograničenom opsegu savijanje. Međutim, mikropiloti se mogu primijeniti i kao vlačni elementi (primjerice kao zaštita od uzgona, kako je danu u potpoglavlju '12-08 Građevine pod pritiskom vode' ovih OTU-a).

Mikropiloti se mogu ugrađivati do dubine od 30 m i više.

Opis izvođenja radova

Prema izvedbi, mikropiloti se mogu podijeliti na:

- bušene mikropilote promjera do 300 mm
- zabijene mikropilote promjera do 150 mm ili s najvećim proširenjem poprečnog presjeka do 150 mm.

Izvedba bušenih mikropilota uključuje bušenje, ugradnju armaturnog koša u središte bušotine i injektiranje. Osim armaturnog koša, u mikropilote se mogu ugraditi i različiti čelični profili.

Obračun radova

Obračun radova po metru dužnom (m') ugrađenih mikropilota, uključivo bušenje te nabavu, dopremu i ugradnju svih materijala.

12-02.9.5 Piloti za stabilizaciju klizišta

Općenito

Ovi piloti se ugrađuju u područje klizanja kao kruto ojačanje za stabilizaciju daljnjih pomaka. Uglavnom se upotrebljavaju za pokose koji puze gdje dolazi do stalnog polaganog pomaka, ali ne dolazi do sloma ili stanja granične ravnoteže. Puzanje je 0,1 mm/mjesec do 50 mm/mjesec.

Opis izvođenja radova

Piloti se izvode uobičajenim tehnologijama, opisanim u potpoglavlju '12-01-2 Temeljenje na pilotima' ovih OTU-a.

Obračun radova

U skladu s potpoglavljem '12-01-2 Temeljenje na pilotima' ovih OTU-a.

12-03 RADOVI NA IZRADI POTPORNIH KONSTRUKCIJA

12-03.1 OPĆENITO

Tehnička svojstva potpornih konstrukcija, zahtjevi za projektiranje, izvođenje radova, uporabljivost, održavanje i drugi zahtjevi za potporne konstrukcije te tehnička svojstva i drugi zahtjevi za građevne proizvode namijenjene korištenju u potpornim konstrukcijama propisani su u nizu normi HRN EN 1997, uključivo pripadni Nacionalni dodatak te drugim normama na koje norme navedenog niza upućuju.

Primjereno upotrebljenom gradivu, za tehnička svojstva i druge zahtjeve primjenjuje se odgovarajući "Tehnički propis za građevinske konstrukcije" (za svaki dio zasebno: betonske, čelične, zidane, drvene, spregnute) te norme na koje oni upućuju.

Radovi, materijali, proizvodi i oprema navode se i propisuju u geotehničkom dijelu građevinskih projekata ("geotehnički projekt"), te ovim OTU-ima.

Potporne konstrukcije uključuju sve vrste građevina koje su opterećene materijalom koji podupiru, odnosno pridržavaju (tlo, stijena, zasip, voda).

Treba razlikovati sljedeće tri glavne vrste potpornih konstrukcija:

- a) gravitacijski zidovi:
 - zidovi od kamena, nearmiranog ili armiranog betona, gabiona, montažnih elemenata s ispunom i slično, koji otpor opterećenju pružaju vlastitom težinom. Betonski i armirano betonski zidovi mogu imati petu na osnovici, prednju istaku, konzolu ili kontrafor. Težina samoga zida, ponekad uključujući stabilizirajuće mase tla, stijene ili zasipa, ima znatnu ulogu u pridržavanju materijala. Primjeri takvih zidova uključuju betonske gravitacijske zidove stalne ili promjenjive debljine, plitko temeljene armiranobetonske zidove i zidove s kontraforima.
- b) ukopane (uložene, zagatne) stijene:
 - razmjerno tanki zidovi od čelika, armiranog betona ili drva, pridržani sidrima, razuporama i/ili pasivnim tlakom tla. Nosivost ovih zidova na savijanje ima znatnu ulogu u pridržanju materijala dok je uloga njihove težine beznačajna. Primjeri takvih zidova uključuju konzolne zidove od čeličnog žmurja, sidrene ili razuprte zidove od čeličnog ili betonskog žmurja i dijafragme.
Ove konstrukcije često se koriste kao privremene konstrukcije zaštite građevinskih jama (potpoglavlje '12-04 Radovi na zaštiti građevinskih jama' ovih OTU-a), ali i kao trajne podzemne konstrukcije (npr. obalne građevine, kod crpnih stanica i sl.).
- c) složene potporne konstrukcije:
 - zidovi sačinjeni od elemenata gornjih dviju vrsta zidova. Postoji velika raznolikost takvih zidova, a primjeri uključuju zagate s dvostrukim žmurjem, zemljane konstrukcije ojačane zategama, geotekstilima ili injektiranjem i konstrukcije s višestrukim redovima geotehničkih sidara ili čavlanim tlom.

Materijali, proizvodi, oprema i radovi moraju biti izrađeni u skladu s normama i tehničkim propisima navedenim u projektnoj dokumentaciji. Ako nije navedena niti jedna norma, obvezna je primjena odgovarajućih EN (europska norma) kao i Nacionalnog dodatka.

Izvođač može predložiti primjenu priznatih tehničkih pravila (normi) neke inozemne normizacijske ustanove (ISO, EN, DIN, ASTM, ...) uz uvjet pisanog obrazloženja i odobrenja nadzornog inženjera. Tu promjenu nadzorni inženjer odobrava uz suglasnost projektanta.

Prema "Pravilniku o kontroli projekata" obvezna je kontrola projekta glede mehaničke otpornosti i stabilnosti za potporne zidove visine 5 m i više, mjereno od dna temelja do vrha zida.

12-03.1.1 Tehnička svojstva potpornih konstrukcija

Tehnička svojstva potpornih konstrukcija moraju biti takva da tijekom trajanja građevine uz propisano, odnosno projektom određeno izvođenje i održavanje konstrukcije, ona podnese sve

utjecaje uobičajene uporabe i utjecaje okoliša tako da tijekom građenja i uporabe predvidiva djelovanja na građevinu ne prouzroče: rušenje građevine ili njezinog dijela, nedopuštene deformacije, oštećenja građevnog sklopa ili opreme zbog deformacije konstrukcije u međudjelovanju s tlom, nerazmjerno velika oštećenja građevine ili njezinog dijela u odnosu na uzrok zbog kojih su nastala.

U slučaju požara tehnička svojstva moraju biti takva da se očuva nosivost konstrukcije ili njezinog dijela tijekom određenog vremena propisanog posebnim propisom. Kada je, sukladno posebnim propisima, potrebna dodatna zaštita potporne konstrukcije radi ispunjavanja zahtjeva otpornosti na požar, ta zaštita smatrat će se sastavnim dijelom tehničkog rješenja.

Tehnička svojstva potpornih konstrukcija moraju biti takva, da, osim ispunjavanja zahtjeva iz normi niza HRN EN 1997, budu ispunjeni i zahtjevi posebnih propisa kojima se uređuje ispunjavanje drugih bitnih zahtjeva za građevinu.

12-03.1.2 Tehnička svojstva sastavnih materijala, elemenata i proizvoda

Za izvedbu potpornih konstrukcija primjenjuju se sljedeći materijali: cement i zidarski cement, građevno vapno, agregat, dodatci mortu, mort za injektiranje natega i betonu (prednapeto zide), voda, beton, čelik za armiranje, čelik za prednapinjanje, armatura, pomoćni dijelovi, predgotovljeni elementi, drugi građevinski proizvodi koji se ugrađuju zajedno s drugim navedenim proizvodima.

Tehnička svojstva materijala potpornih konstrukcija navode se u projektu potporne konstrukcije i ovim OTU-ima.

Za potporne konstrukcije izvedene od betona i armiranog betona mjerodavne su odredbe "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije, dio II Posebna pravila za betonske konstrukcije" te prilozi i norme na koje isti upućuje.

Za potporne konstrukcije izvedene od zidanih materijala mjerodavne su odredbe „Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije", dio VI Posebna pravila za zidane konstrukcije te prilozi i norme na koje isti upućuje.

Za potporne konstrukcije izvedene od lomljenog kamena mjerodavne su odredbe ovih OTU-a i norme na koje upućuje.

Tehnička svojstva i drugi zahtjevi te dokazivanje uporabljivosti, odnosno potvrđivanje sukladnosti predgotovljenih (montažnih) elemenata određuje se, odnosno provodi prema odredbama projekta, ovim OTU-ima te u skladu s odredbama posebnog propisa za predgotovljene elemente.

Građevinski proizvod proizveden u proizvodnom pogonu izvan gradilišta smije se ugraditi u potpornu konstrukciju ako je za njega izdana isprava o sukladnosti u skladu s odredbama posebnog propisa ("Tehnički propis za građevinske konstrukcije", "Tehnički propis za građevinske proizvode", te norme na koje isti upućuju.)

Mort, beton, armatura, zidni elementi od prirodnog kamena i predgotovljeni elementi izrađeni na gradilištu za potrebe toga gradilišta, smiju se ugraditi u potpornu konstrukciju ako je za njih dokazana uporabljivost u skladu s projektom konstrukcije.

U slučaju nesukladnosti građevnog proizvoda s tehničkim specifikacijama za taj proizvod i/ili projektom potporne konstrukcije, proizvođač građevnog proizvoda, odnosno izvođač potporne konstrukcije mora odmah prekinuti proizvodnju, odnosno izradu tog proizvoda i poduzeti mjere radi utvrđivanja i otklanjanja grešaka koje su nesukladnost uzrokovale.

12-03.1.3 Projektiranje potpornih konstrukcija

Projektiranjem potpornih konstrukcija moraju se za projektirani uporabni vijek građevine i građenje predvidjeti svi utjecaji na potpornu konstrukciju koji proizlaze iz načina i redoslijeda građenja. Treba predvidjeti uvjete uobičajene uporabe građevine i utjecaj okoliša na građevinu.

Projektom potporne konstrukcije mora se dokazati da će građevina tijekom građenja i projektiranog uporabnog vijeka trajanja ispunjavati bitni zahtjev mehaničke otpornosti i stabilnosti, otpornost na požar te druge bitne zahtjeve u skladu s posebnim propisima.

Ako nije riječ o privremenoj građevini, tada je uporabni vijek potporne konstrukcije najmanje 50 godina. Kada je potrebna dodatna zaštita npr. zidane konstrukcije, ta zaštita će se smatrati sastavnim dijelom tehničkog rješenja.

Mehanička otpornost i stabilnost te otpornost građevine na požarna djelovanja dokazuju se u glavnom projektu proračunima graničnog stanja nosivosti i graničnog stanja uporabljivosti konstrukcije za predvidiva djelovanja i utjecaje na građevinu.

Za osnove proračuna i djelovanja na konstrukciju primjenjuju se hrvatske norme niza HRN EN 1990, HRN EN 1991 i HRN EN 1997 uključivo i pripadni Nacionalni dodatak te norme na koje norme ovog niza upućuju.

Za projektiranje glede otpornosti na potres primjenjuju se hrvatske norme niza HRN EN 1998 (posebice HRN EN 1998-5) uključivo i pripadni Nacionalni dodatak te norme na koje norme ovog niza upućuju.

Za geotehničko projektiranje primjenjuju se hrvatske norme niza HRN EN 1997 uključivo i pripadni Nacionalni dodatak uzimajući u obzir mjerodavne norme za druge materijale ili konstrukcije te norme na koje norme ovog niza upućuju.

Uz osnovna djelovanja (težina, zemljani pritisci, pritisci vode) projektom se treba razmotriti slijedeće:

- promjene svojstava tla, razina vode i tlakova porne vode u prostoru
- očekivane promjene svojstava tla, razina vode i tlakova porne vode u vremenu
- promjene djelovanja i načina na koji su ona kombinirana
- iskop, podlokavanje ili eroziju ispred potporne konstrukcije
- učinke zbijanja zasipa iza potporne konstrukcije
- učinke očekivanih budućih konstrukcija i dodatnog opterećenja ili rasterećenja poduprtog materijala ili u njegovoj blizini
- očekivane pomake temeljnoga tla prouzročene, primjerice, njegovim uleknućem ili djelovanjem leda
- učinke građenja zida, uključujući:
 - osiguravanje privremene potpore stranama iskopa
 - promjene naprezanja in-situ i odgovarajuće pomake temeljnoga tla prouzročene iskopom zida i njegovim građenjem
 - poremećaj temeljnoga tla prouzročen zabijanjem ili bušenjem
 - osiguravanje pristupa za građenje
- zahtijevani stupanj vodonepropusnosti izvedenoga zida
- izvedivost građenja zida do sloja male propusnosti koji bi presjekao dotok vode. Mora se ocijeniti problem ravnoteže tečenja podzemne vode koji iz toga proizlazi.
- izvedivost ugradnje geotehničkih sidara u susjednom temeljnom tlu
- izvedivost iskopa između podprtih mjesta potpornog zida
- sposobnost zida da nosi vertikalno opterećenje
- duktilnost konstrukcijskih elemenata
- pristup za održavanje zida i svih pridruženih mjera, drenaže, glava sidara i sl.
- izgled i trajnost zida i svih sidara
- za žmurje, potrebu za dovoljno krutim presjekom za zabijanje do proračunske dubine bez gubitka međusobne veze
- stabilnost bušotina i rovova ispunjenih isplakom dok su otvoreni
- za zasip, prirodu dostupnih materijala i način kako će se oni zbijati uz zid.

12-03.1.4 Održavanje potpornih konstrukcija

Održavanje potporne konstrukcije mora biti takvo da se tijekom trajanja građevine očuvaju njezina tehnička svojstva i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom građevine te drugi bitni zahtjevi koje građevina mora ispunjavati u skladu s posebnim propisima.

Održavanje potporne konstrukcije podrazumijeva:

- redovite preglede potporne konstrukcije, u razmacima i na način određen projektom građevine i/ili u skladu s "Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije"
- izvanredne preglede potporne konstrukcije nakon kakvog izvanrednog događaja ili po inspekcijskom nadzoru
- izvođenje radova kojima se potporna konstrukcija zadržava ili se vraća u stanje određeno projektom građevine, odnosno propisom u skladu s kojim je potporna konstrukcija izvedena. U slučaju oštećenja ili rušenja dijela potporne konstrukcije potrebno je utvrditi uzroke. Utvrđivanje uzroka treba obuhvatiti materijal ili izvedbu konstrukcije, temeljno tlo i zasip iza zida, drenažne sustave, utjecaje okoliša u smislu utjecaja podzemnih, otvorenih ili oborinskih voda, kao i stabilnosti padina. Sanaciju oštećene ili djelomično srušene potporne konstrukcije treba provesti prema odgovarajućem projektu koji treba sadržavati dokaze osiguranja mehaničke otpornosti i stabilnosti te dokaze o ispunjenju drugih mjerodavnih bitnih zahtjeva za građevinu.

U skladu s "Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije", vremenski razmak između pojedinih redovitih pregleda građevinske konstrukcije ne smije biti duži od:

1. osnovni pregledi – 1 godina (odnosno kraće prema pravilima danim posebnim dijelovima Propisa za pojedine vrste konstrukcija)
2. glavni pregledi – 10 godina za zgrade, a **5 godina** za mostove, tornjeve i **druge inženjerske građevine**
3. dopunski pregledi – prema posebnim pravilima propisanim navedenim propisom za pojedine vrste konstrukcija.

Sadržaj i aktivnosti navedenih pregleda građevinskih konstrukcija dan je u navedenom propisu.

Projektom potporne konstrukcije treba dodatno dati način obavljanja pregleda koji uključuje najmanje:

- a) vizualni pregled u koji je uključeno utvrđivanje položaja i veličine napuklina i pukotina te drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine
- b) utvrđivanja stanja zaštitnog sloja armature za betonske dijelove potporne konstrukcije u umjerenom ili jako agresivnom okolišu
- c) utvrđivanje veličine pomaka glavnih nosivih elemenata potporne konstrukcije za slučaj osnovnog djelovanja, ako se na temelju vizualnog pregleda opisanog u podtočki a) sumnja u ispunjavanje bitnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti
- d) geodetsko snimanje potporne konstrukcije (npr. aliniranje, mikrotriangulacija).

Ispunjavanje propisanih uvjeta održavanja potporne konstrukcije dokumentira se u skladu s projektom građevine te izvješćima o pregledima i ispitivanjima potporne konstrukcije, zapisima o radovima održavanja, na drugi prikladan način, ako drugim propisom donesenim u skladu s odredbama "Zakona o gradnji" nije što drugo određeno.

Za održavanje potporne konstrukcije dopušteno je rabiti samo one građevne proizvode za koje su ispunjeni propisani uvjeti i za koje je izdana isprava o sukladnosti prema posebnom propisu ili za koje je uporabljivost dokazana u skladu s projektom građevine.

Dokumentaciju o održavanju potporne konstrukcije dužan je trajno čuvati vlasnik građevine.

12-03.2 IZRADA ZIDOVA OD BETONA

Opis rada

Radovi se izvode prema projektu, važećim propisima i odredbama ovih OTU-a. Rad na zidovima obuhvaća: pregled terena prije početka rada, iskolčenje, iskope za temelje, ugrađivanje betona i

armature, izradu betonskih tajača, polaganje drenažnih cijevi, izradu revizijskih okana i poprečnih ispusta drenaže, izradu procjedinica (barbakana), izradu kamene zaloge i filtra, izradu glinenih čepova iznad drenaža, kao i uređenje okoliša po završetku radova.

Rad mora biti obavljen u skladu s projektom, propisima, programom kontrole i osiguranja kvalitete (PKOK), zahtjevima nadzornog inženjera i ovim OTU-ima. Dodatni i naknadni radovi mogu se izvoditi samo po prethodnom odobrenju nadzornog inženjera.

Materijali

a) Beton

Beton zidova u temeljima i izvan temelja mora u svemu odgovarati zahtjevima danim u projektu kao i odgovarajućim odredbama "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije", grupi normi HRN EN 1992 i odredbama poglavlja '7. Betonski radovi' ovih OTU-a.

b) Armatura

Ako su potporni i obložni zidovi armiranobetonski, armatura mora odgovarati zahtjevima danim u projektu kao i odgovarajućim odredbama "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije", normi HRN EN 10080 i odredbama poglavlja '6. Armirački radovi' ovih OTU-a.

c) Lomljeni kamen

Kamen za zidanje mora biti čist, jedar, postojan na smrzavanje i u vodi, bez dijelova koji se raspadaju i bez vidljivih i skrivenih pukotina. Tlačna čvrstoća kamena za zidove mora biti najmanje 70,0 MPa, a za svodove najmanje 100,0 MPa.

Upijanje vode smije iznositi najviše 1% m/m. Ako je upijanje vode veće, mora biti dokazana postojanost kamena na smrzavanje u 50 ciklusa smrzavanja i odmrzavanja te na djelovanje vode, određivanjem koeficijenta razmekšavanja, tj. odnosa čvrstoće kamena u suhom stanju i vodo zasićenom stanju. Ostala svojstva kamena moraju zadovoljavati uvjete kvalitete iz ovih OTU-a. Navedene vrijednosti za kontrolu kvalitete lomljenog kamena moraju biti potvrđene prethodnim ispitivanjem u vidu isprave o sukladnosti koju daje isporučitelj kamena. Sva ispitivanja moraju biti u skladu s normama:

HRN B.B0.001/84	Uzimanje uzoraka agregata kamena i zgure za potrebe građevina, putova i željeznica i za spravljanje betona
HRN EN 1936	Određivanje gustoće i prostorne mase, ukupne i otvorene poroznosti
HRN EN 13755	Određivanje upijanja vode pri atmosferskom tlaku
HRN EN 14157	Određivanje otpornosti na abraziju
HRN EN 12371	Određivanje otpornosti na smrzavanje
HRN EN 12370	Određivanje otpornosti na kristalizaciju soli
HRN EN 14147	Određivanje otpornosti na starenje pri djelovanju raspršene solne otopine
HRN EN 14066	Određivanje otpornosti na starenje od toplinskih promjena
HRN EN 14581	Određivanje koeficijenta linearnog termičkog širenja
HRN EN 12372	Određivanje čvrstoće pri savijanju pod koncentriranim opterećenjem
HRN EN 1926	Određivanje jednoosne tlačne čvrstoće

d) Mort

Za izradu zidova upotrebljava se cementni mort. Za kvalitetu cementa, pijeska i vode vrijede odgovarajuće odredbe iz ovih OTU-a.

Pijesak za mort treba imati krupnoću zrna od 0,2 do 5 mm.

Cementni mort za zidanje, odnosno za žbukanje, pripravlja se prema kriterijima koji vrijede za beton (glavni parametri: vodocementni faktor, konzistencija, gustoća). Mort za zidanje treba biti dovoljno plastičan, ali ne smije biti tekući. Mort se smije izraditi samo u količini koja se može ugraditi prije nego otpočne njegovo vezivanje. Minimalna tlačna čvrstoća morta treba biti 25,0 MPa.

Ispitivanja morta moraju biti u skladu s normom HRN EN 998-2.

e) Oplate

Pri izradi temelja potpornih zidova treba po mogućnosti izbjegavati oplate. Oplate za potporne zidove moraju biti izrađene tako da su vidne površine potpuno ravne i glatke, a moraju odgovarati odredbama iz "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije" i odredbama poglavlja '5. Tesarski radovi, oplate i skele' ovih OTU-a.

Opis izvođenja radova

Prije početka izrade zida izvođač i nadzorni inženjer moraju detaljno pregledati teren i ustanoviti odgovara li teren i tlo odrednicama danim u projektu. Ako to nije slučaj, potrebno je projekt i tehnologiju rada prilagoditi stvarnim uvjetima na terenu.

a) Iskop temelja

Iskop za temelje obavlja se u tlu kategorije "A", "B" ili "C" prema dimenzijama iz projekta, a u skladu sa smjernicama danim u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. U iskop se priznaje samo prostor prema mjerama iz projekta ili naknadno odobrenim izmjenama od nadzornog inženjera, tj. ne obračunava se višak iskopa.

Izvođač je dužan o svom trošku višak iskopa, ako je nastao njegovom pogreškom, popuniti betonom, kamenim materijalom ili nabijenom zemljom, ovisno o terenskim okolnostima, a prema odluci nadzornog inženjera.

Ako to zahtijevaju terenski uvjeti (veća dubina iskopa, nestabilnost terena), iskop treba razuprijeti i osigurati odgovarajućom konstrukcijom i oplatom (ako se za razupiranje koristi drvena oplata, ista treba biti u skladu s odredbama danim u poglavlju '5. Tesarski radovi, oplate i skele' ovih OTU-a).

Ako se zidovi temelje u prašinstim ili glinovitim materijalima, odnosno u laporima i sličnim mekim stijenama, posljednjih 20-30 cm tla potrebno je iskopati neposredno prije betoniranja kako bi se izbjeglo moguće razmekšavanje tla u dnu temelja zbog kiše.

Ako se zidovi temelje u laporima i drugim mekim stijenama, kod kojih prilikom iskopa dno jame nije savršeno ravno, neravnine je potrebno popuniti betonom, a nikako zdrobljenim kamenom iz iskopa ili drobinom.

Da se prilikom iskopa ne bi ugrozila ravnoteža padine, zidove treba raditi u kampadama s preskocom svake druge kampade. Duljinu kampada treba prilagoditi terenskim uvjetima.

Dno temelja treba detaljno pregledati i utvrditi odgovara li za temeljenje zida, a ako ne odgovara, iskop treba produbiti.

b) Betoniranje temelja zida

Betoniranje temelja može se početi tek nakon što su se projektant i nadzorni inženjer uvjerali u ispravnost izvedbe temeljne jame.

Kvaliteta betona mora biti prema projektu i tehničkoj dokumentaciji. Beton mora zadovoljavati odgovarajuće odredbe Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije, grupi normi HRN EN 1992 i odredbama iz poglavlja '7. Betonski radovi' ovih OTU-a.

Ako se iskopi za temelje zida razupiru, nije dopušteno ostavljanje dijelova oplata ili razupora u temelju. Betonu u temeljima može se dodati određena količina zdravog i jedrog lomljenog kamena koji mora biti čist, navlažen vodom i pravilno raspoređen po temelju.

Dodatak kamena smije biti najviše 30% od volumena temelja, a maksimalna veličina kamena može biti kao polovica širine temelja, ali ne više od 30 cm. Svaki kamen mora biti potpuno zaliven betonom.

Beton se ugrađuje vibracijskim sredstvima.

c) Betoniranje zida iznad temelja

Zid iznad temelja treba betonirati u propisno izrađenoj i pripremljenoj oplati koja osigurava mjere i položaj zida prema projektu.

Kvaliteta betona određena je projektom, a mora odgovarati odredbama "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije", grupi normi HRN EN 1992 i odredbama iz poglavlja '7. Betonski radovi' ovih OTU-a. Beton i armatura potpornog zida ugrađuju se prema zahtjevima projekta te prema prije navedenim odredbama.

Beton se miješa strojno, a ugrađuje vibriranjem tako da ne dođe do segregacije i da površine betona nakon skidanja oplate budu ravne i glatke. Ne dopuštaju se horizontalni prekidi u betonu. Ako ipak nastanu, u prekid zida treba ugraditi sidra od armature u količini 0,3% od betonskog presjeka, a površinu spojeva obraditi kao pri nastavku betoniranja.

Betonski zidovi s kamenom oblogom betoniraju se prema napredovanju postavljanja kamene obloge.

d) Zidanje kamenom

Zidanje obrađenim lomljenim kamenom u cementnom mortu

Obrađeni lomljeni kamen je onaj koji se obradi dlijetom (špicom) i čekićem ili na neki drugi način u komade razne veličine prikladne za zidanje s najmanje dvije približno ravne ležišne površine. Dimenzije kamena trebaju biti pogodne za veze u zidu. U takve kamene ubraja se i prirodni pločasti kamen s dvije približno ravne površine. Kamen se prije zidanja mora dobro oprati i očistiti od zemlje, gline i drugih nečistoća.

Kamen treba imati volumen od približno $0,02 \text{ m}^3$, s tim da mu je najmanja mjera 20 cm. Ne zahtijeva se izravnavanje kamena u slojevima. Pojedino kamenje treba dobro povezati u uzdužnom i poprečnom smjeru zida tako da ima što manje šupljina.

Vidljiva površina zida mora se izraditi od odabranih krupnijih komada kamena proizvoljnog oblika. Širina spojnice (fuga) ne smije biti veća od 3 cm. Ne dopušta se ugrađivanje sitnih komada kamena na licu zida. Gornja, završna površina zida mora imati pravilne i oštre rubove.

Vidljive površine zida moraju se fugirati cementnim mortom s obilježenim žlijebom.

Spojnica (fuga) mora biti uvučena u zid oko 1 cm.

Svaki kamen u zidu mora biti sa svih strana obložen mortom i to odmah pri postavljanju na njegovo mjesto, a ne naknadnim zalijevanjem spojnice. Ne dopušta se neposredno slaganje kamena na kamen, niti ostavljanje šupljina. Svaki se kamen prije ugrađivanja u zid mora dobro navlažiti vodom.

Vanjske površine zida prilikom građenja, u vrijeme visokih temperatura, treba polijevati, a za vrijeme prekida rada površine izložene suncu treba štiti i vlažiti vodom. Ako se zidanje prekine na duže vrijeme, prije nastavljanja treba očistiti ispucani i trošni mort kao i oštećene dijelove zida.

Zidanje obrađenim lomljenim kamenom u suho

Oblik kamena i obrada isti su kao u prethodnom dijelu (zidanje obrađenim lomljenim kamenom u cementnom mortu) samo što kamen mora biti krupniji i ujednačenijih dimenzija od kojih je najmanja 30 cm. Izrada zidova u suho, tj. bez morta, uglavnom je ista kao i u mortu, samo što zahtijeva znatno više pažnje. Treba težiti za što boljim izravnim međusobnim nalijeganjem kamena sa što manje klinova. Zabranjeno je stavljanje zemlje ili otpadaka unutar zidova.

Zidanje poluklesanim kamenom

Poluklesani je kamen onaj koji se obradi u pravilan geometrijski oblik čekićem i dlijetom (špicom) ili na bilo koji drugi način, s ravnim naležućim i sudarnim površinama. Dimenzije su pojedinih komada različite. Točnost obrade mora biti takva da kamenje složeno u zidu ne smije imati spojnice unutar zida deblje od 3 cm, a na licu zida i u dubinu do 15 cm ne smiju biti deblje od 1 do 1,5 cm.

Zidovi od poluklesanog kamena rade se u cementnom mortu. Zaklinjavanje ili umetanje sitnih komada nije dopušteno. Svaki komad kamena mora biti sa svih dodirnih strana potpuno obložen mortom, ne smiju ostati nikakve prazne šupljine, a kamenje se ne smije međusobno dodirivati. Vertikalne spojnice u susjednim slojevima moraju biti na razmaku od najmanje 20 cm.

Za dimenzije, nalijeganje i sve ostalo vrijedi opis dan za zidanje obrađenim lomljenim kamenom cementnom mortu.

Zidanje obrađenim kamenom

Obrađeni je kamen potpuno pravilan kamen obrađen po nacrtu s dimenzijama naznačenim u svim pravcima. Spojnice između pojedinih komada u zidu ne smiju biti šire od 1 cm, moraju biti potpuno ispunjene mortom, a kamenje se međusobno ne smije dodirivati.

Za sve ostalo vrijedi opis u točki zidanja obrađenim lomljenim kamenom u cementnom mortu.

Način zidanja lica kamenih zidova i obloga

Obrada lica kamenih zidova i obloga sastoji se u pažljivoj obradi i načinu slaganja pojedinih komada kamena. Za obradu lica bira se kamen i način slaganja u ovisnosti o obliku kamena dobivenog iz kamenoloma i o estetskom učinku koji se želi postići.

U obradu lica ulazi fugiranje spojnicama između kamenja koje se radi naknadno, nakon zidanja. Prilikom zidanja, vanjske se spojnice (fuge) moraju ostaviti prazne do dubine od 5 cm ili se naknadno očiste do te dubine. Spojnice se fugiraju cementnim mortom u omjeru 1:3. Spojnica (fuga) mora biti uvučena u zid 1 cm.

Prema obliku veza kamena na licu zida razlikujemo ove vrste vezova:

- proizvoljan oblik veza
Kod proizvoljnog oblika veza, fugiranje spojnicama i dotjerivanje površinskih bunja obavlja se dlijetom (špicom).
- oblik veza pravilnih horizontalnih redova
Kod veza pravilnih horizontalnih redova mogu biti redovi različitih visina, ali kamenje u jednom redu mora biti iste visine.
- oblik “ciklopski vez”
Kod “ciklopskog veza” kamenje je u obliku proizvoljnih višekutnika, složeno tako da ne mora biti ni horizontalnih ni vertikalnih spojnicama. Tri spojnice mogu se sučeljavati u jednoj točki, ali se pravilnost veza mora održati.
- oblik “češki vez”
Kod “češkog veza” kamenje je u obliku pravokutnika proizvoljnih veličina i odnosa strana. Duža strana kamena ugrađenog u zid može biti horizontalna ili vertikalna. Pojedini krupniji komadi zauzimaju dva reda ili više takvih redova. Spojnice su horizontalne i vertikalne. Oblik “češki vez” podrazumijeva izbjegavanje dužih horizontalnih i vertikalnih spojnicama. Obrade vidnih površina kamena opisane su u nastavku.

Obrada vidnih površina kamena

Vidne površine kamena obrađuju se na više načina.

Bunjasta obrada jest obrada površine kamena čekićem i dlijetom (špicom). Bunje ne smiju izlaziti izvan lica zida više od 5 cm.

Špicanje je obrada površine kamena špicom. Obrađena površina mora biti ravna.

Štokanje (ozrnjavanje) je obrada površine kamena zupčastim čekićem. Površina kamena može biti ozrnjena krupno, sitno ili vrlo sitno.

Obrublivanje su obrubi, dlijetom obrađene rubne površine kamena. Na jednom licu zida širina obruba kamenja mora biti ista. Širina mora biti naznačena u projektu jer o njoj ovisi jedinična cijena obrade kamena.

Kamenje mora biti obrubljeno prema opisu u ovoj točki.

*e) Ostali radovi***Izrada betonskih tajača**

Iza potpornih zidova radi se betonska tajača i postavlja perforirana drenažna cijev za prihvat podzemne vode u svemu prema projektu za izradu potpornog zida. Kvaliteta betona je u pravilu određena projektom. Ukoliko projektom nije određena kvaliteta betona, potrebno je koristiti beton minimalne klase C12/15, ako nije u zoni smrzavanja, odnosno beton minimalne klase C16/20 ako je izložen smrzavanju. Visinski položaj tajače provjerava nadzorni inženjer. Drenažne cijevi mogu biti betonske ili plastične, a promjer im je određen projektom.

Cijevi moraju biti položene u neprekidnom padu, na što treba obratiti osobitu pažnju kod malih projektiranih padova.

Izrada poprečnih ispusta

Na pojedinim mjestima, kako je dano u projektu, treba izraditi poprečne ispuste drenažnog sustava iza potpornog zida. Poprečni se ispusti sastoje od cijevi projektom predviđenog promjera, položenih na odgovarajuću podlogu. Izljeve poprečnih ispusta treba obraditi i taracati kamenom u cementnom mortu omjera 1:3 ili izvesti od betonskih kanalica.

Izrada revizijskih okana

Na mjestima poprečnih ispusta drenažnih sustava, kao i na mjestima lomova nagiba drenažnih cijevi, treba izvesti monolitna revizijska okna od betona ili montažnih revizijskih okana od betonskih ili plastičnih cijevi. Minimalni otvor i poprečni presjek revizijskog okna, kao i njegova dubina, definira se projektom i ovisi o promjeru priključne drenažne cijevi te o dubini njezinog polaganja.

Pri tome veličina svijetlog otvora revizijskog okna iznosi najmanje 60 x 60 cm, odnosno Ø60 cm. Kod dubine okna veće od 200 cm, svijetli dio otvora okna može biti 60 x 60 cm, ali u donjem dijelu u visini od najmanje 120 cm treba ga proširiti na 60 x 100 cm ili Ø80 cm. Stupaljke za spuštanje u okno se ugrađuju kod svih okana dubine veće od 150 cm, a izvode se na stijenci okna, po mogućnosti na strani gdje nema priključenja cijevi. U slučaju monolitnih revizijskih okana te montažnih betonskih revizijskih okana treba ugraditi lijevanoželjezne stupaljke na međusobnom razmaku od 30 cm, pri čemu se prva stupaljka montira 70 cm ispod vrha samog okna. Kod revizijskog okna od plastične cijevi, plastične stupaljke se mogu tvornički ugraditi u samu cijev. Revizijska okna treba zatvoriti poklopcem od armiranog betona ili čeličnim poklopcem.

Za izradu revizijskih okana vrijede odgovarajuće odredbe iz poglavlja '20. Polaganje cjevovoda i oblikovnih komada' ovih OTU-a. Pri tome se za monolitna okna koriste odredbe potpoglavlja '20-02.2.8.3 Monolitna kontrolna okna' a za montažna okna odredbe potpoglavlja '20-02.2.8.1 Predgotovljena kontrolna okna'.

Izrada procjednica

Na mjestima predviđenim u projektu, ili koja odredi nadzorni inženjer, rade se procjednice (barbakane) kroz potporni zid. Procjednice mogu biti izrađene pomoću betonskih ili češće plastičnih cijevi promjera oko 10 cm. Postavljaju se na svaka ~ 2 metra dužine zida. Za vrijeme ugradnje betona, cijevi trebaju biti dobro osigurane protiv pomicanja i mogućeg oštećenja. Cijevi koje su predviđene za ugradnju moraju imati dokaze o traženoj kvaliteti, a njihovu primjenu odobrava nadzorni inženjer.

Izrada kamene zaloge

Kamena zaloga iza potpornog zida radi se prema projektu. Zalogu treba izraditi od zdravog, probranog lomljenog kamena minimalne dimenzije 20 cm. Zaloga se slaže kao suhozid u slojevima tako da nosi sama sebe jer ona ima i statičko djelovanje pri preuzimanju potiska.

Izrada filtarskog sloja

Filtarski sloj radi se iza zida, između sitnozrnog materijala iskopa i kamene zaloge. Izbor materijala i debljina filtra trebaju biti određeni na osnovi prethodnih laboratorijskih ispitivanja i moraju biti u skladu s HRN U.S4.062 i ovim OTU-ima. Ako je potrebno, filter se može raditi iz više slojeva materijala različitih granulometrijskih sastava (na primjer: 10 cm krupnozrnog

pijeska i 15 cm granuliranog šljunka). Trebao bi zadovoljavati „filtarsko pravilo“. Filtarski materijal nabija se laganim nabijačem. Ne smije se dopustiti miješanje zemljanog materijala iz padine s materijalom filtra. Filtarski se sloj može izvesti i uz primjenu geosintetika (geotekstila, geodrenova, geokompozita) ako je to predviđeno projektom, a sve u skladu s poglavljem '3. Polaganje geosintetika' ovih OTU-a.

Izrada glinenog čepa

Iznad kamene zaloge i filtra iza potpornog zida radi se glineni čep. Glineni čep mora biti debljine 0,5 m kako bi se spriječilo miješanje površinske i podzemne vode u drenažnom sustavu. Glina se ugrađuje u slojevima debljine 15 cm, vlažnost joj mora biti blizu optimalne, a nabija se ručnim nabijačima.

Čišćenje gradilišta

Nakon završetka radova, gradilište treba očistiti od otpadaka i suvišnog materijala i okolni dio terena dovesti u prvotno stanje.

Kontrola kvalitete radova za gradnju potpornih i obložnih zidova

Kvalitetu betona treba kontrolirati prema odgovarajućim odredbama "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije", normama na koje on upućuje i odredbama iz ovih OTU-a.

Kvalitetu rada i sastav filtra treba kontrolirati prema zahtjevima iz projekta i ovih OTU-a. Prije nego otpočne rad, izvođač je dužan predočiti nadzornom inženjeru dokaze o upotrebljivosti materijala koji namjerava ugraditi u filter.

Kvaliteta ugradnje i nabijanja glinenog čepa kontrolira se prema uvjetima za nabijanje temeljnog tla i ostalih odgovarajućih odredbi ovih OTU-a.

Kontrola kvalitete materijala temeljnog tla provodi se na ovaj način: po završetku iskopa temeljne jame na projektiranu dubinu, potrebno je ustanoviti odgovara li materijal u kojem će se temeljiti potporni zid projektom predviđenom materijalu.

Ako se ustanovi da materijal temelja ne odgovara materijalu predviđenom u projektu ili mu je nosivost manja od potrebne, u suradnji s projektantom treba poduzeti mjere da se osigura stabilnost potpornog zida i padine koju će zid pridržavati. U tom slučaju treba poduzeti neku od ovih mjera: produbiti temeljnu jamu do tla dovoljne nosivosti, zamijeniti materijal u temeljnoj jami, promijeniti oblik i dimenzije temelja potpornog zida ili promijeniti način temeljenja. Kad je temeljna jama u mekoj stijeni (laporu i sl.), zamjenu materijala treba izvesti betonom.

Kvaliteta kamena za zidanje mora biti u skladu s normama navedenim u poglavlju 12-03.2 pod *c) Lomljeni kamen*.

Izvođač je dužan izvoditi radove prema projektu, odredbama ovih OTU-a, uputi nadzornog inženjera te normama.

Obračun radova

Iskop se mjeri u kubičnim metrima (m^3) prema projektu ili naknadno odobrenim izmjenama. Kod objekata u usjeku ili zasjeku iskop temelja računa se samo ispod kote planuma posteljice, a ostali iskop obračunava se kao široki iskop.

Beton temelja mjeri se u kubičnim metrima (m^3) ugrađenog betona s mogućim dodatkom kamena u temelj.

Beton zida mjeri se u kubičnim metrima (m^3) ugrađenog betona.

Zid od kamena mjeri se u kubičnim metrima (m^3) izvedenog zida.

Betonska tajača i drenažna cijev mjere se u dužnim metrima (m) izrađene tajače i postavljene drenažne cijevi.

Poprečni ispusti drenaže mjere se u dužnim metrima (m) položenih cijevi.

Revizijska okna mjere se u kubičnim metrima (m^3) ugrađenog betona, a ako su montažna, onda u dužnim metrima (m) cijevi.

Procjednice se mjere u dužnim metrima (m) ugrađenih cijevi.

Kamena zaloga mjeri se u kubičnim metrima (m^3) izrađene zaloge.

Filtarski sloj iza potpornog zida mjeri se u kubičnim metrima (m^3) izrađenog filtra.

Glineni čep mjeri se u kubičnim metrima (m^3) ugrađene i zbijene gline.

Količine nasipa iza potpornih zidova ne mjere se posebno i obračunavaju se u stavci izrade nasipa ceste.

Svi radovi izrade potpornih konstrukcija, iz ovog poglavlja, plaćaju se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere određenog rada. Jedinična cijena obuhvaća sve radove, nabavu materijala, prijevoze i sve drugo što je potrebno za dovršenje pojedinih radova.

Osim toga, u jediničnoj cijeni za pojedine vrste radova obuhvaćeno je i sljedeće:

- a) u jediničnu cijenu iskopa uključeni su i troškovi razupiranja temeljne jame, crpljenje vode iz jame te moguća izrada zagata, kao i uređenje stijene jame ako je ona načinjena u kamenom materijalu. U cijenu ulazi i prebacivanje iskopanog materijala na udaljenosti do 20 m, kao i zatrpavanje i nabijanje tla oko temelja.
U slučaju potrebe za složenijim sustavom zaštite iskopa od prodiranja podzemne vode ili potrebe za crpljenjem vode složenijim sustavom, iste se obračunavaju zasebnim stavkama, kako je dano u potpoglavlju '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode' ovih OTU-a.
- b) u jediničnu cijenu betona temelja ulaze svi troškovi materijala i izrade, uključujući prijevoze, sredstva za rad i zaštitu betona nakon betoniranja te moguća oplata, armatura, sidra i sl.
- c) u jediničnu cijenu betona zida ulaze svi troškovi materijala i izrade uključujući prijevoze, sredstva za rad i zaštitu betona. Izrada armature i nastavaka armature uključena je u jediničnu cijenu i ne naplaćuje se posebno. U jediničnu cijenu betona ulazi sva oplata, potrebne skele, kao i moguća potrebna razupiranja.
- d) u jediničnu cijenu betonske tajače i drenažne cijevi ulazi sav materijal i rad, prijevoz i uređenje podloge, moguće potrebno razupiranje kao i zaštita drenažne cijevi šljunkom ili tucanikom krupnoće 8-63 mm po gornjem obodu cijevi
- e) u jediničnu cijenu poprečnih ispusta ulazi sav materijal i rad, iskop za poprečne ispuste i izrada podloge i polaganje cijevi, zatrpavanje rovova poprečnih ispusta kao i uređenje izljeva poprečnih ispusta
- f) u jediničnu cijenu kubičnog metra betona revizijskog okna ulazi sav materijal i rad potreban za izradu okna. Pod tim se podrazumijeva dobava i ugradnja betona, cijevi, oplata, poklopaca, stupaljki i slično. Kod montažnih okana u cijenu dužnog metra cijevi ulazi dobava, prijevoz i montaža cijevi, montažnih elemenata i ostalo potrebno za potpuno dovršenje okna.
- g) u jediničnu cijenu za izradu procjednica uračunata je dobava i ugradnja cijevi i sve što je potrebno za njihovu izradu
- h) u jediničnu cijenu za izradu kamene zaloge, odnosno zida obuhvaćena je dobava, probiranje i slaganje zaloge, odnosno zidanje zida kao i moguće podupiranje iskopa
- i) u jediničnu cijenu filtra ulazi sav materijal i rad potreban za izradu filtarskog sloja
- j) u jediničnu cijenu za izradu glinenog čepa ulazi dobava, prijevoz i ugradnja glinovitog materijala
- k) radovi na čišćenju i uređenju terena obračunati su kroz prethodno navedene stavke radova.

12-03.3 MONTAŽNI POTPORNİ ZİDOVI

Opis rada

Rad obuhvaća izradu montažnih potpornih zidova raznih tipova s iskopom za temelje, izradom drenaža i poprečnih ispusta drenaža, izradom, nabavom i montiranjem predgotovljenih izrađenih armiranobetonskih elemenata te uređenjem okoliša po završetku radova.

Rad mora biti obavljen u skladu s projektom, propisima, programom kontrole i osiguranja kvalitete (PKOK-om), zahtjevima nadzornog inženjera i ovim OTU-ima. Dodatni i naknadni radovi mogu se izvoditi samo po prethodnom odobrenju nadzornog inženjera.

Materijali

a) Beton za izradu predgotovljenih elemenata

Beton u temeljima i izvan temelja mora u svemu odgovarati zahtjevima danim u projektu, odgovarajućim odredbama "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije", grupi normi HRN EN 1992 i odredbama poglavlja '7. Betonski radovi' ovih OTU-a. Ako se primjenjuje tip potpornog zida kod kojeg je potrebno injektiranje i sidrenje elemenata zida, radovi i materijali moraju u svemu odgovarati uvjetima danim u projektu.

b) Oplate za izradu predgotovljenih elemenata

Oplate moraju biti izrađene tako da su vidne površine potpuno glatke, odnosno kako je definirano projektom. Oplata mora odgovarati zahtjevima iz projekta, odgovarajućim "Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije" i odredbama poglavlja '5. Tesarski radovi, oplate i skele' ovih OTU-a

c) Montažni elementi

Svi montažni elementi moraju odgovarati zahtjevima iz projekta, ovih OTU-a te moraju imati dokaze u originalu o potrebnoj kvaliteti prema "Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije" i normi HRN EN 13369. Njihovu primjenu na osnovu projekta odobrava nadzorni inženjer.

d) Sidra

Ako se radi zid koji treba sidriti, čelik mora odgovarati zahtjevima kvalitete norme HRN EN 10080 te zahtjevima iz projekta ovim OTU-ima. Izvedba geotehničkih sidara treba biti u skladu s HRN EN 1537.

e) Materijal za filtre za drenaže

Materijal za filtre u drenažama treba odrediti uzevši u obzir svojstva sitnozrnog materijala uz koji se nalazi filtarski sloj, a prema HRN U.S4.062 i ovim OTU-ima.

Moguća je odgovarajuća primjena geosintetika, u skladu s poglavljem '3. Polaganje geosintetika' ovih OTU-a.

Opis izvođenja radova

Prije početka izrade zida potrebno je provjeriti stvarne hidrološke, geološke i geotehničke prilike na terenu i prema potrebi u suglasnosti s nadzornim inženjerom prilagoditi projekt zida stvarnim terenskim uvjetima.

a) Iskop temelja

Iskop za temelje montažnih potpornih zidova treba raditi prema projektu i prema potpoglavlju '12-03.2 Izrada zidova od betona' ovih OTU-a.

b) Betoniranje temelja

Beton temelja mora odgovarati u svemu zahtjevima iz projekta i uvjetima iz potpoglavlja '12-03.2 Izrada zidova od betona' ovih OTU-a.

c) Izrada montažnih elemenata

Predgotovljeni montažni elementi moraju biti izrađeni prema uvjetima iz projekta, odgovarajućim propisima za predgotovljene elemente i ovim OTU-ima.

d) Prijevoz, montiranje i gradnja

Prijevoz, montiranje i gradnja montažnih potpornih i obložnih zidova mora u svemu biti prema zahtjevima iz projekta za određeni tip montažnog zida, prema posebnim tehničkim uvjetima za izradu zidova koji su sastavni dio projekta.

Prije ugradnje izvođač mora osigurati visinske kote krune i temelja zida. Ugrađivati se mogu samo neoštećeni montažni elementi.

e) Izrada drenaže uz zid

Ako je u projektu predviđena drenaža uz potporni zid, potrebno ju je raditi prema zahtjevima projekta i ovim OTU-ima.

f) Izrada filtra iza zida

Predviđene filtarske slojeve potrebno je raditi prema zahtjevima danim u projektu i ovim OTU-ima.

g) Čišćenje gradilišta

Gradilište je po završetku radova potrebno očistiti od otpadaka i suvišnog materijala, a okolni dio terena dovesti u prvotno stanje.

Kontrola kvalitete

Prije početka radova i tijekom izvođenja radova potrebno je kontrolirati kvalitetu upotrijebljenih materijala, proizvoda i radova, a prema zahtjevima za materijale i radove danim u projektu te u ovim OTU-ima. Kontrola kvalitete definira se "Projektom kontrole i očuvanja kvalitete", kako je dano u poglavlju '35. Regulatoriva' ovih OTU-a'.

Kvalitetu montažnih elemenata za izradu zidova izvođač mora dokazati prije početka radova odgovarajućom tehničkom dokumentacijom, certifikatom sukladnosti te dokazom o kvaliteti od proizvođača elemenata koju izdaje ovlašteno tijelo (sukladno "Tehničkom propisu za građevinske proizvode") i u originalu predati na suglasnost nadzornom inženjeru.

Obračun radova

Iskop temelja mjeri se u kubičnim metrima (m^3) u okviru projekta ili prema naknadnim izmjenama koje je odobrio nadzorni inženjer. Kad je objekt u usjeku ili zasjeku, iskop temelja računa se samo ispod kote planuma posteljice, a ostali se iskop obračunava kao široki iskop.

Ako je projektom predviđeno posebno betoniranje temelja, beton temelja mjeri se u kubičnim metrima (m^3) ugrađenog betona.

Montažni zid mjeri se u kubičnim metrima (m^3) izrađenog zida.

Sidra za sidrenje elemenata zida mjere se u stvarnoj dužini ugrađenih sidara u dužnim metrima (m').

Betonske tajače i drenažne cijevi mjere se u dužnim metrima (m') izrađene tajače i postavljene drenažne cijevi.

Filtarski slojevi mjere se u kubičnim metrima (m^3) izrađenog filtra.

Radovi potrebni za izradu montažnih zidova plaćaju se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere. Jedinična cijena obuhvaća sve radove, nabavu materijala, prijevoze i sve drugo što je potrebno za dovršenje pojedinih radova. Osim toga, u jediničnim cijenama za pojedine vrste radova obuhvaćeno je i ovo:

- a) u jediničnoj cijeni iskopa uključeni su i troškovi razupiranja temeljne jame, crpljenje vode iz jame, rad u mokrom, prebacivanje iskopanog materijala na udaljenost do 10 m, zatrpavanje i nabijanje tla oko temelja i sve drugo potrebno za rad na iskopu. U slučaju potrebe za složenijim sustavom zaštite iskopa od prodiranja podzemne vode ili potrebe za crpljenjem vode složenijim sustavom, iste se obračunavaju zasebnim stavkama, kako je dano u potpoglavlju '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode' ovih OTU-a.
- b) u jediničnu cijenu betona temelja ulaze svi troškovi materijala i izrade, uključujući prijevoze, sredstva za rad i zaštitu betona nakon betoniranja te moguća oplata, armatura, sidra i sl.

- c) u jediničnoj cijeni izrade montažnog zida obuhvaćeni su svi troškovi izrade montažnih elementa, ispuna, potrebna betoniranja, rad i materijal kod spajanja elemenata, skele, sav rad, prijevoz, potrebna oprema i sve ostalo za potpuno dovršenje posla
- d) u jediničnu cijenu izrade sidara ulaze dobava, ugrađivanje i prednapinjanje sidara, troškovi zalijevanja sidara injekcijskom suspenzijom odnosno cementnim mortom kod perfosidara, troškovi zaštite glave sidra i utora stupova cementnim mortom i svi ostali prijevozni i drugi troškovi koji su potrebni za izvršenje rada
- e) u jediničnu cijenu betonske tajače i drenažne cijevi ulazi sav materijal i rad, prijevozi, uređenje podloge i moguće potrebno razupiranje
- f) u jediničnu cijenu izrade filtra ulazi sav materijal i rad potreban za izradu filtarskog sloja.

Radovi na čišćenju i uređenju terena (okoliša) obračunavaju se kroz prethodno navedene stavke radova.

12-03.4 POTPORNNA KONSTRUKCIJA OD ŽIČANIH KOŠARA

12-03.4.1 Žičane košare (gabioni)

Opis rada

Gabioni su pravokutne košare (kvadri) od žičane ili polimerne mreže, ispunjene kamenim materijalom, koje se mogu slagati kao opeke da oblikuju samostojeću konstrukciju. Koriste se za izradu potpornih zidova, armiranje tla, oblogu vodotoka, regulacije voda i zaštitu od erozije.

Ovaj rad obuhvaća građevine i zaštitu pokosa pomoću žičanih košara (gabiona) koji se slažu i ugrađuju u jedinstvenu konstrukciju zida, na površinama određenim projektom ili prema zahtjevu nadzornog inženjera uz suglasnost projektanta.

Rad mora biti obavljen u skladu s projektom, propisima, programom kontrole i osiguranja kvalitete (PKOK-om), zahtjevima nadzornog inženjera i ovim OTU-ima. Dodatni i naknadni radovi mogu se izvoditi samo po prethodnom odobrenju nadzornog inženjera.

Materijali

Za ovu vrstu potporne konstrukcije primjenjuju se elementi koji su izrađeni od omotača (žičana mreža) i ispune (građevinski materijal) iz ostalih poglavlja ovih OTU-a. Tehničke karakteristike i specifikacije elemenata gabionskih košara i kamenih materijala ispune definirane su projektom, važećim normama i propisima.

a) Gabionske košare

Omotač je izrađen od žičanih ili polimernih mreža.

Žičane mreže izrađene su od čeličnih žica karakteristika određenih projektom ili prema ovim OTU-ima sa šesterokutnim oćicama i dvostrukim navojem na spoju. Oblik složene mreže je pravokutna prizma (kvadar). Čelična mreža je pocinčana radi trajnosti i veće otpornosti sprječavanja korozije. Veličina oćica i promjer žice ovisni su o materijalu ispune koji može biti krupni šljunak, drobljeni kameni ili najčešće lomljeni kamen.

Dimenzije košara su različite ovisno o proizvodnom programu proizvođača. U pravilu, košare se izrađuju u dimenzijama $1,0 \times 1,0 \times 1,0$ m; $1,0 \times 1,0 \times 2,0$ m ili $1,0 \times 1,0 \times 3,0$ m itd, odnosno prema projektu.

Svaki panel mreže, pri čemu se pod 'panelom' podrazumijeva jedna pravokutna stranica gabiona, mora biti pojačan po rubovima i spojen pocinčanom žicom obloženom PVC-om. Prednji panel (lice gabiona) s unutrašnje strane mora imati pojačanje, minimalno od žice koja se koristi za krajeve i porube kako bi imao zadovoljavajuću krutost pri montaži. Dimenzije panela moraju odgovarati projektnima uz tolerancije dužina do $\pm 1\%$.

Gabionske žičane mreže mogu biti izrađene od žice galvanizirane galfanom (galfan: 95% cink i 5% aluminij). Pocinčanje legurom galfan produljuje trajnost konstrukcije u odnosu na materijale s običnim pocinčanjem. Mogu biti i s PVC oblogom kao dodatnom zaštitom.

Polimerne mreže izrađene su od polietilena visoke gustoće, polivinilklorida, polietilena ili polipropilena. Mreže normalno imaju četverokutne očice. Način sastavljanja, povezivanja i izrade elemenata košara istovjetan je onim kod žičanih mreža.

Vlačna čvrstoća žice je oko 350 do 550 MPa, a izduljenje žice veće od 10 %.

Smjernice i norme za žičani dio gabiona su HRN EN 10223-3, HRN EN 10218-2 i HRN EN 10264-2.

b) *Ispuna košare*

Kao materijal za ispune mogu se upotrebljavati lokalni kameni materijali koji imaju potrebnu i odgovarajuću kvalitetu za ovu vrstu radova. Ispuna je od čvrstog, izdržljivog, postojanog lomljenog ili prirodnog kamena. Veličina zrna kamenog materijala za ispunu je između 150 i 250 mm.

Opis izvođenja radova

Ova vrsta konstrukcija izrađuje se od elemenata koji se sastavljaju i ispunjavaju na mjestu ugradnje. Prema projektu ili zahtjevu nadzornog inženjera izvede se najprije iskop (kampadni iskop) za temelj.

Priprema temeljnih platoa za ugradnju donjeg (prvog) reda gabiona provodi se poravnavanjem i zbijanjem podloge kao za posteljicu ceste ili nasipa, u skladu s poglavljem '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Temeljna ploha može biti poravnata (ako se radi o stijeni) i/ ili izvedena u betonu.

U izvedenom kampadnom iskopu za temelj, prema projektu postavljaju se sastavljene gabionske košare koje se ispunjavaju građevinskim kamenim materijalom na licu mjesta. Pri tome, najsitniji dijelovi kamene ispune moraju biti veći od veličine otvora mreže. Materijal se raspoređuje rukom ili priručnim alatom tako da su šupljine što bolje ispunjene. Sitniji materijali mogu se ugrađivati strojno, košarom bagera. Poslije ugrađene ispune košare se zatvaraju poklopcima, povezuju međusobno okomitim i kutnim vezovima (spojnicama); košare se poslije toga sukcesivno postavljaju u istom sloju ili u sljedećim slojevima, ovisno o zahtjevima projekta i uvjetima na terenu (na licu mjesta).

Sve susjedne košare u istom sloju i u sljedećim slojevima povezuju se međusobno spojnim čeličnom žicom (spojnicama) radi zajedničkog međusobnog djelovanja elemenata i veće čvrstoće i krutosti konstrukcije od gabionskih košara. Između košara i prirodnog tla ugrađuje se odgovarajući filterski sloj (drenažna konstrukcija prema projektu) koji služi da spriječi infiltraciju sitnih čestica tla u ispunu gabiona. Isto je tako važno da se iz najdublje dijela temelja zida omogući odvod vode pomoću drenažnih jaraka te da je za cijelo vrijeme izrade zida od gabionskih elemenata osigurana kontrolirana odvodnja površinskih i procjernih voda izvan zone izrade zida.

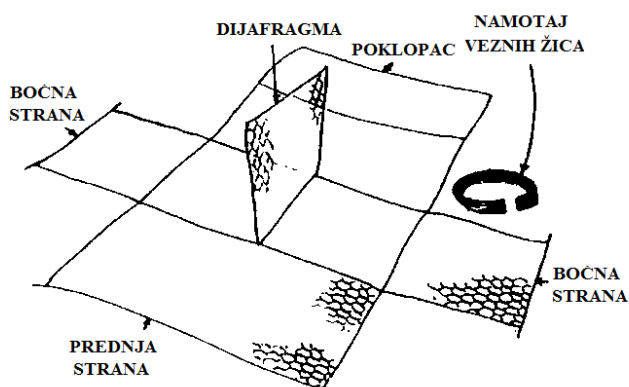
Izvedba i ugradnja zida od gabionskih koševa obavlja se prema uvjetima projekta ili prema uvjetima navedenim u ovim OTU-ma.

Kako bi se spriječila privremena erozija uzrokovana oborinskom vodom po pokosu građevne jame zida, potrebno je prije početka (kampadnog) iskopa za zid iznad pokosa urediti površinsku odvodnju kojom se sprječava koncentrirani tok vode.

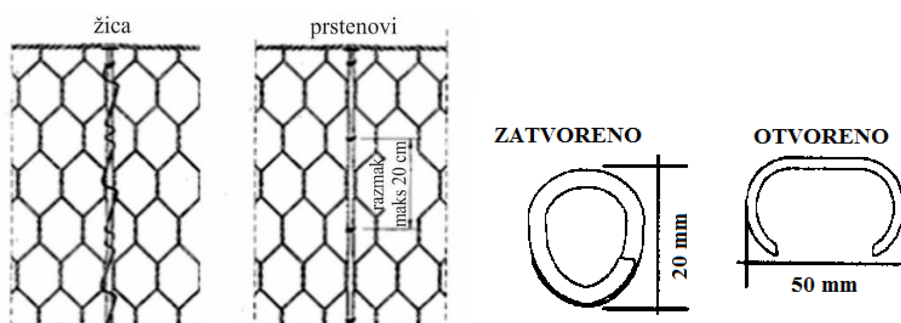
Procedura slaganja, izrade, punjenja i ugradnje gabionskih košara (prema slikama 12-03.4.1-1 do 12-03.4.1-4):

- gabioni se otvaraju i slažu na čvrstoj podlozi
- prednja, stražnja i bočne stranice te dijafragma podižu se u uspravan položaj kako bi se oblikovao koš
- gornji krajevi osigurani su debelom porubnom žicom. Rubovi se međusobno spajaju prstenovima (ili žicom) počevši od vrha prema dolje. Prstenovi se stavljaju na razmak od najviše 20 cm dužine, ručnom ili pneumatskom spajalicom.
- gabioni se postavljaju u nizu na prethodno pripremljenu ravnu podlogu (temelj) prema projektu i međusobno spajaju prstenovima (ili žicom) prije punjenja po principu da je bar jedan gabion prazan ispred gabiona koji se pune

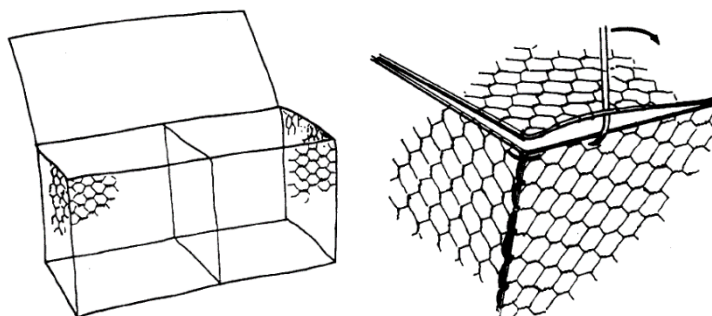
- prvo se ručno slaže lice gabiona lomljenim kamenom (kada se želi dobiti privid suhozida, nije konstruktivna obaveza), a zatim se ispunjava ostatak gabiona strojno
- gabioni se pune odgovarajućim kamenom 50 - 75 mm iznad nivoa vrha mreže kako bi se omogućilo slijeganje uslijed vlastite težine
- gabioni se pune obvezno u trećinama visine gabionske košare gdje se na svakoj trećini visine izvodi poprečna i uzdužna ukruta žicom između stranica gabiona i dijafragme u sredini gabionske košare te se ukrute žicom zatežu po principu zatega uvrtnjem žičane ukrute
- nakon punjenja, poklopac se zatvara i spaja s prednjom, stražnjom i bočnim stranama te dijafragmom prstenovima (ili žicom)
- neophodno je potrebno da se svaka gabionska košara veže za susjedne gabione sa svih strana koje se dodiruju radi međusobnog djelovanja i veće krutosti i čvrstoće
- procedura slaganja, izrade, punjenja i ugradnje gabionskih košara definirana je projektom ili ovim OTU-ima.

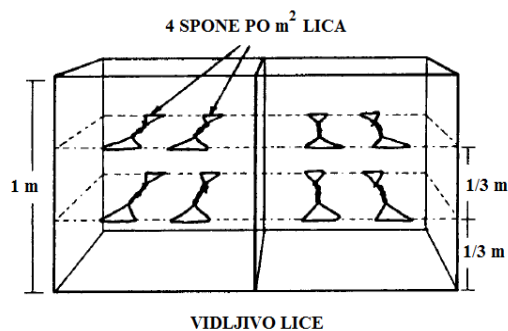


Slika 12-03.4.1-1 Priprema gabiona

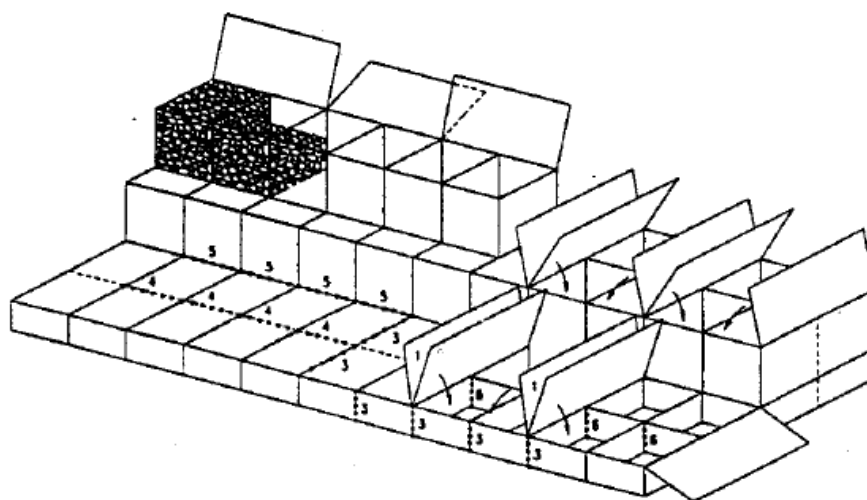


Slika 12-03.4.1-2 Povezivanje gabiona žicom i prstenovima





Slika 12-03.4.1-3 Poprečna ukruta i povezivanje poklopca gabiona



Slika 12-03.4.1-4 Pozicioniranje i ispuna gabiona

Na stražnju stranu gabionskog zida može se postaviti geotekstil veće vodopropusnosti kako bi se osiguralo odvajanje od podloge i filtriranje. Postavljanje geotekstila u svemu u skladu s odredbama danim u poglavlju '3. Polaganje geosintetika' ovih OTU-a. Pri tome je važno da vodopropusnost geotekstila u ravnini bude veća od $2,5 \cdot 10^{-3}$ l/ms prema HRN EN ISO 11058.

Zahtjevi kvalitete

Pletivo i spojni materijal za gabionske košare moraju odgovarati zahtjevima kvalitete prema projektu i ovim OTU-ima. Kvaliteta materijala za izradu ispune (krupni šljunak, drobljeni kamen ili lomljeni kamen) treba zadovoljiti odredbe iz projekta i ovih OTU-a predviđene za te materijale.

Prije početka radova izvođač je za sve materijale dužan od ovlaštenog tijela pribaviti dokaze o uporabljivosti te originalnu dokumentaciju o kvaliteti materijala predložiti nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost; podatke za gabionske košare: dimenzionalnu točnost, vlačnu čvrstoću, kvalitetu pocinčane žice, tolerancije, čvrstoće žice, mreže i ispunjenih gabiona, kvalitetu materijala, kvalitetu plastifikacije, dokaz ugradnje i trajnosti; podatke za kamen: podrijetlo, postojanost, izdržljivost, ugradljivost itd. sve kao za građevinski materijal.

Proizvodi se trebaju uskladištiti na mjestu udaljenom od gradilišnog prometa kako bi se izbjegao rizik slučajnog oštećenja i trebaju ostati pakirani u buntovima do trenutka ugradnje.

Kontrola kvalitete će provodi se prema projektu, odnosno prema PKOK-u i ovim OTU- ima.

Pozicije ugradnje definiraju se geodetskim iskolčenjem. Zahtijeva se postizanje točnosti iskolčenja ± 1 cm. Geodetske kontrole ugradnje provode se kontinuirano tijekom izvedbe, a snimanje izvedenog stanja nakon ugradnje svakog reda gabiona, sve uz istu točnost.

Kontrola kvalitete obuhvaća prethodna ispitivanja te tekuća i kontrolna ispitivanja gabionskih košara.

Prethodna ispitivanja gabionskih košara

Kod ispitivanja gabionskih košara moraju biti zadovoljeni od proizvođača deklarirani kriteriji, a broj ispitivanja definiran je većom od sljedećih vrijednosti - jedno ispitivanje za svaku isporučenu skupinu ili minimalno 3 ispitivanja.

Tekuća i kontrolna ispitivanja gabionskih košara

Kod ispitivanja gabionskih košara moraju biti zadovoljeni od proizvođača deklarirani kriteriji, a broj ispitivanja definiran je većom od sljedećih vrijednosti - jedno ispitivanje za svaku isporučenu skupinu ili minimalno 6 ispitivanja.

Norme za ispitivanje žičanog dijela gabiona su HRN EN 10223-3, HRN EN 10218-2 i HRN EN 10264-2.

Proizvođač treba uz dokaze o ispunjavanju traženih tehničkih uvjeta priložiti i reference za slične konstrukcije kod kojih je njihov proizvod upotrijebljen.

Ispitivanja kamene ispune

Kada se zahtijeva da lice zida slični suhozidu, tada se na lice gabiona ugrađuje kamen koji mora biti veličine zrna 200 - 250 mm i slaže se isključivo ručno. Ispuna gabiona mora imati minimalnu veličinu zrna dimenzija 150 mm kako bi se osiguralo da ne prolazi kroz mrežu gabionske košare. Maksimalna dopuštena dimenzija je 250 mm.

Kvaliteta kamene ispune mora biti u skladu s normama navedenim u poglavlju 12-03.2 pod c) *Lomljeni kamen*.

Ispitivanja geotekstila

Geotekstil se postavlja između nasipa i gabiona prema projektu. Kontrolira se redovitost i pravilnost postavljanja vizualnim pregledom, a ispitivanja geotekstila trebaju biti u skladu s poglavljem '3. Polaganje geosintetika' ovih OTU-a.

Obračun radova

Izrada potpornih konstrukcija primjenom košara (gabiona) obračunava se po kubičnom metru (m^3) prema stvarno izvedenim radovima, a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama. U jediničnoj cijeni sadržani su dobava, prijevoz i postava te sav rad i materijal opisan u ovom potpoglavljju, uključivo materijal gabionske košare, materijal ispune košare i sve ostale materijale (spojeve) potrebne za potpuni dovršetak radova na ugradnji gabionskog zida.

Iskop za temelj i filtarski materijal (drenažna konstrukcija) obračunava se po kubičnom metru (m^3), a plaća po ugovorenim jediničnim cijenama prema stvarno izvršenim radovima u posebnoj stavci.

Geotekstil koji se eventualno postavlja na stražnju stranu gabionskog zida obračunava se po kvadratnom metru (m^2).

12-03.4.2 Žičane košare sa zategama

Opis rada

Ovaj rad obuhvaća izradu potporne konstrukcije i zaštitu pokosa pomoću žičanih košara sa zategama (gabioni sa zategama – npr. Terramesh sustav ili slično) koji se slažu i ugrađuju u jedinstvenu konstrukciju zida na površinama određenim projektom ili prema zahtjevu nadzornog inženjera uz suglasnost projektanta.

Gabioni sa zategama su kombinacija pravokutnih košara od žičane mreže (gabiona) i vodoravno postavljenih mreža (vlačnih elemenata) za "armiranje tla" koji oblikuju samostojeću potpurnu konstrukciju. To su gabioni čija se donja mreža produžuje kao zatega. Kod ugradnje takvih gabiona moraju se, istovremeno s punjenjem gabiona na čelu zida, zasipavati i mreže zatega. Nasipani materijal, koji se zasipava na mreže, treba kompaktirati valjanjem ili vibriranjem.

Koriste se za izradu nasipa i potpornih zidova, zaštite pokosa, armiranje tla te zaštitu od erozije i za uporabu u svrhu armiranja nasipa s kutom pokosa do 70° .

Svi uvjeti za materijale, izradu i kontrolu kvalitete koji ovdje nisu navedeni vrijede kao i potpoglavlju '12-03.4.1 Žičane košare (gabioni)' ovih OTU-a.

Materijali

Svi uvjeti za materijale košare istovjetni su onima danim za materijal gabionske košare u potpoglavlju '12-03.4.1 Žičane košare (gabioni)'.

Dimenzije košara i zatega različite su ovisno o proizvodnom programu proizvođača. U pravilu, gabionske košare sa zategama izrađuju se u dimenzijama $0,5 \times 2,0 \times 3,0 \text{ m}$; $0,5 \times 2,0 \times 4,0 \text{ m}$ ili $0,5 \times 2,0 \times 5,0 \text{ m}$ te $1,0 \times 2,0 \times 3,0 \text{ m}$; $1,0 \times 2,0 \times 4,0 \text{ m}$ ili $1,0 \times 2,0 \times 5,0 \text{ m}$, odnosno prema projektu. Nestandardne veličine dostupne su prema posebnim projektnim zahtjevima.

Svaki panel mreže, pri čemu se pod 'panelom' podrazumijeva jedna pravokutna stranica gabiona, mora biti pojačan po rubovima i spojen s pocinčanom žicom obloženom PVC-om. Prednji panel (lice gabiona) s unutrašnje strane mora imati pojačanje, minimalno od žice koja se koristi za krajeve i porube kako bi imao zadovoljavajuću krutost pri montaži.

Prednja i gornja strana gabionskog koša presavijaju se tijekom proizvodnje. Stražnja i bočne strane koša formirane su od posebnih komada mreže koje se fiksiraju za panel tijekom proizvodnje. Dodatni, posebni panel mreže koji služi kao dijafragma pričvršćuje se za prednju i stražnju stranu koša na gradilištu na svakih 1 m dužine.

Materijal panela (zatege) koji se sa stražnje strane postavlja vodoravno i koji se veže za gabionsku košaru u pravilu je jednakih karakteristika kao i materijal samog gabiona. Ugradnjom zatege povećava se stabilnost potporne konstrukcije uslijed međudjelovanja zatege kao vlačnog elementa i tla koje se nasipa ispod i iznad zatege.

Dimenzije panela moraju odgovarati projektnima uz tolerancije dužina do $\pm 1\%$.

Svi uvjeti za materijal ispune istovjetni su onima danim za materijal kamene ispune u potpoglavlju '12-03.4.1 Žičane košare (gabioni)'.

Opis izvođenja radova

Ova vrsta konstrukcija izrađuje se od elemenata koji se sastavljaju i ispunjavaju na mjestu izrade zida (nasipa ili zaštite).

Priprema temeljnih platoa za ugradnju donjeg (prvog) reda gabiona sa zategama provodi se poravnavanjem i zbijanjem podloge kao za posteljicu ceste. Prema projektu ili zahtjevu nadzornog inženjera izvede se podloga nasipa i postavljaju se gabionske košare sa zategama koje se ispunjavaju građevinskim kamenim materijalom i zasipavaju zatege na licu mjesta.

Poslije izrađene ispune, gabionske košare zatvaraju se poklopcima, povezuju međusobno okomitim i kutnim vezovima (spojnicama). Košare i zatege sukcesivno se postavljaju u istom sloju ili u sljedećim slojevima ovisno o zahtjevima projekta i uvjetima na terenu (na licu mjesta).

Sve susjedne gabionske košare i zatege u istom sloju i gabionske košare u sljedećim slojevima povezuju se međusobno spojnom čeličnom žicom (spojnicama) radi zajedničkog međusobnog djelovanja elemenata i veće čvrstoće i krutosti kompletne konstrukcije od gabionskih koševa sa zategama. Važno je da je za cijelo vrijeme izrade nasipa ili zida od gabionskih žičanih košara sa zategama osigurana kontrolirana odvodnja površinskih i procjednih voda izvan zone zahvata.

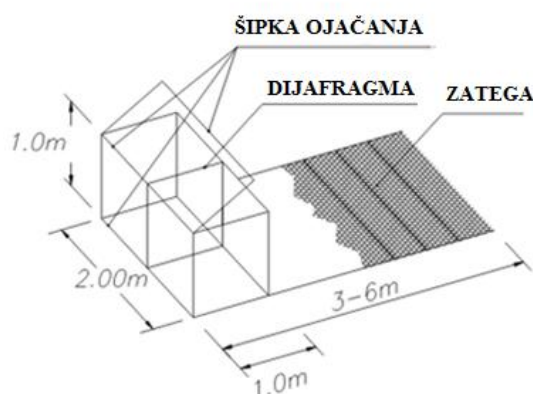
Izvedba i ugradnja zida ili nasipa od gabionskih košara sa zategama obavlja se prema uvjetima projekta ili prema uvjetima navedenim u ovim OTU-ima.

Kako bi se spriječila privremena erozija uzrokovana oborinskom vodom po pokosu građevne jame zida, potrebno je prije početka (kampadnog) iskopa za zid iznad pokosa urediti površinsku odvodnju kojom se sprječava koncentrirani tok vode.

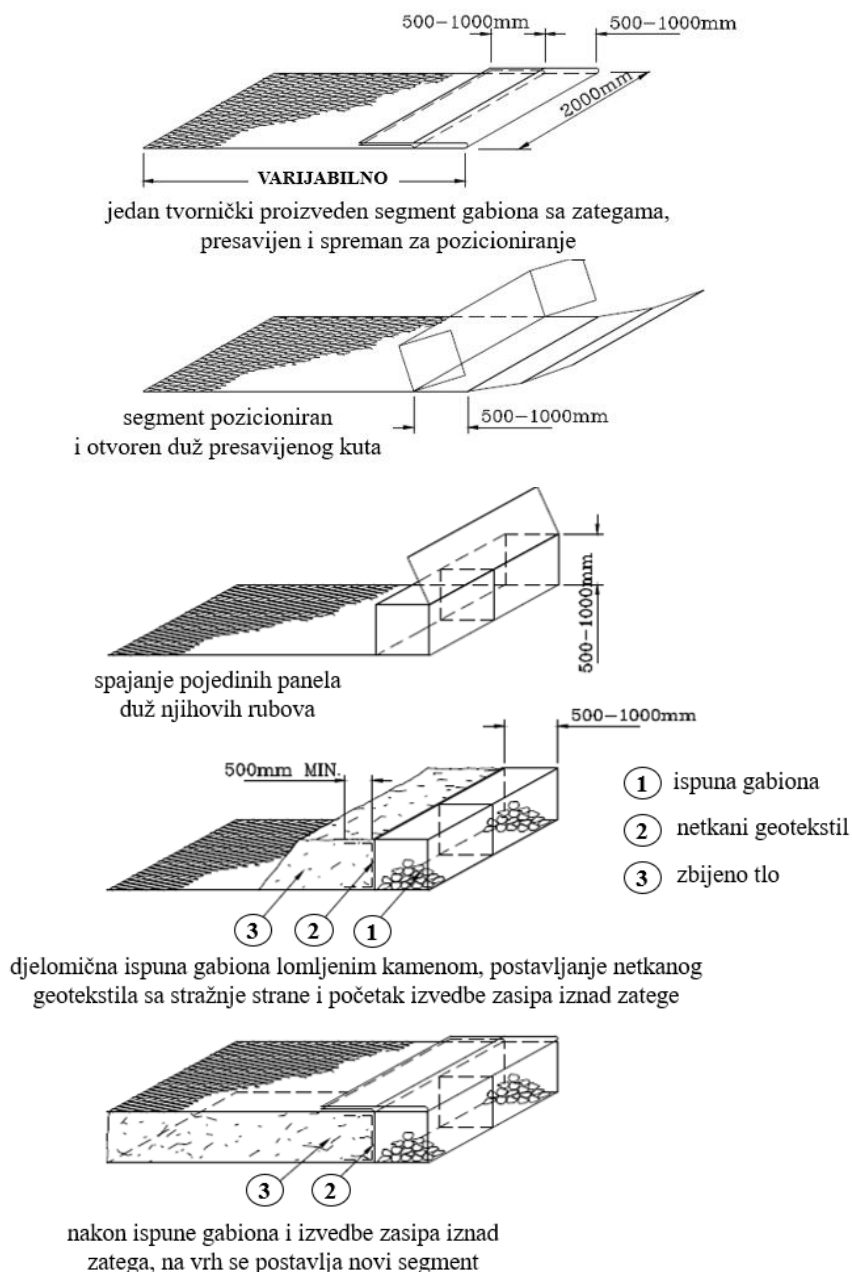
Procedura slaganja, izrade, punjenja i ugradnje gabionskih košara sa zategama (slike 12-03.4.2-1 i 12-03.4.2-2):

- gabioni sa zategama se slažu na čvrstoj podlozi
- gabionski elementi otvaraju se i vanjsko se lice oblikuje u gabionsku košaru, povezivanjem prstenima, a mreža se raširi u odgovarajućem smjeru u skladu s projektom

- gabionske košare i horizontalne mreže susjednih elemenata u redovima se međusobno vežu pocinčanim prstenima (razmak prstena je najviše 20 cm), a gabioni se vežu i s gabionima u prethodnom redu
- postavlja se dijafragma gabiona (posebni panel mreže koji dijeli element na dva dijela duljine 1 m) kako bi se formirala košara
- gornji krajevi osigurani su debelom porubnom žicom. Rubovi se međusobno spajaju prstenovima (ili žicom) počevši od vrha prema dolje. Prstenovi se stavljaju na svakih najviše 20 cm dužine, s ručnom ili pneumatskom spjalicom.
- prvo se ručno slaže lice gabiona lomljenim kamenom, zatim ostatak gabiona ručno i strojno i na kraju se izvodi nasip iznad armirajuće mreže (zatege)
- na 1/3 i na 2/3 visine gabiona postavljaju se zatege. Gabioni se pune obvezno u trećinama visine gabionske košare gdje se na svakoj trećini visine izvodi poprečna i uzdužna ukruta žicom između stranica gabiona i dijafragme u sredini gabionske košare te se ukrute žicom zatežu po principu zatega uvrtnjem žičane ukrute.
- gabioni se pune odgovarajućim kamenom 50 do 75 mm iznad nivoa vrha mreže kako bi se omogućilo slijeganje uslijed vlastite težine
- nakon punjenja, poklopac se zatvara i spaja s prednjom, stražnjom i bočnim stranama te dijafragmom prstenovima (ili žicom)
- iza gabiona ugrađuje se geotekstil težine najčešće 300 g/m², prema projektu. Geotekstil se polaže na donju mrežu u širini 1,0 m, uz stražnju stranu gabiona vertikalno te horizontalno ispod gornje mreže u širini 1,0 m. Geotekstil se nastavlja preklapanjem. Širina preklopa je min 20 cm. Postavljanje geotekstila u svemu u skladu s odredbama danim u poglavlju '3. Polaganje geosintetika' ovih OTU-a. Pri tome je važno da vodopropusnost geotekstila u ravnini bude veća od $2,5 \cdot 10^{-3}$ l/ms prema HRN EN ISO 11058.
- ispuna na mreže za sidrenje nanosi se u minimalnoj debljini od 150 mm. Potrebno je posebno voditi računa o tome da su mreže adekvatno prekrivene ispunom prije zbijanja ili eventualnog prelaska vozila. Vozila se ne smiju kretati izravno po mreži za sidrenje.
- maksimalna debljina slojeva za zbijanje ovisi o vrsti materijala za ispunu kao i dostupnoj mehanizaciji na gradilištu, ali ne smije prelaziti 500 mm
- prilikom slaganja gabiona razlika visine ispune između susjednih elemenata ne smije biti veća od 1/3 visine gabiona, odnosno najviše 33 cm
- armirano tlo i nasip iza izvode se istovremeno, a paralelno s izvedbom gabiona
- neophodno je potrebno da se svaka gabionska košara veže za susjedne gabione sa svih kontaktnih strana radi međusobnog djelovanja i veće krutosti i čvrstoće
- procedura slaganja, izrade, punjenja i ugradnje gabionskih košara sa zategama definirana je projektom i ovim OTU-ima.



Slika 12-03.4.2-1 Element Terramesh sustava



Slika 12-03.4.2-2 Koraci izvedbe Terramesh sustava

Zahtjevi kvalitete

Pletivo i spojni materijal za gabionske košare sa zategama moraju odgovarati zahtjevima kvalitete prema projektu i ovim OTU-ima. Kvaliteta materijala za izradu ispune (krupni šljunak, drobljeni kameni materijal ili lomljeni kamen) treba zadovoljiti odredbe iz projekta i ovih OTU-a predviđene za te materijale.

Prije početka radova izvođač je za sve materijale dužan od ovlaštenog tijela pribaviti dokaze o uporabljivosti te originalnu dokumentaciju o kvaliteti materijala predložiti nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost; podatke za gabionske košare: dimenzionalnu točnost, vlačnu čvrstoću, kvalitetu pocinčane žice, tolerancije, čvrstoće žice, mreže i ispunjenih gabiona, kvalitetu materijala, kvalitetu plastifikacije, dokaz ugradnje i trajnosti; podatke za kamen: podrijetlo, postojanost, izdržljivost, ugradljivost itd., sve kao za građevinski materijal.

Proizvođačke specifikacije usvojenog sustava gabiona sa zategama moraju biti potvrđene odgovarajućim izjavama o sukladnosti i izvještajem o ispitivanjima kojima se dokazuju tražena

svojstva te kontrolnim ispitivanjima provedenim u Republici Hrvatskoj od strane ovlaštene institucije. Zahtijeva se da proizvod bude sukladan ovdje danim tehničkim uvjetima.

Gabionske košare sa zategama moraju biti isporučene izravno od proizvođača ili od odobrenog dobavljača s traženim certifikatima i certifikatom usklađenosti s proizvođačkom specifikacijom.

Tvornička kontrola kvalitete uključuje vizualnu i dimenzijsku provjeru žice na kalemu, provjeru količine pocinčanja, debljinu plastificiranja i dimenzijsku provjeru pletene mreže.

Proizvodi se trebaju uskladištiti na mjestu udaljenom od gradilišnog prometa kako bi se izbjegao rizik slučajnog oštećenja i trebaju ostati pakirani u buntovima do trenutka ugradnje.

Kontrola kvalitete provodi se prema projektu, odnosno prema PKOK-u i ovim OTU- ima.

Pozicije ugradnje definiraju se geodetskim iskolčenjem. Zahtijeva se postizanje točnosti iskolčenja ± 1 cm. Geodetske kontrole ugradnje provode se kontinuirano tijekom izvedbe, a snimanje izvedenog stanja nakon ugradnje svakog reda gabiona sa zategama, sve uz istu točnost.

Kontrola kvalitete obuhvaća prethodna ispitivanja te tekuća i kontrolna ispitivanja gabionskih košara sa zategama.

Prethodna ispitivanja gabionskih košara sa zategama

Kod ispitivanja gabionskih košara sa zategama moraju biti zadovoljeni od proizvođača deklarirani kriteriji, a broj ispitivanja definiran je većom od sljedećih vrijednosti - jedno ispitivanje za svaku isporučenu skupinu ili minimalno 3 ispitivanja.

Tekuća i kontrolna ispitivanja gabionskih košara sa zategama

Kod ispitivanja gabionskih košara sa zategama moraju biti zadovoljeni od proizvođača deklarirani kriteriji, a broj ispitivanja definiran je većom od sljedećih vrijednosti - jedno ispitivanje za svaku isporučenu skupinu ili minimalno 6 ispitivanja.

Norme za ispitivanje žičanog dijela gabiona, uključivo zatege, su HRN EN 10223-3, HRN EN 10218-2 i HRN EN 10264-2.

Proizvođač treba uz dokaze o ispunjavanju traženih tehničkih uvjeta priložiti i reference za slične konstrukcije kod kojih je njihov proizvod upotrijebljen.

Ispitivanja kamene ispune

Kada se zahtijeva da lice zida slični suhozidu tada se na lice gabiona ugrađuje kamen koji mora biti veličine zrna 200 - 250 mm i slaže se isključivo ručno. Ispuna gabiona mora imati minimalnu veličinu zrna dimenzija 150 mm, kako bi se osiguralo da ne prolazi kroz mrežu gabionske košare. Maksimalna dopuštena dimenzija je 250 mm. Kvaliteta kamene ispune mora biti u skladu s normama navedenim u poglavlju 12-03.2 pod c) *Lomljeni kamen*.

Za ugradnju u nasip do nivoa prvog reda gabiona, na mrežama i iza mreža, kameni materijal mora u potpunosti zadovoljavati uvjete za izradu nasipa od kamenog materijala danim u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Ugradnja se izvodi prema ovim OTU-ima uz uvjet da debljina slojeva pri ugradnji na mreže ne smije biti veća od 50 cm.

Izvođač je radova dužan obavljati (osigurati) tekuća ispitivanja tijekom izvedbe radova, a kontrolna ispitivanja odobrava nadzorni inženjer.

Kontrolna i tekuća ispitivanja materijala iznad zategi obuhvaćaju (sve u skladu s poglavljem '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a):

- kontrole dimenzija
- određivanje Modula stišljivosti (Ms) kružnom pločom ili stupnja zbijenosti Sz u odnosu na standardni Proctorov postupak
- ispitivanje granulometrijskog sastava nasipnog materijala.

Ispitivanja geotekstila

Geotekstil se postavlja između nasipa i gabiona prema projektu. Kontrolira se redovitost i pravilnost postavljanja vizualnim pregledom, a ispitivanja geotekstila trebaju biti u skladu s poglavljem '3. Polaganje geosintetika' ovih OTU-a.

Obračun radova

Izrada potporne konstrukcije primjenom žičanih košara (gabiona) sa zategama obračunava se po kubičnom metru (m^3) gabionskog koša, prema stvarno izvedenim radovima, a plaća po ugovorenim jediničnim cijenama. U jediničnoj cijeni sadržani su dobava, prijevoz i postava gabionske košare, materijal ispune košare i svi ostali materijali (spojevi) potrebni za potpuni dovršetak radova.

Zatege se obračunavaju zasebno po kvadratnim metrima (m^2) prema stvarno izvedenim radovima, a plaća po ugovorenim jediničnim cijenama.

Materijal nasipa koji se postavlja na samu zategu gabionskog koša obračunava se zasebno po kubičnom metru (m^3) ugrađenog i zbijenog nasipa, a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama.

Geotekstil koji se postavlja na stražnju stranu gabionskog zida obračunava se po kvadratnom metru (m^2).

Iskop za temelj gabionskog zida sa zategama obračunava se zasebno po kubičnom metru (m^3) iskopanog tla u sraslom stanju (odvojiti stavke za različite kategorije tla) te se plaća po ugovorenim jediničnim cijenama.

12-03.5 POTPORNE KONSTRUKCIJE OD ALTERNATIVNIH MATERIJALA

12-03.5.1 Potporna konstrukcija od omotanog geotekstila

Opis rada

Ovaj rad obuhvaća izvedbu potporne konstrukcije od slojeva tla koji se omotavaju geotekstilom. U unutrašnjosti konstrukcije se na kontaktu tlo – geotekstil aktiviraju posmične sile koje doprinose stabilizaciji tla, a na čelu zida geotekstili sprečavaju odrone tla.

Opis izvođenja radova

Potporne konstrukcije od omotanog geotekstila sastavljene su od horizontalnih slojeva tla (debljine od 25 do 50 cm) koji su sa tri strane obloženi geotekstilom.

Geotekstili se dopremaju i uskladištavaju na gradilištu u količini potrebnoj za izvođenje radova na izvedbi potporne konstrukcije bez prekida. Uskladištenje geotekstila na gradilištu mora biti provedeno na način da je geotekstil zaštićen od jake svjetlosti, ultraljubičastih zraka, kiše, snijega, poplavnih voda i slično. Geotekstili se dopremaju na gradilište u rolama širine 2,0 - 5,0 m. S rolama mase do 150 kg manipulira se ručno. Ako su role veće mase, polaganje geotekstila treba izvesti pomoću pogodnih građevinskih strojeva ili vozila.

Prvi sloj geotekstila polaže se na prethodno uređeno temeljno tlo (odstranjeno drveće, grmlje i ostala vegetacija, izvađeni panjevi i korijenje na način opisan u poglavlju '1. Pripremni radovi' ovih OTU-a te skinut humus na način opisan u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a). Eventualno nastala uleknuća, depresije i jame potrebno je urediti na način opisan u potpoglavljju '2-09 Uređenje temeljnog tla – posteljice', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Sve površine moraju biti uređene tako da se na njima ne može zadržavati voda.

Tehnika omatanja (eng. wrap around) sastoji se od polaganja geotekstila na ravnu pripremljenu podlogu (ugrađeni sloj tla) uz ostavljanje dovoljne duljine geotekstila potrebne za omatanje i sidrenje. U zoni pokosa geotekstil se dobro zapuni i zategne kako bi se umanjile naknadne deformacije u toj zoni. Spajanje geotekstila vrši se u svemu prema potpoglavljju '3-03.1 Uređenje slabo nosivog temeljnog tla geotekstilima i geomrežama', poglavlja '3. Polaganje geosintetika' ovih OTU-a.

Na postavljeni geotekstil razastire se sloj tla koji se zbija te se potom izvodi omatanje geotekstila oko sloja, sve u svrhu sidrenja i zadržavanja omotanog tla. Nakon toga slijedi ugradnja sloja tla na samu geomrežu i njegovo zbijanje, nakon čega se izvodi omatanje geotekstila oko sloja, a u svrhu sidrenja i zadržavanja omotanog tla. Nasipani sloj se u blizini pokosa izvodi u punoj visini, a dalje od pokosa izvodi se otprilike u pola visine kako bi se prekrivanjem tlom do pune visine sloja postigla dobra usidrenost geotekstila u sloju tla. Sama tehnika ugradnje ne zahtijeva primjenu oplata.

Detaljnije o polaganju geotekstila, kao i norme koje se primjenjuju za kontrolu kvalitete geotekstila kao samostalnog materijala, može se naći u poglavlju '3. Polaganje geosintetika' ovih OTU-a.

Detaljnije o radovima na nasipavanju i zbijanju materijala tla, kao i norme koje se primjenjuju za kontrolu kvalitete materijala nasipavanja i kontrole zbijenosti materijala nasipavanje, može se naći u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a, sve u skladu s potpoglavljima '2-10.1 Izrada nasipa od zemljanih materijala' ako se za nasipavanje koristi zemljani materijal, '2-10.2 Izrada nasipa od miješanih materijala' ako se za nasipavanje koristi miješani materijal, odnosno '2-10.3 Izrada nasipa od kamenih materijala' ako se za nasipavanje koristi kameni materijal.

Nakon što su svi slojevi ugrađeni i svi geotekstili preklapljeni, vanjska površina može se zaštititi pokrovnim materijalom (koji omogućava rast vegetacije) i vegetacijom. Osim toga može se koristiti premaz na bazi bitumenske emulzije da bi se spriječili negativni utjecaji od mehaničkog opterećenja ili ultraljubičastog zračenja. Alternativno se može primijeniti i mlazni beton za zaštitu izložene površine geotekstila, pri čemu treba biti pažljiv jer u slučaju slijeganja zida od omotanog geotekstilom, može doći do raspucavanja mlaznog betona.

Obračun radova

Obračun geotekstila vrši se po kvadratnom metru (m^2) ugrađenog geotekstila, uključivo preklapanja i spojeve.

Obračun nasipa obračunava se prema metru kubičnom (m^3) ugrađenog i zbijenog materijala.

12-03.5.2 Potporna konstrukcija od automobilskih guma

Opis rada

Ovaj rad obuhvaća izvedbu potporne konstrukcije od odbačenih automobilskih guma. Odbačene gume relativno su jeftino rješenje koje ne zahtijeva primjenu tradicionalnih materijala (npr. beton, drvo ili čelik), što je naročito značajno uzimajući u obzir deponije koje su sve punije starim automobilskim gumama.

Opis izvođenja radova

Potporni zidovi od automobilskih guma izrađuju se postavljanjem guma u redove te punjenjem (gume tada služe kao kalupi) tlom, koje se zatim zbija. Smjernice za ispitivanje fizikalnih svojstava, projektiranje i izvođenje građevinskih konstrukcija od otpadnih guma, kao alternative konvencionalnim građevinskim materijalima, dane su u normi ASTM D6270 – 20.

Kao prvi korak potrebno je izvršiti uređenje temeljnog tla na kojemu će se postaviti zid od guma, sve sukladno poglavlju '2-09 Uređenje temeljnog tla – posteljice', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Nakon pozicioniranja prvog (donjeg) reda guma, ručno se ugrađuje materijal ispune u samu unutrašnjost gume, nakon čega slijedi njegovo zbijanje čekićem ili maljem. Pri zbijanju trebalo bi izbjegavati udaranje po samoj gumi kako bi se izbjeglo njezino oštećenje. Zbijanje treba izvesti jednoliko u svim smjerovima. Nakon toga slijedi ispuna srednjeg dijela gume i ručno zbijanje ugrađenog materijala.

Punjenje gume i zbijanje materijala vrši se na samoj lokaciji te nije dozvoljeno premještanje gume nakon što je ista pozicionirana, a materijal u njoj ugrađen i zbijen. Težina guma i njihova sposobnost spajanja (uklještenja) s gumama ispod i iznad, uklanja potrebu primjene morta ili čelika za ojačanje.

Tijekom izvedbe svakog reda treba paziti da su sve gume u prethodnom redu pravilno izvedene i da je postignuta ravnost reda za izvedbu sljedećeg reda koji se ugrađuje iznad prethodnog reda. Pri tome svaki sljedeći red ugrađenih guma trebalo bi izmaknuti za bar 10 cm u odnosu na red izveden ispod kako ne bi došlo do prevrtanja samog zida.

Tlo iza same konstrukcije od automobilskih guma treba ugraditi i zbiti prema poglavlju '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Potrebna ispitivanja materijala, kao i tehnička svojstva materijala koji se ugrađuje iza zida, u skladu s s potpoglavljima '2-10.1 Izrada nasipa od zemljanih materijala' ako se iza zida ugrađuje zemljani materijal, '2-10.2 Izrada nasipa od miješanih materijala' ako se iza zida ugrađuje miješani materijal, odnosno '2-10.3 Izrada nasipa od kamenih materijala' ako se iza zida ugrađuje kameni materijal.

Osim toga, iza same konstrukcije od automobilskih guma mogu se dodati i geomreže pri čemu zid od guma služi kao fasadni element armiranog tla. U tom slučaju geomreže se ispituju i polažu prema potpoglavljju '3-03.2 Ojačanje nasutih građevina geomrežama', poglavlja '3. Polaganje geosintetika' ovih OTU-a, kako bi se dodatno povećala stabilnost konstrukcije. Način proračuna i praćenje ponašanje treba biti u skladu s odredbama danim u potpoglavljju '12-02.9.1. Armirano tlo (ojačani nasip)'.

Na zaravnatu završnu površinu zida može se ugraditi mlazni beton, mort za zaglađivanje, zaštitni geotekstil ili se može zasaditi vegetacija, ovisno o tome kako je traženo projektom.

Dodatne prednosti potporne konstrukcije u vidu automobilskih guma ispunjenih zemljom jesu velika nosivost i otpornost na vatru.

Obračun radova

Obračun se vrši po metru kubičnom (m^3) izvedene potporne konstrukcije od automobilskih guma.

12-04 RADOVI NA ZAŠTITI GRAĐEVINSKIH JAMA

12-04.1 OPĆENITO

Građevinske jame su iskopi u sraslom tlu koji služe za izradu temelja i podzemnih dijelova građevina.

Izvode se:

- kao široki iskop s ili bez sniženja razina podzemne vode. Zaštita obuhvaća iskope sa stabilnim nagibima za osiguranje stabilnosti pokosa i, eventualno, privremeno crpljenje podzemne vode bunarima ili iglofiltrima radi osiguranja rada u suhom (široki iskopi su obuhvaćeni poglavljem '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a, a sustavi zaštite od prodiranja vode u iskop uz crpljenje vode su obuhvaćeni potpoglavljem '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode' ovih OTU-a).
- kao iskopi s vertikalnim stjenkama za rad u ograničenom prostoru ili za iskope ispod razine podzemne vode u okolnom tlu. Pri tom se stabilnost stjenki i njihova vododrživost osigurava tankim potpornim stijenama (ukopane, uložene, zagatne stijene) koje se ugrađuju u tlo s površine terena prije iskopa građevne jame, a po potrebi je dodatno moguća primjena sustava zaštite od prodiranja vode u iskop uz crpljenje vode, što je obuhvaćeno potpoglavljem '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode' ovih OTU-a

Ukopane stijene potporne su konstrukcije privremenog karaktera (npr. za zaštitu građevinskih jama) ili trajne potporne konstrukcije.

Ovi tanki zidovi ukopani ili ugrađeni u tlo koriste se i kao barijere-nepropusne zavjese za kontrolu procjeđivanja podzemnih voda i ostvarivanje uspora.

Najčešće se izvode kao:

- armiranobetonske i glinobetonske dijafragme
- zidovi od zabijenog čeličnog žmurja (talpe, platice)
- pilotne stijene
- zabijene drvane platice.

Prema "Pravilniku o kontroli projekata" obvezna je kontrola projekta glede mehaničke otpornosti i stabilnosti za građevinske jame dublje od 5 m, mjereno od površine terena u fazi građenja.

12-04.2 ARMIRANOBETONSKE I GLINOBETONSKE DIJAFRAGME

Opis rada

Dijafragme se izvode kao armirani ili nearmirani betonski ili glinobetonski vertikalni zidovi u tlu. Prema potrebi koriste se kao nosive konstrukcije i/ili kao vododržive konstrukcije. Ako se koriste kao nosive konstrukcije, mogu djelovati konzolno ili biti pridržane geotehničkim prednapetim sidrima ili štapnim sidrima (izvan oboda građevinske jame) ili razuporama / poduporama (čelične ili betonske razupore / podupore unutar građevinske jame).

Radovi na izvedbi dijafragme obavljaju se prema normi HRN EN 1538 – Izvedba posebnih geotehničkih radova – Dijafragme.

Opis izvođenja radova

Prije početka izvedbe potrebno je provjeriti stvarne hidrološke, geološke i geotehničke prilike na terenu, kao i razine podzemne vode te, prema potrebi u suglasnosti s nadzornim inženjerom, prilagoditi projekt zaštite jame stvarnim terenskim uvjetima.

Radovi na izvedbi dijafragme sastoje se od:

- pripremni radova
- izvedbe radnog platoa
- pripreme radne površine
- izrade uvodnog kanala

- iskopa za dijafragmu
- izrade i ugradnje armature
- pripreme i ugradnje betona
- završnih radova (odbijanja nekvalitetnog betona na vrhu dijafragme i izrade naglavne grede),
- kontrole kvalitete upotrijebljenih materijala.

Prije početka radova na iskopu pojedinačni elementi dijafragme trebaju se iskolčiti i označiti položajno prema rasporedu elemenata iskopa dijafragme, prema izvedbenom projektu. Tijekom iskopa za dijafragmu potrebno je kontrolirati iskolčenje.

Za potrebe izvedbe dijafragme potrebno je pripremiti radni plato prema dimenzijama strojeva i opreme koji će se koristiti pri izvedbi. Radni plato kao i gradilišne putove treba, prema potrebi, nasuti graduiranim drobljenim kamenim materijalom promjera zrna 0-63 mm podobnim za ugradnju i zbijanje u okvirnoj debljini 30 cm. Zbijenost podloge mora biti takva da omogućava nesmetano kretanje predviđene mehanizacije neovisno o vremenskim prilikama ($M_s \geq 40$ MPa). Radni plato treba se planirati i izvesti tako da je za cijelo vrijeme radova osigurana dobra odvodnja.

Nakon što se na pripremljenom radnom platou izvede iskop za uvodnicu, dno jarka treba dobro nabiti vibropločom odgovarajuće težine kako bi se dobila kvalitetna podloga za izradu betonskih stranica uvodnog kanala. Stranice uvodnice izvode se u dvostranoj oplati. Za izradu betonskih stranica uvodnog kanala predviđen je beton razreda čvrstoće i mrežaste armature prema projektu. Preciznost izvedbe uvodnog kanala je bitna, pogotovo u visinskom smislu jer se na uvodni kanal vještaju armaturni koševi pojedine kampade dijafragme s ugrađenim uvodnim kućištima za sidra. Točnost izvedbe gornjeg ruba uvodnice je 0,5 cm, a ostalih dimenzija 1 cm.

Stjenke uvodnog kanala potrebno je razuprijeti dok se provodi nabijanje materijala u zaleđu stjenke unutarnje strane uvodnice. Ugrađene razupore (drvene gredice na uzdužnom razmaku 1,5 m) ostaju do izvedbe konkretne kampade dijafragme.

Iskop za dijafragmu izvodi se u kampadama pomoću namjenskog stroja. Iskop u tlu obavlja se grabilicom uz stalnu zaštitu iskopa bentonitnom isplakom. Iskop u stijeni vrši se posebnim alatom - frezom.

Standardne širine dijafragme su 50, 60, 80 i 100 cm. Važno je napomenuti da zbog tehnologije izvedbe pojedine kampade dijafragme nemaju međusobnu armaturnu vezu.

Za osiguranje od urušavanja stijenki iskopa, ali i oštećenja okolnih objekata, nužno je da se svi radovi odvijaju po planu. Opasnost od urušavanja stijenki povećava se u slučaju kada dovršeni iskop previše dugo stoji nezapunjen. To posebno obvezuje izvođača radova da dobrom organizacijom iskopa i isporuke materijala na gradilište, vrijeme od završetka iskopa do ugradnje armature i betona smanji na minimum.

Svrha i zadatak bentonitne isplake kod iskopa dijafragme su sljedeći:

- osiguranje stabilnosti stijenki iskopa
- sprječavanje taloženja materijala iskopa u području iskopa
- olakšavanje iznošenja materijala iskopa
- sprečavanje dotoka vode u područje iskopa.

Da bi se ostvarilo navedeno, isplaka mora za čitavo vrijeme rada zadovoljavati tražena svojstva u pogledu stabilnosti, viskoziteta, tiksotropije i specifične gustoće.

Zbog toga je potrebno provesti prethodna ispitivanja za određivanje isplake te kontinuirano provoditi kontrolu pripremljene isplake.

Prethodna ispitivanja kojima se određuje radni uzorak isplake, obuhvaćaju određivanje viskoziteta, specifične gustoće i pH faktora. Naknadne prilagodbe radnog uzorka potrebne su za slučaj uporabe prethodno korištene isplake nakon završenog mehaničkog odstranjenja čestica tla. Dnevno je potrebno kontrolirati gustoću i viskozitet svježe pripremljene bentonitne isplake.

Gustoća svježe pripremljene isplake mora se kretati u rasponu 1,1 - 1,15 g/cm³. Kod iskopa pojedine kampade potrebno je provjeriti:

- odgovara li iskop projektnoj dubini
- odgovaraju li sastav i karakteristike slojeva tla po dubini geotehničkom izvještaju.

Ako je vremenski razmak od završetka iskopa do početka ugradnje betona veći od 2 sata, dolazi do stvaranja taloga na dnu iskopa bez obzira na sastav isplake. U tom je slučaju nužno recirkulacijom isplake očistiti dno iskopa.

Prije ugradnje treba kontrolirati gustoću isplake na dnu iskopa. Ukoliko dođe do taloženja, odnosno zagađenja isplake, može doći do otežanog tečenja betona iz kontraktor cijevi. Gustoća isplake s dna iskopa ne smije biti veća od 1,20 g/cm³. Ako se navedena granica prekorači, potrebno je modificirati sastav smjese, što ovisi o karakteru zagađenja. U početnoj fazi rada vrši se stalna kontrola gustoće i viskoziteta isplake na dnu iskopa. Ako kontrola gustoće zadovoljava, može se smanjiti učestalost uzimanja uzoraka i kontrole.

Temperatura vode koja se koristi za pripremu isplake, kao i temperatura same isplake, ne smije biti manja od +5 C°.

Za vrijeme rada treba onemogućiti razlijevanje isplake po terenu, a iskorištenu isplaku treba odvesti s gradilišta na prethodno dogovoreno odlagalište. Tijekom iskopa potrebno je vršiti odvoz iskopanog materijala uz redovito pranje kotača vozila prije izlaska na javnu prometnu površinu.

Armaturni koševi složeni su iz tri grupe armaturnih šipaka koje se razlikuju po funkciji kojoj su namijenjene:

- šipke konstrukcije ukrućenja koševa
- šipke za preuzimanje unutrašnjih sila – određuju se statičkim proračunom
- razdjelna armatura.

Konstrukcija ukrućenja koša u stvari je prostorni rešetkasti nosač sastavljen od dijagonala, vertikala i horizontala.

Prije početka predmetnih radova potrebno je izvršiti sva nužna ispitivanja materijala koji će se upotrijebiti uzimajući u obzir predviđenu tehnologiju izvođenja betonskih radova.

Konzistencija betona treba odgovarati tehnologiji betoniranja dijafragme (kontraktor postupak). Kod određivanja konzistencije svježeg betona, treba voditi računa o načinu transporta i ugrađivanja. Količina vode (vodocementni faktor) ovisi o agregatu, njegovom granulometrijskom sastavu, vrsti cementa te eventualnim aditivima i treba se kretati u granicama od 0,51 do 0,55. Ako se koriste aditivi, proizvođač treba dokazati da neće doći do smanjenja čvrstoće betona.

Imajući u vidu zahtjev da se betoniranje jednog elementa (kampade) dijafragme obavlja u kontinuitetu te nemogućnost uspješne intervencije u slučaju prekida betoniranja, preporučuje se korištenje betonare u blizini lokacije koja osigurava pravovremenu isporuku kvalitetnog betona u dovoljnoj količini.

Betoniranje dijafragme najosjetljivija je faza izvedbe. Da bi taj rad bio uspješno izveden, potrebno je maksimalno uskladiti rad svih sudionika pri izvedbi, što znači:

- na vrijeme pripremiti i ugraditi armaturne koševe
- redovito opskrbljivati gradilište pravilno spravljenim i svježim betonom
- ugradnju betona provoditi ujednačeno bez prekida i bez vađenja cijevi kontraktora iz betona za vrijeme betoniranja, jer će u protivnom doći do miješanja betona i isplake što bi vrlo nepovoljno djelovalo na kvalitetu budućeg betona.

Konzistencija betona mjerena pomoću ispitivanja slijeganja (slump test – slijeganje betona) neposredno prije ugradnje treba biti $s \cong 16 - 21$.

Naglavna greda ima značajnu ulogu kod statičkog djelovanja dijafragme. Zbog načina izvedbe dijafragme, pojedini dijelovi dijafragme nisu povezani. Naglavna greda ih međusobno povezuje i time tvori određeni stupanj cjelovitosti dijafragme kao zaštitne konstrukcije. Da bi tu ulogu

naglavna greda mogla stvarno preuzeti, treba je izvesti prije iskopa materijala unutar građevne jame.

Sve radove treba izvesti u skladu s projektom te uputama nadzornog inženjera i projektanta.

Radovi na iskopu materijala unutar građevinske jame opisani su u potpoglavlju '2-04 Iskop građevinskih jama', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Važno je naglasiti da iskop mora pratiti faze izvođenja radova, u smislu da se iskop ne smije započeti sve dok nisu završeni radovi na izvedbi dijafragme, te da se iskop ne smije produbljivati sve dok u funkciju nisu stavljeni elementi pridržanja (sidra ili razupore / podupore).

Ukoliko se dijafragma pridržava pomoću prednapetih geotehničkih sidara ili štapnih sidara (sidra od armaturnih šipki, samobušiva sidra tipa IBO, IBI i sl), ova se sidra izvode prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537– Izvedba posebnih geotehničkih radova – Sidra u tlu i stijeni.

Geotehnički uvjeti koji nisu predviđeni izvještajem o istraživanju temeljnog tla ili projektom, mogu se utvrditi dodatnim istražnim radovima na gradilištu sukladno potpoglavlju '12-10 Dodatni istražni radovi na gradilištu' ovih OTU-a.

Kontrola kvalitete radova

Kvalitetu betona i armature treba kontrolirati prema odgovarajućim odredbama "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije, normama na koje on upućuje", odredbama iz ovih OTU-a i zahtjevima iz projekta.

Ispitivanje nosivosti probnih sidara i primopredajna ispitivanja sidara obavljaju se prema uputama iz norme HRN EN 1537 i norme HRN EN ISO 22477-5.

Obračun radova

Rad na iskopu dijafragme obračunava se u kvadratnim metrima (m^2) stvarno iskopanog materijala u sraslom stanju, a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere. Iskop se računa od vrha uvodnog kanala za iskop dijafragme.

Rad na iskopu građevinske jame obračunava se u kubičnim metrima (m^3) stvarno iskopanog materijala u sraslom stanju, a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere. Plaća se po ugovorenoj jediničnoj cijeni u koju je uključen iskop, utovar, prijevoz u odlagalište s razastiranjem i planiranjem deponije.

Armiranobetonski radovi za uvodni kanal, dijafragmu i naglavnu gredu obračunavaju se u kubičnim metrima (m^3) ugrađenog betona i kilogramima ugrađene armature (kg), a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere.

Radovi na ugradnji sidara obračunavaju se u dužnim metrima ugrađenih sidara (m'), a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere.

Radovi na ugradnji razupora / podupora obračunavaju se u dužnim metrima ugrađenih razupora / podupora (m'), a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere.

12-04.3 ZABIJENI PROFILI (PREDGOTOVLJENI ELEMENTI – ČELIČNE, DRVENE ILI ARMIRANOBETONSKE PLATICE)

Opis rada

Zagatna stijena od žmurja (talpi) vitka je uspravna potporna konstrukcija zabijena u tlo (predgotovljeni elementi – čelične, drvene ili armiranobetonske platice / žmurje se ugrađuju zabijanjem u tlo) ili u njemu ugrađena. Danas se najčešće koriste čelične talpe ili kombinacije čeličnih talpi i čeličnih profila, te će se isti obraditi u nastavku.

Zabijeni čelični profili i talpe koriste se za puno slučajeva privremene ili stalne zaštite iskopa građevinskih jama. Elemente treba projektirati da pružaju maksimalnu čvrstoću i trajnost uz najmanju moguću težinu u skladu s dobrim uvjetima ugradnje u tlo.

Prijevoz i izvedba čeličnih talpi zabijenih čeličnih profila mora u svemu biti prema zahtjevima iz projekta za određeni tip montažnog zida prema posebnim tehničkim uvjetima za izradu zidova koji su sastavni dio projekta. Ugrađivati se mogu samo neoštećeni elementi. Izvedba talpi treba biti u skladu s normom HRN EN 12063 - Izvedba posebnih geotehničkih radova - Zagatne stijene od žmurja kao i pripadajućim normama.

Prije početka radova i tijekom izvođenja radova potrebno je kontrolirati kvalitetu upotrijebljenih materijala, proizvoda i radova, a prema zahtjevima za materijale i radove danim u ovim OTU-ima .

Materijal

Čelični profili i čelične talpe moraju odgovarati zahtjevima iz projekta, OTU - ima te moraju imati dokaze u originalu o potrebnoj kvaliteti prema normama za čelik i predgotovljene elemente, sukladno "Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije" i normi HRN EN 1090. Kvalitetu elemenata izvođač mora dokazati prije početka radova odgovarajućom tehničkom dokumentacijom, certifikatom sukladnosti te dokazom o kvaliteti od proizvođača elemenata koju izdaje ovlašteno tijelo i u originalu predati na suglasnost nadzornom inženjeru.

Opis izvođenja radova

Prije početka izvedbe potrebno je provjeriti stvarne hidrološke, geološke i geotehničke prilike na terenu, kao i razine podzemne vode, te prema potrebi, u suglasnosti s nadzornim inženjerom, prilagoditi projekt zaštite jame stvarnim terenskim uvjetima.

Za potrebe izvedbe čeličnih talpi ili profila potrebno je pripremiti radni plato prema dimenzijama strojeva i opreme koji će se koristiti pri izvedbi. Radni plato kao i gradilišne putove treba, prema potrebi, nasuti graduiranim drobljenim kamenim materijalom promjera zrna 0-63 mm podobnim za ugradnju i zbijanje u okvirnoj debljini 30 cm. Zbijenost podloge mora biti takva da omogućava nesmetano kretanje predviđene mehanizacije neovisno o vremenskim prilikama ($M_s \geq 40$ MPa). Radni plato treba se planirati i izvesti tako da je za cijelo vrijeme radova osigurana dobra odvodnja.

Potrebno je imati podatke o geotehničkom profilu tla s navedenim karakteristikama slojeva tla te podatke o mogućim objektima ili većem kamenju ispod površine tla.

Prije samog početka izvođenja konstrukcije od čeličnih talpi na gradilištu je potrebno osigurati mjesto skladištenja. Talpe bi trebale biti uskladištene na mjestu s lakim pristupom za građevinske strojeve da se izbjegnu štete ili deformacije uskladištenih talpi. Izvođač mora posjedovati specifikacije za korištene čelične talpe.

Odabir tipova, profila i kvalitete čeličnih talpi kao i odabir dimenzija korištenih elemenata treba se uskladiti minimalno s općim projektantskim odredbama. Za čelične talpe u obzir se uzima klasifikacija poprečnog presjeka prema HRN EN 1993-5. Odabir mora osigurati odgovarajuću mogućnost zabijanja.

Metoda zabijanja čeličnih talpi, kao i oprema, odabire se na temelju postojećeg iskustva izvođača i mora biti u skladu s odabranim tipom, profilom i kvalitetom talpi. Kad iskustvo izvođača ne postoji ili se smatra nedovoljnim, moraju se primijeniti testna zabijanja ili matematičke analize procesa zabijanja kako bi se odabrala ispravna metoda zabijanja. Odabrana metoda zabijanja ne smije uzrokovati nikakvu štetu susjednim građevinama ili instalacijama.

Elementi se ugrađuju u tlo pomoću odgovarajućeg vibro uređaja ili zabijanjem makarama (maljevima).

Talpe se zabijaju kontinuirano, jedan panel do drugog, tako da ostanu kontinuirano međusobno zavravljeni. Prilikom zabijanja potrebno je paziti na položaj i na vertikalnost svakog čeličnog panela, odnosno elementa. Zabijanje se izvodi najprije do polovice dubine, a zatim u drugoj fazi do konačne dubine predviđene projektom.

Talpe moraju biti vođene tijekom zabijanja. Okvir za vođenje talpe mora biti stabilan i robustan te pozicioniran tako da osigura točan horizontalan i vertikalni položaj talpe tijekom zabijanja. Posebna pozornost treba se obratiti na odabir krutog i stabilnog okvira pri zabijanju u veoma

tvrdim tlima. Ako se za olakšanje zabijanja koriste podmazivači ili bentonit, oni moraju biti u skladu s odgovarajućim pravilnicima o zaštiti okoliša.

Ako prilikom zabijanja dođe do nedopuštenog naginjanja u smjeru vođenja linije ili rotacije čelične talpe, istu treba izvaditi i ponovno zabiti, osim ako su druge mjere poravnanja prikladne u toj situaciji. Ako prilikom zabijanja dođe do naginjanja u longitudinalnom smjeru, treba poduzeti hitne mjere za sprječavanje, primjerice mehaničko povlačenje ili guranje talpe. Ako se navedenim postupkom ne postigne ispravljanje nagiba talpi te dođe u pitanje nastavak zabijanja preostalih talpi, iznimno se uz suglasnost geotehničkog nadzora može dopustiti da se zabije talpa izvan spojnice prethodne na način da se vrši izravnjanje položajno i nagibom, a mjesto na kojem je izvršeno zabijanje izvan spojnice potrebno je naknadno injektirati po dubini kako bi se osigurala vodonepropusnost konstrukcije.

Pri izvlačenju čeličnih talpi moraju se razmotriti posljedične vertikalne i horizontalne deformacije tla u kojem se ugrađene talpe nalaze, kao i mijenjanje režima procjeđivanja podzemne vode. Posebnu pozornost treba obratiti pri izvlačenju talpi iz kohezivnih tala koja se mogu prilijepiti uz talpe, zbog čega tijekom izvlačenja mogu nastati šupljine u tlu, što može imati posljedice na stabilnost obližnjih objekata.

Položaj i izvedba razupora i sidara, kao i njihova veza s čeličnim talpama, moraju odgovarati projektu. U slučaju postavljanja razupora, praznine između lica talpe i poprečne grede na koju se oslanjanju razupore treba biti popunjene betonskim 'jastucima' ili vrećama, kako bi se osigurala jednolična raspodjela opterećenja.

Geotehnički uvjeti koji nisu predviđeni izvještajem o istraživanju temeljnog tla ili projektom, mogu se utvrditi dodatnim istražnim radovima na gradilištu sukladno potpoglavlju '12-10 Dodatni istražni radovi na gradilištu' ovih OTU-a.

Kontrola kvalitete

Najvažniji aspekti postavljanja zida od čeličnih talpi na koje se mora obratiti pozornost su:

- postizanje potrebne dubine zabijanja
- postizanje projektnog tlocrtnog rasporeda i vertikalnosti zida
- izbjegavanje značajnih šteta na talpama i spojnica
- osiguranje projektiranog koeficijenta vodopropusnosti
- osiguranje djelovanja sila zabijanja po neutralnoj osi čelične talpe.

Tablica 12-04.3-1. Preporučene vrijednosti tolerancije tlocrtnog rasporeda i vertikalnost prilikom izvedbe čeličnih talpi

Uvjeti izvođenja	Tlocrtni raspored vrha zida [mm]	Vertikalnost (mjerena preko 1 m vrha zida) [%]
na kopnu	≤ 50	≤ 1 *
na vodi	≤ 80	≤ 1,5

* tolerira se do 2 % pri gradnji u problematičnim tlima

Ukoliko se iz nekog razloga ne može ostvariti projektna dubina zabijanja talpi, iznimno se uz suglasnost nadzornog inženjera i projektanta, može dopustiti završetak na dosegnutoj koti.

Obračun radova

Rad na ugradnji čeličnih talpi obračunava se po metru kvadratnom (m²) stvarno ugrađenih talpi, a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere. Jedinična cijena obuhvaća sve radove, nabavu materijala, prijevoze i sve drugo što je potrebno za dovršenje pojedinih radova.

Rad na ugradnji zabijenih profila obračunava se po metru dužnom (m) stvarno ugrađenih čeličnih profila, a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere. Jedinična cijena

obuhvaća sve radove, nabavu materijala, prijevoze i sve drugo što je potrebno za dovršenje pojedinih radova.

Rad na iskopu građevinske jame obračunava se u kubičnim metrima (m^3) stvarno iskopanog materijala u sraslom stanju, a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere. Plaća se po ugovorenoj jediničnoj cijeni u koju je uključen iskop, utovar, prijevoz u odlagalište s razastiranjem i planiranjem deponije.

Radovi na ugradnji sidara obračunavaju se u dužnim metrima ugrađenih sidara (m'), a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere.

Radovi na ugradnji razupora / podupora obračunavaju se u dužnim metrima ugrađenih razupora / podupora (m'), a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere.

12-04.4 PILOTNE STIJENE

Opis rada

Pilotne stijene izvode se kao armirani ili nearmirani betonski ili glinobetonski vertikalni stupovi u tlu. Prema potrebi koriste se kao nosive ili vododržive konstrukcije. Mogu djelovati konzolno ili biti pridržane geotehničkim prednapetim sidrima ili štapnim sidrima, odnosno sustavom razupora / podupora.

Pilotna stijena može biti sekantna, tj. izvedena na način da se piloti preklapaju, tj. zasijecaju jedan u drugog. Svaki drugi pilot armira se armaturom.

Radovi na izvedbi pilotnih stijena obavljaju se prema normi HRN EN 1536 (Bušeni piloti). Izvedba bušenih pilota dana je u potpoglavlju '12-01.2.1. Bušeni piloti (piloti bez razmicanja tla)' ovih OTU-a.

Opis izvođenja radova

Radovi na izvedbi pilotne stijene sastoje se od:

- pripremnih radova
- pripreme radne površine
- iskopa za pilote
- izrade i ugradnje armature
- pripreme i ugradnje betona
- završnih radova (odbijanja nekvalitetnog betona na vrhu pilota i izrade naglavne grede)
- kontrole kvalitete upotrijebljenih materijala.

Za potrebe izvedbe pilota potrebno je pripremiti radni plato prema dimenzijama strojeva i opreme koji će se koristiti pri izvedbi. Radni plato kao i komunikacijske koridore treba, prema potrebi, nasuti graduiranim drobljenim kamenim materijalom 0-63 mm podobnim za ugradnju i zbijanje u okvirnoj debljini 30 cm. Zbijenost podloge mora biti takva da omogućava nesmetano kretanje predviđene mehanizacije neovisno o vremenskim prilikama ($M_s \geq 40$ MPa). Radni plato treba se planirati i izvesti tako da je za cijelo vrijeme radova osigurano funkcioniranje odvodnje.

Prije početka radova na iskopu, uzdužna pozicija osi pojedinih pilota treba se iskolčiti i označiti na uvodnom kanalu prema izvedbenom projektu uz tolerantno odstupanje ± 1 cm.

Kod iskopa za pilote potrebno je provjeriti:

- odgovara li iskop projektnoj dubini
- odgovaraju li sastav i karakteristike slojeva tla/stijene po dubini izvještaju o provedenim istraživanjima temeljnog tla
- kontrolirati iskolčenje vezano na izvedeni dio pilotne stijene
- osigurati vertikalnost bušotine.

Izvođač pilota treba na gradilištu imati primjerak izvještaja o provedenim istraživanjima temeljnog tla, glavnog i izvedbenog projekta. Geotehnički uvjeti koji nisu predviđeni izvještajem o

istraživanju temeljnog tla ili projektom, mogu se utvrditi dodatnim istražnim radovima na gradilištu, sukladno potpoglavlju '12-10 Dodatni istražni radovi na gradilištu' ovih OTU-a.

Ukoliko je pilotska stijena sekantna, posebno se označuju nearmirani piloti (koji se izvode prvi) i armirani piloti (interpoliraju se naknadno).

Bušenje za izvedbu pilota može se izvoditi pomoću zaštitne kolone određenog vanjskog promjera ili bez nje.

Ukoliko se izvodi bez zaštitne kolone, postoji opasnost od urušavanja iskopa. Ova opasnost povećava se u slučaju kada dovršeni iskop previše dugo stoji nezapunjen.

Izvođač se obvezuje da dobrom organizacijom iskopa i isporuke materijala na gradilište, vrijeme od završetka iskopa do ugradnje armature i betona smanji na minimum.

Za izradu koševa koristi se armatura prema projektu. Kvalitetu upotrijebljenih materijala isporučitelj treba dokazati odgovarajućim dokumentima o sukladnosti.

Armaturni koševi složeni su iz tri grupe armaturnih šipaka koje se razlikuju po funkciji kojoj su namijenjene:

- šipke konstrukcije ukrućenja koševa (obručci)
- uzdužne šipke za preuzimanje momenata savijanja
- spiralna armatura za preuzimanje poprečnih sila.

Armatura za preuzimanje unutrašnjih sila određena je statičkim proračunom.

Glavna armatura se na svim spojevima s obručima zavaruje. Glavna i spiralna armatura međusobno se vežu djelomičnim točkastim zavarivanjem, a djelomično čeličnom paljenom žicom. Generalno armaturni koševi moraju imati potrebnu krutost tako da prilikom manipulacije i ugradnje ne dođe do njihovih oštećenja. Pri formiranju koša, treba uzeti u obzir da odabrani broj šipki glavne armature ne bi smio biti manji od šest (6). Ulogu vilica preuzima spiralna armatura obavijena oko armaturnog koša. U zoni maksimalnog momenta savijanja potrebno je hod spirale smanjiti na 50 % standardnog razmaka. Na armaturni se koš zavaruju posebne vodilice – razmaknice (distanceri) koje osiguravaju centrični položaj i potreban zaštitni sloj betona (~ 50 do 60 mm).

Armaturni koševi za pilote najčešće se izrađuju u armiračkom pogonu i dopremaju na gradilište u skladu s dinamikom izvođenja pilota, a moguće je i formiranje armaturnih koševa na samoj lokaciji na unaprijed pripremljenom platou.

Armaturni koševi ugrađuju se u bušotine i vješaju na stijenske ulvodnog kanala pri čemu je maksimalno dopušteno vertikalno odstupanje ± 1 cm. Sve kontrole visina treba provoditi u odnosu na razinu vješalica koševa kako ne bi došlo do kumuliranja grešaka.

Izrada vodilica i postavljanje na pojedini koš obavlja se kako je predviđeno na nacrtima armature koševa. Uloga vodilica neobično je važna jer one omogućuju da se koš ravnomjerno spušta i, što je najvažnije, da koš po ugradnji bude simetrično smješten u iskopu.

Ukoliko se kroz pilot ugrađuje sidro, potrebno je izbjeći bušenje kroz beton i armaturu pilota te na mjestima prodora sidara ugraditi ulvodna kućišta od PVC-a cijevi odgovarajućeg promjera. Kućišta će se provizorno pričvrstiti za armaturni koš. Nadzorni inženjer kontrolira jesu li vodilice ugrađene na armaturni koš jer njihovo izostavljanje dovodi do problema kod ugradnje, a i sam položaj armature u presjeku biva redovito nepodesan.

Betoni koji se koriste za izvedbu pilota prema važećim normama moraju ispunjavati kriterije navedene u potpoglavlju '12-01.2.1. Bušeni piloti (piloti bez razmicanja tla)' ovih OTU-a.

Kod zasječanih nearmiranih pilota potreban je dodatak usporivača vezanja.

Piloti se u ovoj namjeni smatraju privremenom konstrukcijom pa nema bitnih zahtjeva na trajnost betona. Za izvođenje pilota može se upotrijebiti samo beton za koji se prethodnim ispitivanjem utvrdilo da ispunjava predviđene uvjete kvalitete.

Prije početka predmetnih radova potrebno je izvršiti sva nužna ispitivanja materijala koji će se upotrijebiti uzimajući u obzir predviđenu tehnologiju izvođenja betonskih radova. Predviđena konzistencija betona odgovara tehnologiji betoniranja pilota (kontraktor postupak). Kod određivanja konzistencije svježeg betona treba voditi računa o načinu transporta i ugrađivanja.

Prije početka betoniranja proizvođač betona treba osigurati dovoljnu količinu agregata po frakcijama, cementa (iste vrste i klase) i vode.

Imajući u vidu zahtjev da se betoniranje pilota obavlja u kontinuitetu te nemogućnost uspješne intervencije u slučaju prekida betoniranja, preporučuje se korištenje betonare u blizini lokacije koja osigurava pravovremenu isporuku kvalitetnog betona u dovoljnoj količini.

Maksimalna veličina zrna radi kvalitetnije ugradnje betona iznosi 16 mm. Granulometrijski sastav mješavine agregata utvrđuje se eksperimentalno, obzirom na način i uvjete ugrađivanja i transporta betona kao i ostale faktore koji mogu utjecati na kvalitetu betona. Proizvođač betona obavezan je tijekom izvođenja radova redovito kontrolirati na gradilištu sadržaj vrlo finih čestica i granulometrijski sastav agregata. Potrebna je i povremena kontrola eventualne nazočnosti organskih materijala u agregatu.

Betonska mješavina mora imati prije samog ugrađivanja konzistenciju u propisanim granicama (razred S-4). Beton se ugrađuje kontraktor postupkom. Maksimalni predviđeni promjer cijevi kontraktora je 200 mm što je uvjetovano slobodnim prostorom između armature (obruči) i uvodnih kućišta za sidra. Za vrijeme betoniranja kontraktor mora biti uvijek min 1,0 m u smjesi betona. Na mjestu istovara betona visina istovara betona ne smije biti veća od 1 m.

Beton se u pravilu ugrađuje odmah nakon izrade, odnosno u vremenu koje osigurava njegovu konzistenciju propisanu projektom te betoniranje jednog elementa mora završiti prije početka vezivanja betona. Ako betoniranje jednog pilota ne može biti završeno u okviru vremena koje omogućuje da beton u koji je uronjen kontraktor ostane u početnom konzistentnom stanju, potrebno je koristiti usporivače vezivanja. U tom slučaju moraju se izvršiti sva predviđena ispitivanja.

Potrebno je i na ovom mjestu naglasiti da će i idealno spravljeni beton biti bezvrijedan ukoliko ne pristiže uvijek na vrijeme na mjesto ugradnje.

Betoniranje pilota najosjetljivija je faza izvedbe. Da bi taj posao bio uspješno izveden, potrebno je maksimalno uskladiti rad svih sudionika pri izvedbi, što znači:

- na vrijeme pripremiti i ugraditi armaturne koševe
- redovito opskrbljivati gradilište pravilno spravljenim i svježim betonom
- ugradnju betona provoditi ujednačeno, bez prekida i bez vađenja cijevi kontraktora iz betona za vrijeme betoniranja kako bi se izbjeglo miješanje betona i isplake što bi vrlo nepovoljno djelovalo na kvalitetu budućeg betona.

Ukoliko je potrebno osigurati vododrživost, to se može postići izvedbom sekantnih pilota. Svaki drugi pilot izvodi se bez ugradnje armaturnog koša i služi kao ispuna. Ovi piloti nemaju nosivu funkciju. Kako bi se omogućilo lakše bušenje interpoliranih (nosivih armiranih) pilota, u betonsku mješavinu potrebno je dodati usporivače vezanja. Predviđeno vrijeme vezanja je 40-50 sati nakon ugradnje betona.

Veza između pojedinih pilota se, u cilju postizanja vodonepropusnosti, ostvaruje zasijecanjem armiranih pilota u prethodno izvedene nearmirane pilote. Radi postizanja vododrživosti spojeva pilota neophodno je iskop za pilote izvesti vertikalno, tj. koristiti strojeve s mogućnošću kontrole vertikalnosti. Tolerantno odstupanje od vertikale prema normi HRN EN 1536 iznosi 1%. Tolerantno položajno odstupanje je ± 2 cm.

Glavna predradnja za izradu naglavne grede je odbijanje nekvalitetnog betona, odnosno uređenje gornjeg ruba pilotne stijene na projektiranu kotu. Naglavna greda ima značajnu ulogu kod statičkog djelovanja. Zbog načina izvedbe pojedini piloti nisu povezani. Naglavna greda ih međusobno povezuje i time tvori određeni stupanj cjelovitosti zaštitne konstrukcije. Preko naglavne grede vrši se stalna preraspodjela sila i deformacija. Zbog toga naglavna greda

predstavlja element kontinuiteta pilotne stijene. Da bi tu ulogu naglavna greda mogla stvarno preuzeti, treba je izvesti prije iskopa. Izvodi se betoniranjem u dvostranoj oplati.

Kako bi se poravnala neravna površina pilotne stijene, prekrile sidrene grede i glave sidara i omogućilo postavljanje hidroizolacije na ravnu površinu, često se izvodi obloga od mlaznog betona.

Nakon širokog iskopa ručnim poravnanjem površine pilotne stijene na vertikalne površine postavlja se armaturna mreža (obično Q131) uz pričvršćenje na pilote pomoću vijaka za beton. Prije početka nanošenja mlaznog betona potrebno je sanirati sva mjesta koncentriranih procjeđivanja na preklopima pilota.

Obračun radova

Obračun rada na bušenju pilota odgovarajućeg promjera i dubine je po dužnom metru (m') izvedenog bušenja (povećanje količina oko 15% u odnosu na geometriju iskopa). Pri tome se moraju odvojiti stavke bušenja pilota, ako je relevantno, u tlu "A", "B" i "C" kategorije, sukladno poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. U stavku je uključen utovar, odvoz i istovar iskopanog tla (eventualno pomiješanog s isplakom) na predviđeno odlagalište.

Obračun rada na izradi armaturnih koševa je po kilogramu (kg) izvedenih armaturnih koševa. Uključena nabava i prijevoz čelika za armiranje; razvrstavanje i čišćenje, sječenje i savijanje; prijevozi i prijenosi; postavljanje, podlaganje i vezanje te eventualno zavarivanje, kao i ugradnja armature u izvedene bušotine.

Obračun rada na betoniranju pilota kontraktor postupkom betonom propisanog sastava i kvalitete je po utrošku betona u kubičnim metrima (m³). Ovisno o sastavu tla u kojem se izvode piloti, količina utrošenog betona u odnosu na idealnu geometriju pilota veća je od 10-20 %.

Odbijanje pneumatskim čekićem lošeg betona u glavi pilota je prema izvedenim količinama u kubičnim metrima (m³).

Rad na izvedbi mlaznog betona obračunava se u metrima kvadratnim (m²) stvarno izvedenog mlaznog betona.

Rad na iskopu građevinske jame obračunava se u kubičnim metrima (m³) stvarno iskopanog materijala u sraslom stanju, a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere. Plaća se po ugovorenoj jediničnoj cijeni u koju je uključen iskop, utovar, prijevoz u odlagalište s razastiranjem i planiranjem deponije.

Armiranobetonski radovi za uvodni kanal i naglavnu gredu obračunavaju se u kubičnim metrima (m³) ugrađenog betona i kilogramima ugrađene armature (kg).

Radovi na ugradnji sidara obračunavaju se u dužnim metrima ugrađenih sidara (m').

Radovi na ugradnji razupora / podupora obračunavaju se u dužnim metrima ugrađenih razupora / podupora (m').

12-04.5 ZAŠTITA GRAĐEVINSKE JAME BUNARIMA

Opis rada

U ovom potpoglavlju daju se tehnički uvjeti izvedbe građevinskih jama oblikovane od sustava bunara. Bunari, iako najčešće korišteni kao sustav temeljenja, mogu se efikasno primijeniti za zaštitu iskopa građevinskih jama. Karakterizira ih istovremeni (paralelni) iskop materijala unutar građevinske jame s utiskivanjem (prodiranjem) bunara u tlo koji služi kao zaštita iskopa. Česta im je primjena prilikom izvedbe građevinskih jama u vodnim koritima, ali i u slučaju vrlo loših svojstava temeljnog tla, većih traženih dubina jama i visoke razine podzemne vode. Bunari se koriste često i za izvedbu ulazne i izlazne građevne jame kod tehnologije mikrotuneliranja (potpoglavlje '12-06.4 Izvedba tunela mikrotuneliranjem').

Rad na bunarima mora biti obavljen u skladu s projektom, propisima, programom kontrole i osiguranja kvalitete (PKOK), zahtjevima nadzornog inženjera i ovim OTU-ima. Dodatni i naknadni radovi mogu se izvoditi samo po prethodnom odobrenju nadzornog inženjera.

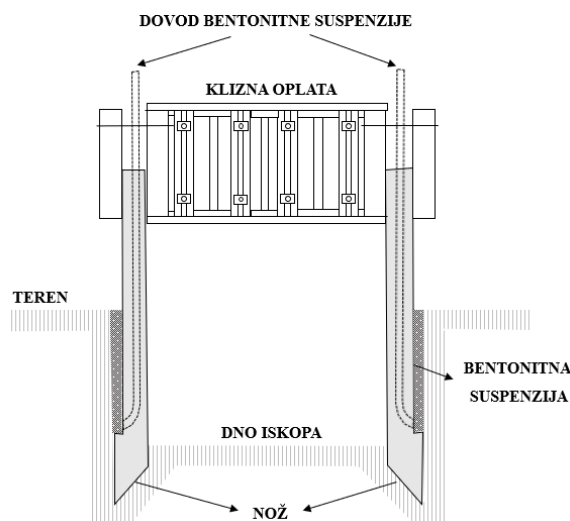
Opis izvođenja radova

Moguća je izvedba građevne jame pomoću armiranobetonskog bunara uz podvodnu izvedbu betonskog čepa na dnu bunara, ako je potrebno osigurati rad u suhom.

Armiranobetonski bunar započinje se izvoditi na uređenom platou (cca 1 m ispod razine terena).

Dimenzije bunara, kao i karakteristike betona i čelika propisuju se projektom pri čemu klasa betona ne bi smjela biti manja od klase C30/37. Izvedba bunara je u kliznoj oplati, gdje se okno dograđuje u odsječcima visine do 2 m, sukladno napredovanju spuštanja bunara.

Tijekom ugradnje bunara, na razini od oko 1 m iznad proširenja noža bunara, utiskuje se bentonitna suspenzija zapreminske težine oko 12 kN/m^3 . Suspenzija se utiskuje pomoću cijevi promjera 40 - 50 mm ugrađenih u stijenku bunara. Razmak cijevi iznosi 2 - 3 m. Na proširenje noža pričvršćuje se gumena manžeta koja sprječava gubljenje isplake na kontaktu s nožem bunara. Sastav bentonitne suspenzije određuje se prethodnim laboratorijskim ispitivanjem čija je provedba dužnost izvođača. Razinu bentonitne suspenzije treba održavati minimalno na razini terena kako bi se uravnotežio bočni tlak.



Slika 12-04.5-1 Shema zaštite građevne jame bunarima

Iskop unutar bunara obavlja se podvodno pomoću odgovarajuće mehanizacije sukladno tehničkim uvjetima danim u danim u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Radovi iskopa unutar bunara moraju se izvoditi simetrično, što je naročito važno na konturi iskopa, kako ne bi došlo do nekontroliranog naginjanja bunara. Da bi se kontrolirao postupak prodiranja bunara u temeljno tlo, izvođač mora ugraditi sustav praćenja vertikalnog pomaka kao i naginjanja bunara, sukladno programu opažanja odobrenom od strane nadzornog inženjera.

Izvođač posebnu pažnju mora posvetiti iskopu u području noža bunara gdje se iskop mora vršiti u malim visinskim inkrementima, ne većim od 30 cm. Ako se radovi izvode u pjeskovitim tlima razina vode unutar bunara mora biti minimalno jednaka (ili viša) od razine vode u tlu kako bi se spriječila pojava hidrauličkog sloma na dnu bunara. Da bi ovo osigurao, izvođač mora u neposrednoj blizini bunara ugraditi piezometar i pratiti ga svakodnevno. Ako se tijekom radova pokaže da je teško održavati razinu vode minimalno kako je navedeno, izvođač mora osigurati upumpavanje vode u bunar.

Nakon spuštanja bunara na projektiranu kotu, kroz cijevi za isplaku ubacuje se cementna suspenzija za ostvarivanje čvrste veze između betona bunara i okolnog tla. Završni iskop dna

bunara na projektiranu kotu provodi se tek nakon primarnog vezanja cementa, minimalno 3 dana nakon njegove ugradnje.

Izvođač mora osigurati da daljnjim iskopom, do projektiranog dna, ne dolazi do daljnjeg spuštanja bunara. Nakon što je iskop izveden na projektiranu konačnu geometriju dna, izvodi se betonski čep podvodnim betoniranjem. Crpljenje vode provodi se 7 dana nakon izvedbe betonskog čepa na dnu bunara odgovarajućim crpkama, sukladno tehničkim uvjetima izvedbe danim u potpoglavlju '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode' ovih OTU-a.

Na dno bunara ugrađuje se nearmirani beton, osim na dijelu gdje se formira sabirno okno iz kojega se crpi voda. Eventualni prodori vode na dodiru noža i dna bunara saniraju se brzovezućim mortom.

Obračun radova

Rad na iskopu građevinske jame obračunava se u kubičnim metrima (m^3) stvarno iskopanog materijala u sraslom stanju, a plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama za jedinicu mjere. Plaća se po ugovorenoj jediničnoj cijeni u koju je uključen iskop, utovar, prijevoz u odlagalište s razastiranjem i planiranjem deponije.

Armiranobetonski radovi konstrukcije bunara obračunavaju se u kubičnim metrima (m^3) ugrađenog betona i kilogramima ugrađene armature (kg).

Tesarski radovi na kliznoj oplati obračunavaju se po (m^2).

12-05 RADOVI NA IZRADI NASUTIH BRANA I HIDROTEHNIČKIH NASIPA

Za potrebe oblikovanja akumulacija i retencija potrebna je izgradnja brana. Brane mogu biti betonske gravitacione, armirano-betonske olakšane ili nekih drugih oblika, a vrlo često su nasute. Za obranu od poplava, regulaciju vodotoka i sl. izvode se hidrotehnički nasipi.

Radovi, materijali, proizvodi i oprema navode se i propisuju u geotehničkom dijelu građevinskih projekata ("geotehnički projekt") te ovim OTU-ima.

Brane i hidrotehnički nasipi su građevine s posebnim naglaskom na javnu sigurnost pa zadovoljenje odgovarajućih bitnih zahtjeva za građevinu uključuje radove na pripremi podloga za projektiranje, projektiranje, izvedbu i naknadno praćenje stanja građevine.

Prema definiciji Međunarodne komisije za velike brane (ICOLD) velike brane su one koje imaju građevinsku visinu mjerenu od temelja veću od 15 m ili brane visine između 5 i 15 m, ako je kapacitet akumulacije veći od 5 milijuna kubnih metara. Prema odredbama za sigurnost brana Svjetske banke, u velike brane spadaju još i brane između 10 i 15 m ako imaju složene projektne zahtjeve kao što su npr. neuobičajeni zahtjevi za upravljanje velikim vodama, lokacije u područjima visoke seizmičnosti, složeni uvjeti i zahvati na temeljenju ili zadržavanje toksičnih materijala. Brane ispod 10 metara visine smatraju se velikim branama ukoliko se očekuje da će ispuniti kriterije za velike brane tijekom korištenja. Tehnička svojstva i drugi zahtjevi za velike brane propisani su odgovarajućim dokumentima ICOLDA i drugih mjerodavnih međunarodnih tijela.

Male brane su one koje ne ispunjavaju ni jedan kriterij velikih brana.

Tehnička svojstva i drugi zahtjevi za male nasute brane i nasipe propisani su u nizu normi HRN EN 1997, uključivo pripadni Nacionalni dodatak te drugim normama na koje norme navedenog niza upućuju.

Prema "Pravilniku o kontroli projekata" obvezna je kontrola projekta glede mehaničke otpornosti i stabilnosti za zaštitne nasipe od poplave i nasipe akumulacija visine 5 m i više.

Nasute brane kao i tipovi nasutih brana koji su obuhvaćeni ovim OTU-ima definirane su projektom. Za izradu nasutih brana u velikoj se mjeri upotrebljavaju materijali koji su podijeljeni u kategorije "A", "B" i "C". Opis kategorija materijala navodi se u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Pod ugradnjom materijala razumijevaju se sljedeće radnje:

- priprema materijala
- nasipavanje
- razastiranje
- planiranje i
- zbijanje.

Svi navedeni radovi, kao i prethodna ispitivanja materijala te tekuća i kontrolna ispitivanja tijekom ugradnje, opisani su u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a, a ovdje su navedeni samo karakteristični radovi.

12-05.1 ISKOP U NALAZIŠTIMA

U projektnoj dokumentaciji za nasute građevine potrebno je na osnovi provedenih geotehničkih istraživanja pouzdano odrediti položaje nalazišta dostupnih količina i vrsta podobnih zemljanih materijala predviđenih projektom građevine.

Izvođač treba izraditi detaljan plan iskorištavanja nalazišta prema vrstama materijala i potrebama projekta u kojem će riješiti način iskopa i korištenja, prostorni raspored zona dobrog (podobnog) materijala, kontrolu materijala u izvorištu, pripremu materijala, naknadno uređenje područja korištenja, mjere kontrole radova.

Opis tehnologije izvođenja

Način izvođenja širokog iskopa, opisan u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a, primjenjuje se i za iskope u nalazištima. Međutim, rad u nalazištima ima još i određene posebnosti kojih se izvoditelj mora pridržavati.

Način iskopa u nalazištima od velike je važnosti za kvalitetu materijala koji će se ugrađivati u određenu zemljanu građevinu. To je razlog što se propisuju u projektu i posebnim tehničkim uvjetima. Zbog toga izvoditelj mora u skladu s prethodnom točkom izraditi svoj prijedlog načina rada u nalazištima (plan eksploatacije nalazišta) i dati ga na uvid i odobrenje nadzornom inženjeru.

U svom prijedlogu tehnologije rada, izvoditelj mora, između ostalog, dati i sljedeće detaljne podatke:

- situaciju pogodnog mjerila s naznačenim profilima
- poprečne i uzdužne profile
- način iskopa
- vrste, osnovna obilježja i broj strojeva za iskop
- prijevozni kapaciteti
- mjesta i način odlaganja humusa i jalovine
- način uređenja terena nakon prestanka korištenja nalazišta.

Prilikom određivanja načina iskopa u nalazištima posebice treba uzeti u razmatranje slijedeće:

- stupanj homogenosti materijala te mogućnost primjesa drugih vrsta materijala u obliku proslojaka i tanjih slojeva
- prirodnu vlažnost materijala i njezinu raspodjelu po dubini
- učestalost ispitivanja svojstva koherentnih materijala (tekuća kontrola)
- vrste i osobine strojeva za iskop i utovar kojima raspolaže izvoditelj.

Ovisno o navedenim uvjetima, u nalazištima primjenjuju se uglavnom dva načina iskopa i to:

- u horizontalnim rezovima
- u vertikalnim rezovima.

U dosta rijetkim slučajevima primjenjuje se iskop i u kosim rezovima.

Kod iskopa u horizontalnim rezovima kopaju se slojevi preporučljive debljine od 20 do 40 cm. Ako se kopa u vertikalnim ili kosim rezovima, tada se iskop izvodi u etažama preporučljive visine 3,0 - 7,0 m.

Nagibe pokosa nalazišta treba izraditi po projektu. Tijekom rada, na zahtjev izvođača radova, moguće promjene nagiba pokosa odredit će nadzorni inženjer uz prethodno mišljenje projektanta, a u skladu sa svojstvima miješanog materijala, geološkim nalazima, povećanom potrebom za odgovarajućim materijalom i pojavama u iskopima i sl.

Za iskop homogenog materijala s jednolikom vlažnosti može se primijeniti bilo koji od navedena tri načina iskopa. Kad je materijal nehomogen i s nejednolikom vlažnosti po dubini, tada se primjenjuje iskop u vertikalnim ili eventualno kosim rezovima.

Prirodna vlažnost materijala u nalazištu često odstupa od optimalne vlažnosti koju materijal treba imati prilikom ugradnje. Previše vlažan materijal u nalazištu treba sušiti, dok premalo vlažnom materijalu, treba dodavati vodu.

Sušenje materijala u nalazištima provodi se oranjem ili rijanjem gornjega sloja dovoljno vremena prije iskopa. Iskop u horizontalnim rezovima najpogodniji je za prevlažne materijale zbog dobre mogućnosti sušenja.

Dodavanje vode premalo vlažnim materijalima provodi se na nalazištima natapanjem površina prije iskopa, odnosno prskanjem prije iskopa ili tijekom kopanja. Ako se kopa u horizontalnim

rezovima, tada se izvodi prskanje vodom prije i/ili tijekom kopanja, ovisno o količinama vode koju treba dodati materijalu. Kad se kopa u vertikalnim, eventualno u kosim rezovima, natapanje se provodi prije iskopa, a prskanje vodom i prije i tijekom iskopa što ovisi o količini vlage koja treba biti dodana. Navlaženi materijal treba odstajati da se vlaga homogenizira.

Način sušenja, odnosno vlaženja materijala u nalazištu, određuje se projektom ili odlukama nadzornog inženjera. Izvoditelj ima pravo nadzornom inženjeru predložiti način sušenja ili vlaženja materijala koji njemu odgovara, ali primijenit će ga tek kad mu to odobri nadzorni inženjer.

Ako se u nalazištu naiđe na materijale koji po provedenim ispitivanjima pogodnosti materijala ne odgovaraju za ugradnju, izvoditelj mora o tome upoznati nadzornog inženjera. Nadzorni inženjer će na osnovu rezultata ispitivanja pogodnosti odlučiti koji se materijal i u kojim količinama smatra jalovinom. Prije donošenja odluke on ima pravo zahtijevati dodatna ispitivanja kojima se dokazuje prikladnost materijala za ugradnju. Ta će se ispitivanja posebno platiti izvoditelju. Jalovi materijal odlaže se na mjesto i način koji odredi nadzorni inženjer. Navedene aktivnosti evidentiraju se kroz građevinski dnevnik. U postupak se uključuje geodezija ukoliko se radi o znatnim količinama.

Može se dogoditi da u određenom nalazištu nema dovoljno materijala. U tom slučaju nadzorni inženjer odobrava izvoditelju koristiti materijal iz drugih projektom predviđenih nalazišta. Po odobrenju nadzornog inženjera, izvoditelju se priznaju mogući povećani troškovi prijevoza materijala. Međutim, ako treba otvoriti nova nalazišta, odluku o tome donosi nadzorni inženjer. Sve radove potrebne za otvaranje novih nalazišta odobrava nadzorni inženjer. Isto tako, on odobrava sve troškove vezane uz te radove, a koji će se priznati izvoditelju kao dodatni radovi.

Višak iskopanog materijala u nalazištima pada na teret izvoditelja, osim ako postoje razlozi na koje izvoditelj nije mogao utjecati o čemu odlučuje nadzorni inženjer. Investitor je dužan prilikom uvođenja izvođača u posao tražiti od izvođača izjavu o zbrinjavanju viškova materijala tijekom gradnje (dio Plana tehnologije rada) u kojoj se definira zbrinjavanje viškova materijala tijekom gradnje sukladno "Zakonu o održivom gospodarenju otpadom" (trajne deponije, reciklažna dvorišta i sl).

Kad izvoditelj namjerava proširiti nalazišta ili povećati njegovu dubinu, prethodno mora ishoditi suglasnost nadzornog inženjera. Prije donošenja odluke nadzorni inženjer može zahtijevati provedbu dodatnih ispitivanja, sve sukladno potpoglavlju '12-10 Dodatni istražni radovi na gradilištu' ovih OTU-a.

Tek po odobrenju nadzornog inženjera, izvoditelj može proširiti, odnosno produbiti nalazište. Nadzorni inženjer odlučuje hoće li investitor ili izvoditelj snositi dodatne troškove ili štete proizašle kao posljedica proširenja, odnosno produbljenja nalazišta.

Ako se iskopani materijal na nalazištu ne odlaže, izvoditelj mora uskladiti kapacitet iskopa s mogućnostima na mjestu ugradnje. Isto tako, kapacitet iskopa mora biti usklađen s kapacitetom transporta do mjesta ugradnje ili odlaganja.

Izvoditelj mora iskop na nalazištima izvoditi na takav način da za čitavo vrijeme radova bude osigurana odgovarajuća odvodnja sa svih površina. Također i privremeni pokosi moraju biti takvih nagiba da su dovoljno stabilni u svim uvjetima rada i vremenskim uvjetima te prema potrebi zaštićeni vodonepropusnom folijom.

Izvoditelj je obavezan provoditi tijekom radova sva kontrolna ispitivanja materijala u nalazištima predviđenim projektom. Nadzorni inženjer ima pravo narediti provođenje dodatnih ispitivanja materijala, što se izvoditelju posebno priznaje i plaća, ili ta ispitivanja povjeriti drugoj ovlaštenoj instituciji.

Postoji mogućnost da izvoditelj pronade nalazišta za koja smatra da su povoljnija za njega. U tom će slučaju na svoj teret dokazati kvalitetu i količine materijala i uz zahtjev za otvaranje nalazišta, predati nadzornom inženjeru na odobrenje. Tek po odluci nadzornog inženjera izvoditelj može početi korištenje takvog nalazišta. Sve troškove vezane na korištenje tog nalazišta snosi izvoditelj. Za taj rad izvoditelju će se priznati troškovi u visini određenoj za projektom predviđeno nalazište.

Po završenom korištenju izvoditelj treba nalazište urediti tako da se uklapa u krajolik, da ne ugrožava stabilnost susjednog zemljišta i građevina, da ima riješenu odvodnju na odgovarajući način itd. Uređenje nalazišta utvrđuje se projektom. U slučaju kad ne postoji projekt uređenja nalazišta, tada nadzorni inženjer određuje izvoditelju način na koji će urediti nalazište.

Treba voditi računa da se na nalazištu materijala, unutar akumulacije ne otvori put vodi do propusnih slojeva kroz koje bi voda mogla otjecati u nepoželjnom smjeru.

12-05.2 UGRADNJA KOHERENTNOG MATERIJALA "C" KATEGORIJE

Opis rada

Koherentni materijali "C" kategorije odgovaraju sitnozrnatom tlu prikazanom u sustavu za klasifikaciju, a obuhvaćaju anorganske vrste tla i to: nisko do visoko plastične gline (CL - CH) i nisko do visoko plastične prašine (ML- MH).

Pod pripremom materijala obuhvaćene su radnje kojima se materijal dovodi u stanje određeno projektom ili ovim OTU-ima, a neposredno prije nasipavanja.

Ne smiju se ugrađivati sljedeći materijali: organske gline i prah (OL - OH), organski otpatci, korijenje, busenje kao i ostali materijali koji s vremenom mijenjaju svoja mehaničko-fizikalna svojstva.

Nasipavanje, razastiranje i planiranje su radnje koje je potrebno obaviti neposredno prije zbijanja. U sklopu tih radnji potrebno je osigurati zahtijevanu debljinu slojeva prije zbijanja, vodoravnost ili propisani nagib površine sloja, kao i homogenost materijala na cijeloj površini.

Zbijanje materijala obavlja se sredstvima za zbijanje ovisno o vrsti materijala. U ovoj fazi potrebno je osigurati projektom definiranu zbijenost materijala.

Kvaliteta ugradnje materijala "C" kategorije uvelike ovisi o atmosferskim prilikama. Gline niske do visoke plastičnosti, prašine, glinoviti pijesci i slični materijali osjetljivi su na prisutnost vode koja može imati značajan utjecaj na njihove mehaničke karakteristike i zbijenost.

Ukoliko sadržaj vode u ovakvim materijalima prelazi granice koje omogućuju postizanje propisane kvalitete ugradnje, materijal se ne smije ugrađivati bez obzira što je zadovoljio sve zahtjeve kvalitete navedene u tablicama 2-09.1-1 i 2-09.1-2, potpoglavlja '2-10.1 Izrada nasipa od zemljanih materijala', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Prilikom ugradnje materijala "C" kategorije, sadržaj vode kod ugradnje ne smije varirati više od $\pm 2\%$ od optimalne vlažnosti određene Proctorovim postupkom sukladno normi HRN EN 13286-2. To znači da se previše vlažan materijal mora prije ugrađivanja prosušiti (rijanjem, razastiranjem, usitnjavanjem, prebacivanjem, izlaganjem suncu, vjetru, poboljšanjem tla vapnom), a previše suhi materijal se mora navlažiti (prskanjem, polijevanjem) do tražene vlažnosti. Prije zbijanja poprskanog presuhog zemljanog materijala treba neko vrijeme pričekati da se vlaga u materijalu jednoliko rasporedi. Stoga, pri izradi nasipa od zemljanog, koherentnog materijala, sav materijal dopremljen na gradilište mora se ugraditi, tj. zbiti istog dana.

Ako se, nakon što je neki sloj nasipa zbijen i ispitan, ne nastavlja odmah s nasipavanjem sljedećeg sloja, nego tek nakon dužeg vremena u različitim vremenskim prilikama, prije nastavka nasipavanja treba ponovno provjeriti zbijenost tog sloja. Prije nasipavanja novog sloja potrebno je zaglađenu površinu ohrapaviti radi postizanja što bolje veze među slojevima. S nasipavanjem novog sloja može se otpočeti tek kada se dokaže tražena kvaliteta (zbijenost) prethodnog sloja.

Rad na nasipavanju i zbijanju treba prekinuti u svako doba kad nije moguće postići tražene rezultate (zbog kiše, visokih podzemnih voda ili drugih atmosferskih nepogoda). Nasipni materijal se ne smije ugraditi na smrznutu podlogu. Isto tako u nasip se ne smije ugrađivati snijeg, led ili smrznuti zemljani materijal.

Na temelju navedenog, optimalno je izvoditi radove s materijalom „C“ kategorije u sušnijem periodu godine (npr. svibanj – listopad). U svakom slučaju, bitno je redovito pratiti dugoročnu i tjednu prognozu vremena zbog efikasnosti, dinamike i kvalitete izvedenih radova.

Ovisno o vrsti nasute brane, materijal se ugrađuje u razne zone brane. Prema mjestu gdje se ugrađuje koherentni materijal, utvrđuju se i zahtjevi koji se postavljaju na kvalitetu tog materijala kao i na uvjete koje je potrebno postići prilikom ugradnje. Prilikom ugradnje koherentnog materijala u nasutu branu razlikuje se ugradnja materijala u jezgru brane (zonirane brane) i ugradnja materijala u tijelo brane (homogeni presjek brane).

a) *Ugradnja koherentnih materijala u jezgru brane*

Opis izvođenja radova

Ugradnju materijala treba provesti prema tehničkim uvjetima utvrđenima projektom ili prema ovim OTU-ima.

Koherentni materijali koji se ugrađuje u jezgru nasute brane jesu slabopropusni materijali koji sprečavaju procjeđivanje vode kroz branu.

Svojstva materijala koji se ugrađuju u jezgru su sljedeća:

- prema USCS klasifikaciji tla ugrađuju se gline niske (CL) i visoke (CH) plastičnosti (odnosno prema ESCS klasifikaciji CIL i CIH)
- koeficijent propusnosti ugrađenog materijala mora biti manji od $k = 10^{-6}$ cm/s
- vlažnost ugrađenog materijala mora biti u sljedećim granicama:
 - $w = w_{opt} \pm 2\%$ za gline niske plastičnosti (CL)
 - $w = w_{opt} \pm 3\%$ za gline visoke plastičnosti (CH)gdje se optimalna vlažnost w_{opt} određuje standardnim Proctorovim pokusom,
- ugrađeni materijali moraju biti nedisperzivni.

Materijal se razastire na pripremljenu podlogu ili na prethodno zbijeni sloj nakon provedenih kontrolnih ispitivanja i nakon odobrenja nadzornog inženjera. Jezgra mora biti bez leća, džepova ili proslojaka propusnog materijala. Mora se ostvariti dobar kontakt između slojeva.

Debljina razastrtog materijala prije zbijanja je u rasponu od 20 do 30 cm ovisno o sredstvima koja će se koristiti za zbijanje. Debljina sloja mora biti jednaka da bi se osigurala homogenost ugrađenog materijala po zbijenosti.

U pravilu, na mjesto ugradnje treba doći materijal primjerene vlažnosti i pripremljen u nalazištu. Prije zbijanja potrebno je kontrolirati vlagu i dovesti je u sklad s propisima ako nije u granicama dopuštene tolerancije.

Debljina slojeva kao i broj prelaza sredstava za zbijanje određuje se na pokusnom polju uz uvjet da se postigne zahtijevana zbijenost materijala.

Ugrađeni materijal nakon zbijanja mora zadovoljiti sljedeće kriterije:

- za velike brane - suha zapreminska težina ne smije biti manja od 98 % maksimalne suhe zapreminske težine određene standardnim Proctorom
- za male brane - suha zapreminska težina ne smije biti manja od 95% maksimalne suhe zapreminske težine određene standardnim Proctorom.

Svaki nasuti sloj mora biti zbijen u punoj širini odgovarajućim sredstvima za zbijanje pri čemu treba u načelu materijal zbijati od rubova prema sredini.

Ako se nakon zbijanja i kontrole odmah ne nastavlja s nasipavanjem sljedećeg sloja, već se nasipavanje nastavlja nakon dužeg razdoblja s različitim vremenskim prilikama, prije ponovnog nasipavanja treba opet kontrolirati kvalitetu zbijenosti.

Prije dužeg prekida ili kada prijeti kiša, površina ugrađenog koherentnog materijala ravna se i zbija glatkim valjkom u laganom nagibu kako bi se omogućilo otjecanje vode i smanjilo vlaženje materijala.

Prije sezonskog prekida radova treba zaštititi površinu ugrađenog sloja od sušenja, djelovanja oborina i od smrzavanja. Ovisno o prilikama primijenit će se različite mjere zaštite.

Rad na nasipavanju i zbijanju treba prekinuti u svako doba kada nije moguće postići zadovoljavajuće rezultate, naročito zbog kiše, visokih voda ili nekih drugih atmosferskih nepogoda.

b) *Ugradnja koherentnih materijala u tijelo nasute brane (homogeni presjek brane)*

Opis izvođenja radova

Izrada nasutih brana homogenog presjeka od koherentnih materijala najčešće se odnosi na male brane.

Koherentni materijali koji se ugrađuju u homogene nasute brane su slabopropusni materijali koji sprječavaju procjeđivanje vode kroz branu, a parametri čvrstoće moraju biti takvi da osiguravaju stabilnost pokosa brane kao i opću stabilnost brane. Parametri čvrstoće određuju se projektom brane, a ovisno o usvojenom rješenju i geometriji brane.

Kod izvođenja radova u materijalu „C“ kategorije ključna su tekuća kontrola i nadzor nad ugradnjom materijala, obzirom da se radi o materijalu koji se vadi iz zemlje, a koji po svojem sastavu nije (proizveden) homogen materijal s certifikatom za ugradnju.

Svojstva materijala koji se ugrađuju u homogeni presjek nasute brane jesu:

- prema UCSC klasifikaciji tla ugrađuju se gline niske (CL) i visoke (CH) plastičnosti (odnosno prema ESCS klasifikaciji CIL i CIH), prašine niske (ML) i visoke (MH) plastičnosti (odnosno prema ESCS klasifikaciji SiL i SiH) i mješavine materijala GM, GC, SM i SC (odnosno prema ESCS klasifikaciji redom siGR, clGr, siSa, clSa)
- koeficijent propusnosti materijala mora biti manji od $k = 10^{-5}$ cm/s
- vlažnost ugrađenog materijala mora biti u sljedećim granicama:
 - $w = w_{opt} \pm 2\%$, gdje se optimalna vlažnost w_{opt} određuje standardnim Proctorovim pokusom.

Debljina razastrtog materijala u rasponu je od 20 do 30 cm za gline i prašine, a 30-50 cm za mješavine materijala. Debljina slojeva ovisi o granulometrijskom sastavu i sredstvima za zbijanje. Na rubovima sloja (pokosu brane) nadzor može zahtijevati prekopprofilno zbijanje (koje se naknadno odreže na potrebnu dimenziju) u cilju postizanja potrebne gustoće na pokosu i sprječavanja nestabilnosti i erozije pokosa.

Suha zapreminska težina materijala nakon zbijanja ne smije biti manja od 95% maksimalne suhe zapreminske težine određene standardnim Proctorom.

Ostali uvjeti koji su dati za ugradnju koherentnih materijala u jezgru brane, a odnose se na razastiranje, planiranje, zbijanje i prekide radova vrijede i za ugradnju koherentnih materijala u tijelo brane.

c) *Sredstva za zbijanje*

Za zbijanje koherentnih materijala upotrebljavaju se ježevi i vibracijski ježevi (raznih izvedbi s raznim oblicima), sredstva za zbijanje s gumenim kotačima i glatki valjci. Za zbijanje manjih površina upotrebljavaju se vibracijske ploče.

Obračun radova

Rad se obračunava i plaća prema kubičnim metrima (m^3) ugrađenog i zbijenog materijala, prema opisu iz potpoglavlja '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Radovi na sanaciji ugrađenog koherentnog materijala nepovoljnih geomehaničkih svojstava ne predstavljaju vantroškovnički ili dodatni rad koje snosi naručilatelj, već se smatraju propustom izvođača radova.

12-05.3 UGRADNJA NEKOHERENTNOG MATERIJALA "C" KATEGORIJE

Opis rada

Nekoherentni materijali "C" kategorije odgovaraju krupnozrnatom tlu prikazanom u sustavu za klasifikaciju i obuhvaćaju čiste šljunke (GW, GP, GU), šljunke s finim česticama (GM, GC), čiste pijeske (SW, SP, SU) i pijeske s finim česticama (SM, SC).

Ne smiju se ugrađivati materijali koji u svom sastavu imaju organskih glina, organskog praha, organskih otpadaka, korijenja, busenja kao i drugih materijala koji s vremenom mijenjaju svoja mehaničko-fizikalna svojstva.

Materijal se ne smije ugrađivati na smrznutu podlogu. Ne smije se ugrađivati snijeg, led ili smrznuti materijal.

Za nekoherentne materijale u ovoj fazi potrebno je odrediti optimalnu zbijenost (gustoću) sukladno normi HRN EN 13286-2 i kontrolirati granulometrijski sastav sukladno HRN EN ISO 17892-4. Optimalna zbijenost određuje se prema važećim domaćim i inozemnim standardima, a ovisno o krupnoći zrna materijala za ugrađivanje. U ovoj fazi je nekoherentne materijale potrebno doraditi ili koristiti onakve kakvi se pojavljuju na nalazištu, ovisno o projektom utvrđenim uvjetima koji se odnose na granulometrijski sastav. U pravilu se ovi pripremni radovi obavljaju na nalazištu.

Nasipavanje, razastiranje i planiranje su radnje koje je potrebno obaviti neposredno prije zbijanja. U sklopu tih radnji potrebno je osigurati zahtijevanu debljinu slojeva prije zbijanja, vodoravnost ili propisani nagib površine sloja, kao i homogenost materijala na cijeloj površini.

Zbijanje materijala obavlja se sredstvima za zbijanje ovisno o vrsti materijala. U ovoj fazi potrebno je osigurati projektom definiranu zbijenost materijala.

Nekoherentni materijal ugrađuje se u razne dijelove nasute brane. Ovisno o njegovim karakteristikama i projektom rješenju brane, nekoherentni materijal ugrađuje se u potporne zone (uzvodno i nizvodno) i u prelazne zone (filtri i drenaže).

Brane se izvode paralelnom izvedbom svih dijelova (jezgra, filtri, potporne zone, kameni nabačaj) u visinskom razmaku koji, u pravilu, nije veći od dvije debljine sloja.

a) *Ugradnja nekoherentnog materijala u potporne zone brane*

Opis izvođenja radova

Ugradnja nekoherentnog materijala u potporne zone brane provodi se prema tehničkim uvjetima određenima projektom ili prema ovim OTU-ima.

Materijal koji se ugrađuje mora biti hidraulički stabilan.

Parametri čvrstoće ugrađenog materijala moraju biti takvi da osiguravaju stabilnost tijela brane. Prilikom ugradnje nekoherentnih materijala razlikuju se sljedeće vrste:

- a) materijali koji su prilikom zbijanja neosjetljivi na postotak vlage. To su:
 - dobro građirani materijali s $C_u > 6$ koji imaju manje od 4 % čestica sitnijih od 0,06 mm
 - slabo građirani materijali s $C_u < 3$ koji imaju manje od 8% čestica sitnijih od 0,06 mm.
- b) materijali koji su prilikom zbijanja osjetljivi na postotak vlage. To su materijali koji imaju postotak sitnijih čestica veći od graničnih vrijednosti danih pod a).

Prilikom ugradnje materijala definiranog pod a) ne kontrolira se vlažnost materijala, ali se materijal treba ugrađivati u vlažnom stanju da bi se spriječila segregacija prilikom nasipavanja.

Materijal definiran pod b) ugrađuje se u vlažnom stanju i to u sljedećim granicama:

$w = w_{opt} \pm 2 \%$, gdje se optimalna vlažnost se određuje modificiranim Proctorovim pokusom.

Debljina razastrtog materijala je u rasponu od 40 do 60 cm ako projektom nije drugačije određeno. Debljina slojeva ovisi o svojstvima materijala i o sredstvima za zbijanje i određuje se na probnoj dionici.

Za materijale definirane pod a) suha zapreminska težina materijala nakon zbijanja ne smije biti manja od 80 % relativne zbijenosti ili odgovarajućeg stupnja zbijenosti 90% prema modificiranom Proctorovom pokusu.

Za materijale definirane pod b) suha zapreminska težina materijala nakon zbijanja ne smije biti manja od 90 % vrijednosti suhe zapreminske težine određene u laboratoriju ili na probnoj dionici.

b) *Ugradnja nekoherentnog materijala u prelazne zone (filtri i drenaže)*

Opis izvođenja radova

S obzirom na posebnu važnost prelaznih zona u nasutim branama, potrebno je posvetiti posebnu pažnju izboru materijala i načinu izrade.

Materijali koji se ugrađuju u prelazne zone moraju biti slobodno drenirajući, a ujedno moraju spriječiti ispiranje i iznošenje materijala iz zona koje štite (glinena jezgra, temeljno tlo). Ovisno o sastavu i karakteristikama materijala koji je potrebno zaštititi, prelazna zona može se izvoditi od jednog sloja ili od više slojeva.

Filtarski materijal koji se ugrađuje mora zadovoljiti sljedeće kriterije:

- a) $D_{15}/d_{85} \leq 5$
- b) $D_{15}/d_{15} \leq 5$
- c) $D_{50}/d_{50} \leq 25$

gdje su:

D_{15}, D_{50} : promjeri zrna filtarskog materijala ispod koji je 15 %, odnosno 50 % mase

d_{15}, d_{50}, d_{85} : promjeri zrna osnovnog tla ispod kojih je 15 %, 50 %, odnosno 85 % mase.

Specificirani promjeri određuju se iz granulometrijske krivulje filtarskog materijala i osnovnog tla.

Ako se prelazna zona izvodi od više slojeva, tada se navedeni kriteriji primjenjuju sukcesivno između susjednih slojeva, tj. osnovno tlo - prvi sloj, prvi sloj - drugi sloj itd.

Debljina razastrtog materijala je u rasponu od 30 do 50 cm. Debljina slojeva ovisi o granulometrijskom sastavu materijala i o sredstvima za zbijanje. Suha zapremninska težina materijala nakon zbijanja ne smije biti manja od 70 % relativne zbijenosti.

Materijal treba ugrađivati u vlažnom stanju kako bi se smanjila i izbjegla segregacija prilikom nasipavanja.

Posebno treba paziti na izvedbu kako bi se izbjegli džepovi segregiranog materijala i osigurala čistoća materijala prelaznih zona. Ne smije se dopustiti prljanje i miješanje materijala u prelaznoj zoni.

c) *Sredstva za zbijanje*

Za zbijanje koherentnih materijala upotrebljavaju se vibracijski valjci, a za zbijanje manjih površina koriste se vibracijske ploče.

Obračun radova

Rad se obračunava i plaća prema kubičnom metru (m^3) ugrađenog materijala u zbijenom stanju, prema opisu iz potpoglavlja '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

12-05.4 UGRADNJA MATERIJALA "B" KATEGORIJE

Materijali "B" kategorije općenito su opisani u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. S obzirom na svojstva materijala "B" kategorije u sklopu brane, ti se materijali uglavnom ugrađuju u potporne zone brana.

Opis rada

Pod ugradnjom materijala razumijevaju se sljedeće radnje: iskop materijala, priprema materijala, nasipavanje, razastiranje, planiranje i zbijanje. Ovisno o količini sitnih čestica i o granulometrijskom sastavu materijala "B" kategorije, primjenjivat će se tehnički uvjeti propisani za nekoherentne materijale ili tehnički uvjeti za kameni materijal.

Učestalost kontrole svojstava zbijenog materijala (tekuća i kontrolna ispitivanja) određena je u potpoglavlju '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Obračun rada

Rad se obračunava i plaća se prema kubičnom metru (m^3) ugrađenog materijala u zbijenom stanju, prema opisu iz potpoglavlja '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

12-05.5 UGRADNJA MATERIJALA "A" KATEGORIJE (lomljeni kamen)

Materijal "A" kategorije je lomljeni kamen koji se dobiva miniranjem u kamenolomu. Lomljeni kamen se kod nasutih brana koristi za izradu potpornih zona i za zaštitu pokosa. Maksimalna veličina kamena i granulometrijski sastav kamenog materijala određuju se ovisno o tipu i kvaliteti stijene te načinu miniranja.

a) *Ugradnja kamenog materijala u potporne zone*

Opis izvođenja radova

Ugradnja kamenog materijala u potporne zone provodi se prema tehničkim uvjetima utvrđenim u projektu ili prema ovim OTU-ima.

Lomljeni kamen koji se ugrađuje treba biti dobro graduiran.

Lomljeni kamen se razastire u slojevima debljine 0,5 - 2,0 m ovisno o krupnoći kamena i korištenim sredstvima za zbijanje. Maksimalna veličina kamena ne smije biti veća od 1/2 debljine sloja nakon razastiranja.

Prilikom nasipavanja i razastiranja materijala mora se osigurati tehnologija koja sprječava segregaciju materijala.

Zbijanje razastrtog materijala provodi se srednje teškim i teškim vibracijskim valjcima.

Zadovoljavajuća zbijenost kamenog materijala osigurava se nakon 4 - 6 prelaza vibracijskim valjkom.

Da bi se pospješilo zbijanje kamenog materijala, posebno kada se ugrađuje u većim slojevima, materijal se polijeva vodom. Količina vode koja se koristi za polijevanje iznosi od 1 do 2 m^3 po 1 m^3 ugrađenog materijala.

Prilikom zbijanja kamenog materijala slabije čvrstoće, na gornjoj površini dolazi do nastanka tankog proslojka sitnog materijala.

Prije nanošenja navedenog sloja treba odstraniti takve proslojke kako bi se spriječila pojava nepropusnih zona. Preporuča se ispiranje mlazovima vode.

Obračun rada

Rad se obračunava i plaća prema kubičnom metru (m^3) ugrađenog materijala u zbijenom stanju. U cijenu je uračunato miniranje, priprema, transport, razastiranje i zbijanje materijala.

b) *Ugradnja kamenog materijala na pokose brane*

Opis izvođenja radova

Zaštita uzvodnog i nizvodnog pokosa brane izvodi se od kamenog materijala. Kamen koji se upotrebljava za zaštitu pokosa treba imati sljedeće karakteristike:

- mora biti tvrd, gust, vremenski postojan i bez pukotina; mora biti čist od zemlje, organskih sastojaka i sličnih neprikladnih materijala
- mora biti otporan na smrzavanje što znači ako je nakon 25 ciklusa smrzavanja, upijanje vode manje od dopuštenog
- specifična gustoća kamena ne smije biti manja od 2,6 g/cm^3
- upijanje vode u odnosu na suhu težinu mora biti manje od 5 %
- stijene koje imaju izraženo bubrenje ne smiju se upotrebljavati.

Kvaliteta kamenog materijala mora biti u skladu s normama navedenim u potpoglavlju 12-03.2 ovog OTU-a.

Veličina lomljenog kamena koji se upotrebljava za zaštitu uzvodnog pokosa brane određuje se za svaku branu posebno, ovisno o visini brane i uvjetima u kojima se brana gradi. Debljina sloja ovisi o maksimalnoj veličini kamena koji se ugrađuje u oblogu pokosa. Tehnologija i sredstva ugrađivanja ovise o krupnoći zrna, a moraju biti takvi da osiguravaju stabilnost svakog pojedinog ugrađenog komada.

Zaštita nizvodnog pokosa izvodi se od lomljenog kamena kojim se osigurava erozivna stabilnost pokosa. Veličina lomljenog kamena koji se upotrebljava ovisi o veličini plohe pokosa koju treba štiti i o hidrometeorološkim uvjetima. Debljina zaštitnog sloja ovisi o maksimalnoj veličini kamena koji se upotrebljava za zaštitu. Zbijenost ugrađenog materijala mora biti takva da osigurava erozivnu stabilnost nizvodnog pokosa.

Za zaštitu uzvodnog i nizvodnog primjenjuje se lomljeni kamen krupnoće i kvalitete koja je predviđena projektom i sukladno potpoglavlju '4.09 Zaštita pokosa prirodnim kamenom', poglavlja '4. Zaštita ravnih i kosih površina vodotoka i nasipa' ovih OTU-a. Uobičajeno se za zaštitu koristi kamen nazivnog promjera D_{n50} od 20 do 40 cm. Pri tome krupnoća kamena ovisi i o veličini erozijske sile toka vode pa je isti potrebno dokazati projektom.

12-05.6 KONTROLA KVALITETE UGRAĐENOG MATERIJALA

Kontrola kvalitete sastoji se od vizualne provjere terenskih (in situ) i laboratorijskih ispitivanja.

Kontrola kvalitete materijala provodi se da se osigura i kontrolira zahtijevana kvaliteta materijala prije ugrađivanja kao i poslije ugradnje i zbijanja. U tu svrhu ispituju se uzorci svih materijala najprije u nalazištima radi prethodne usklađenosti s predviđenim svojstvima i za usmjeravanje ugrađivanja u određene zone brane.

Nakon što je materijal u zoni brane razasrt, kontrolira se prije početka valjanja debljina sloja i, ako treba, dotjeruje se na propisanu. Zatim se vizualno pregledava jednoličnost materijala, segregacija, pojava gnijezda neprikladnog materijala. Prema potrebi ispravljaju se uočeni nedostaci, nakon čega se sloj zbija. Pošto je sloj ugrađen i zbijen, provode se terenska i laboratorijska ispitivanja za provjeru jesu li postignuta tehničkim uvjetima propisana svojstva (vlažnost, jedinična težina, parametri čvrstoće, deformabilnosti, propusnosti itd.). Materijalima kojima vlažnost nije specifikacijom propisana dovoljno je da se stalno provjerava debljina razasrtog sloja i broj prelaza valjkom. Postignut se rezultat zbijanja provjerava povremeno, u početku rada češće, dok se stekne sigurnost u ocjeni, a poslije rjeđe.

Prema vrstama materijala koji se ugrađuju, provode se sljedeće kontrole kvalitete:

- a) kontrola kvalitete materijala prije ugradnje, tj. tekuća kontrola na pozajmištu
- b) kontrola kvalitete ugrađenog materijala.

Za koherentne materijale:

u okviru točke a) kontrole kvalitete materijala prije ugradnje, provode se sljedeće kontrole:

- granulometrijski sastav
- Atterbergove granice plastičnosti
- vlažnost
- optimalna vlaga po Proctoru.

u okviru točke b) kontrole kvalitete ugrađenog materijala, provode se sljedeće kontrole:

- vlažnost
- suha zapreminska težina
- vodopropusnost
- stišljivost
- parametri čvrstoće.

Za nekoherentne materijale:

u okviru točke a) kontrole kvalitete materijala prije ugradnje, provode se sljedeće kontrole:

- granulometrijski sastav
- maksimalna suha zapreminska težina.

u okviru točke b) kontrole kvalitete ugrađenog materijala, provode se sljedeće kontrole:

- suha zapreminska težina
- stišljivost
- parametri čvrstoće.

Za kamene materijale:

u okviru točke a) kontrole kvalitete materijala prije ugradnje, provode se sljedeće kontrole:

- granulometrijski sastav
- čvrstoća.

Osim navedenih kontrola vrlo često treba provoditi i druge vrste ispitivanja koja se utvrđuju posebnim tehničkim uvjetima u sklopu svakog pojedinog projekta.

Broj ispitivanja i učestalost određuju se prema vrsti građevine i količinama materijala koji se ugrađuje. Ukoliko nije drugačije navedeno projektom, učestalost kontrole obavlja se u skladu s mjerodavnim odredbama potpoglavlja '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Rezultati ispitivanja pregledno se prikazuju u tablicama i dijagramima, što čini dokumentaciju o postignutoj kvaliteti svih materijala ugrađenih u branu.

12-05.7 IZRADA OBLOGE POKOSA I KRUNE BRANE

Ovdje su navedene samo najčešće korištene obloge pokosa, a sve ostale su obrađene u poglavlju '4. Zaštita ravnih i kosih površina vodotoka i nasipa' ovih OTU-a.

12-05.7.1 Zaštita pokosa brane kamenom oblogom

Opis rada

Ovaj rad obuhvaća nabavu kamena, po potrebi njegovu grubu obradu, prijevoz na mjesto ugradnje, ugradnju kamena ručno ili strojno te kontrolna ispitivanja kvalitete kamena prije njegove ugradnje i kontrola tijekom građenja.

U ovaj rad se uključuje moguća potrebna obrada površina koje se zaštićuju te izrada prelaznih slojeva između tijela brane i obloge od kamena.

Opis izvođenja radova

Kamena obloga može se izvesti od krupnog nasutog kamena ili od složenog kamena. Dosadašnja iskustva s oblogama od složenog kamena nisu uvijek bila dobra. Naime, svaki ugrađeni kamen mora biti tako ugrađen da se pod utjecajem valova ne može pokretati jer pomak jednog kamena uzrokuje lančano pomicanje kamena u okolini i s vremenom dovodi do oštećenja obloge. Zbog toga se, gdje god je to moguće, treba izvoditi obloga od krupnog nasutog kamena.

Obloge uzvodnih kosina brana izvoditelj mora izvoditi osobito pažljivo jer su te kosine izložene utjecajima valova. Osim valova, nepovoljno utječe još i led, posebno prilikom sniženja zaleđene vode u akumulaciji.

Prilikom izrade obloge uzvodne kosine brane izvoditelj se mora pridržavati projekta i to posebno u dijelu koji se odnosi na debljinu kamene obloge, na granulometrijski sastav kamena i dimenzije pojedinih komada kamena. Isto tako, vrlo je važno da se krupnoća kamena postupno povećava od unutrašnjeg dijela obloge prema vanjskom i da su najkrupnija zrna kamena ugrađena na površini kosine. Da bi se postiglo potrebno povećanje dimenzija kamenih komada prema površini pokosa, posebnu pažnju treba posvetiti kod brana čiji su nasipi izvedeni od koherentnih ili nekoherentnih materijala. U takvim slučajevima treba između nasipa i obloge izvesti prelazne zone. Izvoditelj mora izvršiti zbijanje pojedinih slojeva tijela brane najmanje 50 cm od vanjskog ruba sloja. Vanjski dijelovi slojeva koji ostaju nedovoljno zbijeni, dobit će potrebnu zbijenost prilikom zbijanja prelaznih zona. Potrebni stupanj zbijenosti prelaznih zona i vanjskih dijelova tijela brane

određuje se projektom ili prema odlukama nadzornog inženjera. Ako je uzvodni pokos brane strmiji od 1:2, vanjski se slabo zbijeni dio tijela brane mora odstraniti, a obloga izvesti na dobro zbijenoj podlozi.

Vrlo je važno da svaki komad kamena na površini kosine bude dobro ukliješten i stabilan, što će izvoditelj izvesti u sklopu posebne obrade površina kosina brane. Navedenu obradu površina ručno provodi posebna skupina radnika koristeći se pri radu čeličnim polugama. Kameni komadi većih težina, odnosno kameni blokovi, postavljaju se u stabilan položaj pomoću odgovarajuće mehanizacije. Po potrebi treba pojedine komade kamena grubo obraditi.

Obloge nizvodnih kosina brana nisu izložene takvim utjecajima kao na uzvodnim kosinama pa se te obloge izvode od komada kamena manje veličine i manjih su debljina. Ne zahtijeva se neka posebna obrada površina obloga nizvodnih kosina. Bitno je da svaki komad kamena bude stabilan, što treba osigurati pregledom izvedenih površina i ručnim podešavanjem pojedinih komada.

Ako je nizvodni pokos strmiji od 1:2,5, tada će trebati posebno obraditi slabo zbijene vanjske zone tijela brane kako je određeno projektom ili prema uputama nadzornog inženjera, odnosno odstraniti taj dio ugrađenog materijala.

Izvoditelj mora kamenu oblogu uzvodnog i nizvodnog pokosa raditi usporedo s nasipavanjem tijela brane.

Obračun rada

Radovi na zaštiti pokosa brana kamenom oblogom obračunavaju se u kvadratnim metrima (m²). U obračun se uključuje sav potreban rad i materijal opisan u ovoj točki, uključivo nabavu kamena, njegovu grubu obradu, prijevoz na mjesto ugradnje, ugradnju kamena ručno ili strojno te kontrolna ispitivanja kvalitete kamena prije njegove ugradnje i kontrola tijekom građenja. Obračun količina provodi se prema projektu ili izmjerama na terenu ako to zahtijeva nadzorni inženjer.

12-05.7.2 Zaštita uzvodnog pokosa brane oblogom od betonskih ploča

Opis rada

Ovaj rad uključuje pripremu i uređenje površina, dobavu i prijevoz materijala za izradu prelaznih zona, razastiranje i zbijanje materijala u prelaznim zonama, dobavu i prijevoz gotovih betonskih ploča na radilište, odnosno izradu tih ploča na samom radilištu, te postavljanja betonskih ploča na uzvodni pokos. U rad se također uključuju kontrolna ispitivanja zbijenosti podloge i zbijenosti izvedenih prelaznih zona te kvalitete betona od kojih su izrađene ploče. Kontrolira se ravnost izvedene obloge od betonskih ploča.

Opis izvođenja radova

Betonske ploče za oblogu uzvodnih pokosa brana dobavljaju se iz specijaliziranih pogona ili se izrađuju na samim radilištima. Takve ploče mogu biti armirane ili nearmirane, debljine najmanje 15 cm. Dimenzije nearmiranih ploča ne smiju biti veće od 70 x 70 cm dok armirane betonske ploče ne smiju biti većih dimenzija od 120 x 120 cm. Dimenzije ploča ograničavaju se zbog toga da slijeganja brane i deformacije uzvodnog pokosa ne izazovu pucanje betona.

Za zaštitu uzvodnih pokosa retencijskih brana i brana manjih akumulacija gdje se ne pojavljuju veći valovi, dopušta se korištenje sačastih betonskih ploča.

Kvaliteta betona od kojeg se izrađuju betonske ploče mora u svemu zadovoljavati zahtjeve iz projekta, PKOK-a i ostalih poglavlja ovih OTU-a. Naime, ploče moraju biti izrađene od betona otpornog na utjecaje atmosferilija, vode, smrzavica, itd.

Prije izvedbe obloge od betonskih ploča mora biti u nožici uzvodnog pokosa brane izveden temelj ili odgovarajuća konstrukcija koja će osigurati stabilan oslonac i spriječiti pomake te obloge.

Površine uzvodnog pokosa brane moraju se prethodno urediti i pripremiti. Slabo zbijeni materijal tijela brane u zoni uz površinu pokosa treba naknadno zbiti zbijanjem po površini pokosa tako da zbijenost bude kao i u ostalom dijelu tijela brane. Umjesto naknadnog zbijanja može se izvesti nasipavanje tijela brane preko profila i nakon toga odstraniti prekopofilni slabo zbijeni materijal.

Uređene i pripremljene površine pokosa moraju biti dovoljno ravne. Dopuštaju se neravnine od najviše 5 cm, mjereno letvom dužine 4,0 m. Nadzorni inženjer će na zahtjev izvoditelja pregledati završene površine i rezultate kontrolnih ispitivanja i dati dopuštenje za nastavak radova.

Na pripremljene površine ugrađuju se podložni slojevi od odgovarajućih nekoherentnih materijala. Takav materijal mora biti dovoljne posmične čvrstoće kako ne bi došlo do površinskih klizanja i mora biti dovoljno vodopropustan da se u njemu ne bi zadržavala voda prilikom naglog sniženja vode u akumulaciji. Prilikom izvođenja ne smiju se nasipavati podložni slojevi debljine manje od 15 cm, niti debljine veće od 30 cm. Ako su projektom predviđeni podložni slojevi debljine veće od 30 cm, nasipavanje treba izvesti u dva ili više slojeva odgovarajuće debljine. Podložni se slojevi moraju na odgovarajući način zbiti da bi se postigao stupanj zbijenosti od najmanje 70 %. Površina tih slojeva mora biti ravna pa se dopuštaju neravnine od najviše 2 cm, mjereno letvom dužine 4,0 m. Na zahtjev izvoditelja nadzorni inženjer će preuzeti izrađene podložne slojeve i odobriti nastavak radova na postavljanju betonskih ploča.

Postavljanje betonskih ploča izvoditelj će provesti dobro uvježbanom skupinom radnika. Svaka pojedina ploča mora biti postavljena na potpuno ravnu površinu. Zbog toga se svaka neravnina mora zapuniti odgovarajućim materijalom. Manje se neravnine zapunjavaju čistim pijeskom dok se nešto veće neravnine zapunjavaju mješavinom pijeska i sitnog šljunka. Reške između betonskih ploča ne smiju biti manje od 1 cm. Sve reške se zapunjavaju čistim pijeskom. Dopušta se neravnost površine gotove obloge od betonskih ploča od 1,5 cm mjereno letvom dužine 4,0 m.

Prilikom postavljanja saćastih betonskih ploča izvoditelj se mora pridržavati svih gore navedenih uvjeta. Nakon što su ploče postavljene, saće se ispunjava aktivnim humusnim materijalom i zasijava travom.

Kontrolira se ravnost podloge i postignuta zbijenost te granulometrijski sastav, zbijenost, debljina i ravnost podložnih slojeva. Na gotovoj oblozi od betonskih ploča kontrolira se ravnost površine. Beton od kojeg su izrađene betonske ploče, kontrolira se prema zahtjevima projekta i zahtjevima za kontrolu betona (poglavlje '7. Betonski radovi') iz ovih OTU-a.

Obračun rada

Izrada podložnih slojeva obračunava se po kvadratnom metru (m²). U taj se rad uključuje priprema i uređenje podloge te dobava nekoherentnog materijala za izradu podložnih slojeva, prijevoz na mjesto ugradnje, razastiranje, planiranje i zbijanje. U cijenu se uključuju sva kontrolna ispitivanja.

Izrada obloge od betonskih ploča obračunava se po kvadratnom metru (m²). U taj se rad uključuje dobava betonskih ploča, njihov prijevoz na mjesto ugradnje, ugradnja te pomoćni radovi kao što je dodatno izravnavanje površine podložnog sloja, zapunjavanje reški između ploča itd. Sva kontrolna ispitivanja uključena su u cijenu rada. Nadalje, kad se izvodi obloga od betonskih saćastih ploča, u cijenu se uključuju još i zapunjavanje saća humusom i zatravljivanje.

Obračun količina provodi se prema projektu ili prema izmjerama na terenu ako to zahtijeva nadzorni inženjer.

12-05.8 EVAKUACIJSKI ORGANI BRANE

Općenito

Izvedba evakuacijskih organa nasute brane, u okviru gradnje akumulacije ili retencije, obuhvaća sve radove koji su potrebni pri gradnji temeljnog ispusta i preljeva brane radi osiguranja ispuštanja vode iz akumulacije u odvodne kanale evakuacijskih organa, a koji nisu obuhvaćeni gradnjom brane. Prema ovim OTU-ima, radovi obuhvaćaju gradnju temeljnog ispusta od uzvodnog zida ulaznog bazena do nizvodnog zida slapišta i gradnju preljeva od preljevnog zida do nizvodnog zida slapišta.

Radovi na gradnji evakuacijskih organa mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine:

- građevinski radovi i
- radovi vezani uz nabavu i ugradnju hidrotehničke opreme.

Građevinski se radovi sastoje od pripremnih radova (obilježavanje građevine, uređenje gradilišta i pristupa), zemljanih radova (iskop, nasipavanje), radova na izradi betonskih dijelova temeljnog ispusta i preljevne građevine (tesarski, armirački, betonski radovi), zidarskih radova u kamenu i radova ugradbe metalnih elemenata, bravarskih radova i radova izrade hidroizolacije. Svi navedeni radovi obrađeni su u ostalim poglavljima ovih OTU-a i neće se obrađivati u ovom poglavlju.

Radovi vezani za hidrotehničku opremu podrazumijevaju nabavu, dopremu, ugradnju (montažu), provjeru i probni pogon opreme (zatvarači, cijevi, rešetke, metalni poklopci itd.). Svi navedeni radovi obrađeni su u ostalim poglavljima ovih OTU-a i neće se obrađivati u ovom poglavlju.

Zatrpavanje temelja obuhvaća nasipavanje oko betonskih dijelova građevine izvan tijela brane do temeljne plohe brane, odnosno do razine okolnog terena ili do razine nasipavanja određene u projektu. Uvjeti ugradnje materijala u tijelo brane obrađeni su u ovom potpoglavlju i poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Materijali

Prilikom izgradnje evakuacijskih organa brane upotrebljava se zemljani materijal iz iskopa za temelje građevine ili iz nalazišta, šljunkovito-pjeskoviti materijal za drenažne slojeve ispod zidova ulaznog bazena i slapišta, kamen, čelik, beton, izolacijski materijal i oprema.

Kvaliteta materijala, način kontrole, uvjeti ugradnje i održavanja općenito su određeni odgovarajućim normama i propisima, a posebno su dani projektom te "Projektom kontrole i očuvanja kvalitete", kako je dano u poglavlju '35. Regulatora' ovih OTU-a'.

Opis izvođenja radova

Nakon završenih prethodnih radova, a na osnovu ugovorom utvrđenih uvjeta početka rada, započinje gradnja evakuacijskih organa brane koja se u pravilu izvodi u prvoj fazi gradnje akumulacije jer će se njihovom izgradnjom omogućiti evakuacija voda iz retencijskog prostora, ne samo nakon izgradnje akumulacije kao vodno-gospodarskog objekta, već i tijekom gradnje pojedinih njenih dijelova.

Počinje se s iskolčenjem evakuacijskih organa i osiguranjem pristupa gradilištu.

Slijede radovi na osiguranju gradilišta od površinskih i podzemnih voda (privremeno skretanje toka, izgradnja zagata). Zatim se izvodi čišćenje gradilišta i uklanjanje šiblja, drveća i postojećih građevina s prostora na kojem će se graditi građevina. Nakon toga pristupa se iskopu humusa s površina na kojima će se izvoditi iskop. Ti se radovi u okviru gradnje akumulacije uobičajeno izvode na svim površinama u tlocrtu brane, evakuacijskih organa i pripadajućih odvodnih kanala te površine nalazišta i privremenog odlagališta materijala. Zatim se izvodi iskop za temelje dijelova temeljnog ispusta (ulazni bazen, ulazna i izlazna građevina, cijev temeljnog ispusta, slapište) kao i za temelje preljeva (preljevna građevina, odvodni kanal preljeva, slapište).

Ako je koncepcijskim rješenjem za evakuacijske organe izabran oblik čelnog preljeva na kruni brane, iskop protjecajnog profila preljevne građevine i brzotoka slijedi nakon ugradnje materijala u tijelo brane, a prije radova oblaganja i uređenja krune i pokosa brane.

Nakon izvedenog iskopa za temelje, slijedi izrada podložnog betona ispod betonskih objekata te izrada drenažnog sloja ispod betonskih objekata gdje nije izvedena podloga od betona. U nastavku se izvode tesarski, armirački i betonskih radovi. Nakon toga, ili istodobno, slijedi ugradnja hidromehaničke opreme, dilatacijskih brtvi i metalnih dijelova koji ostaju trajno ugrađeni. Nakon provjere hidromehaničke opreme slijedi obrada svih betonskih ploha koje će biti zatrpane i izvedba hidroizolacije. Slijedi zatrpavanje, odnosno nasipavanje oko izgrađenih objekata.

Pri završetku izgradnje evakuacijskih organa, privremene se pregrade u koritu vodotoka uklanjaju i voda se usmjerava prema ulaznoj građevini temeljnog ispusta. Suvišan materijal iz iskopa odvozi se na unaprijed određeno odlagalište. Prije napuštanja gradilišta, gradilište se očisti i sav se suvišan materijal odvozi.

Završna je aktivnost predaja evakuacijskih organa naručitelju, odnosno nadzornom inženjeru, u okviru cjelokupne izgradnje akumulacije.

Zahtjevi kvalitete

Evakuacijski organi moraju u cijelosti biti izvedeni prema projektu, postojećim zakonima, važećim propisima i normama te "Projektom kontrole i očuvanja kvalitete", kako je dano u poglavlju '35. Regulatoriva' ovih OTU-a'.

Osim kvalitete izvedbe, koja se provjerava tijekom rada, posebno moraju biti zadovoljeni:

- visinski položaj nivelete dna temeljnog ispusta i krune preljeva i
- protjecajni otvor cijevi temeljnog ispusta i širina preljeva.

Prilikom preuzimanja evakuacijskih organa nadzorni inženjer ovjerava ispravnost izvedene građevine u dokumentaciji izvedenog stanja.

Obračun rada

Obračun se provodi na osnovu obavljenih radova i to za svaku vrstu rada posebno.

12-05.9 OSTALI RADOVI U PODRUČJU BRANE**12-05.9.1 Izrada odvodnih kanala**

Zemljani radovi na izradi kanala opisani su u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Zaštita ravnih i kosih površina vodotoka i nasipa opisana je u poglavlju '4. Zaštita ravnih i kosih površina vodotoka' ovih OTU-a.

12-05.9.2 Izrada drenaže**Opis rada**

Rad obuhvaća dobavu i strojnu ugradnju šljunkovitog materijala ispod betonskih konstrukcija odvodnog kanala preljeva, ispod dijela kanala nizvodno od glinene jezgre brane.

Materijal

Šljunkoviti materijal za izradu drenaže treba imati granulometrijski sastav utvrđen projektom, a nalazi se unutar određenog područja i zadovoljava filtarska pravila. U drenažni se sloj ugrađuje drenažna cijev, spojena na filtarski sloj u brani ili se procjedna voda odvodi izvan tijela brane.

Opis izvođenja radova

Na pripremljenu podlogu ugrađuje se dopremljeni šljunak strojno u slojevima i nabija laganim vibracijskim valjkom ili vibracijskom pločom. Ako je potrebno, može se tijekom zbijanja polijevati vodom kako bi se postigla tražena zbijenost uz najmanje energije. Zbijenost ugrađenog šljunkovitog materijala treba biti 70 % relativne zbijenosti.

Ako betonske konstrukcije leže na mekim stijenama, potrebno je najprije zaštititi meku stijenu slojem betona da ne dođe u dodir s vodom.

Zahtjevi kvalitete

Kvaliteta ugrađenog šljunka mora odgovarati zahtjevima iz projekta, a ugrađeni sloj mora imati propisanu debljinu. Tijekom ugradnje vizualno se provjerava materijal, posebno njegov granulometrijski sastav. Modul stišljivosti kontrolira se prema HRN U.B1.046 ili DIN 18134, a stupanj zbijenosti se kontrolira prema HRN U.B1.016 ili DIN 18125-2. Šljunak ne smije sadržavati organske primjese.

Obračun rada

Rad se obračunava po kubičnom metru (m³) ugrađenog materijala. Jediničnom cijenom obuhvaćena je nabava i doprema materijala do mjesta ugradnje i strojna ugradnja uz zbijanje.

12-05.9.3 Nasipavanje oko objekata**Opis rada**

Rad obuhvaća strojnu ugradnju materijala iz iskopa ili iz privremenog odlagališta i strojno razastiranje uz zbijanje. Ne smije se nasipavati materijal iskopan iz mekih stijena bez prethodne dorade.

Materijal

Materijal je privremeno odloženi materijal iz iskopa uz rub iskopa ili iz privremenog odlagališta u okviru gradilišta akumulacije. Ukoliko je odložena iskopana meka stijena i ista odleži neko vrijeme koje omogućava raspadanje, može se ugraditi u nasip oko objekta.

Opis izvođenja radova

Dopremljeni materijal iz odlagališta istovaruje se na mjesto ugradnje ili se gura iz odlagališta uz rub iskopa na mjesto ugradnje te razastire u slojevima od 10-25 cm. Razastiranje se provodi u horizontalnim slojevima čija debljina mora odgovarati geotehničkim svojstvima materijala koji se ugrađuje i uvjetima zbijanja uz betonske objekte. Izbor stroja za nabijanje ovisi o prostoru izvođenja radova.

Uz betonski objekt nabijanje se provodi laganim nabijačima na zahtijevani modul zbijenosti, ovisno o dubini pojedinog sloja.

Ako materijal ne odgovara propisanoj kvaliteti, priprema se na odlagalištu sušenjem odnosno vlaženjem.

Nasipavanje uz betonske elemente smije započeti tek kad beton dostigne 7-dnevnu čvrstoću.

Nasipavanje se ne izvodi na smrznutoj podlozi.

Zahtjevi kvalitete

Kontrolu ugrađenog materijala čini vizualna provjera i laboratorijska ispitivanja. Vizualno se pregledava debljina slojeva, način zbijanja, nazočnost štetnih sastojaka, a laboratorijski se ispituje optimalna količina vlage, suha prostorna težina, indeks plastičnosti i modul stišljivosti te količina organskih tvari prema važećim propisima.

Optimalna vlaga po standardnom Proctoru smije imati odstupanje ± 3 %. Kota nasipavanja određena je projektom.

Obračun rada

Obračun se provodi po kubičnom metru (m^3) ugrađenog materijala. U jediničnu cijenu uključen je prijevoz materijala, strojno razastiranje i nabijanje kao i troškovi ispitivanja i pripreme materijala za ugradnju.

12-05.9.4 Izrada glinenog priključka na temeljni klin pregrade

Opis rada

Kod nasutih brana može se dio brane izvesti u betonu kao preljev na koji se nastavlja brzotok. Rad obuhvaća izradu glinenog priključka na glineni temeljni klin brane na mjestu presijecanja trase brzotoka preljeva konstrukcije brane. Ovo je nužno zbog otješnjenja retencije ili akumulacije na tom mjestu.

Materijal

Do kote temeljne plohe objekta brzotoka temeljni se klin izvodi od plastične gline nastojeći da joj je vlažnost pri zbijanju 3% veća od optimalne jer će se plastičnom deformacijom toga sloja pri rastućoj težini nadsloja ostvariti tijesna veza između gline i podloge. Iste kvalitete mora biti i glina neposredno uz betonski objekt.

Opis izvođenja radova

Rad obuhvaća strojnu ugradnju gline najbolje kvalitete dopremljene iz nalazišta. Razastiranje se obavlja strojno u slojevima 15 cm, a kvaliteta je gline ista kao i glina temeljnog klina brane. Uvjeti ugradnje također su isti kao i za temeljni klin i opisani su u točki izgradnje brane.

Projektom je određen modul stišljivosti pojedinog sloja. Iznad temeljne plohe objekta brzotoka izradu priključka treba izvesti glinom iste kvalitete i načina ugradnje kao i glinenu jezgru brane, propisano u točki izgradnje brane.

Zahtjevi kvalitete

Kontrola se provodi tijekom ugradnje vizualno i laboratorijski na osnovu programa ispitivanja (PKOK), a zahtjevi su isti kao i za izgradnju temeljnog klina brane i glinene jezgre.

Obračun rada

Radovi se obračunavaju prema kubičnom metru (m^3) ugrađenog materijala. Jediničnom cijenom obuhvaćena je doprema gline do mjesta ugradnje, strojno razastiranje uz nabijanje kao i troškovi ispitivanja i možebitne pripreme materijala za ugradnju.

12-05.9.5 Strojno planiranje zemlje oko objekata**Opis rada**

Rad obuhvaća strojno planiranje zemlje oko objekata nakon njihove izgradnje.

Materijal

Koristi se materijal s odlagališta preostalog i otpadnog materijala.

Opis izvođenja radova

Preostali materijal na odlagalištu strojno se razastire guranjem i poravnavanjem lokalnih depresija i neravnina, a na način da se ne nagrđuje okoliš i omogući ocjeđivanje vode s površine oko objekata u izgrađene odvodne kanale i jarke. Planiranje materijala treba provesti tako da planirana površina poprimi projektirane dimenzije.

Zahtjevi kvalitete

Zahtjevi se odnose na estetski izgled isplanirane površine i njenog uklapanja u prirodni okoliš, kao i na ostvarene padove terena prema prijemnicima te na točnost provedenog planiranja neposredno uz objekte, uz dopušteno odstupanje ± 3 cm od projektiranog pada prema projektu.

Obračun radova

Obračun se provodi po kvadratnom metru (m^2) isplanirane površine s nužnim otkopom lokalnih izbočina i strojnim razastiranjem.

12-05.10 RADOVI U AKUMULACIJSKO - RETENCIJSKOM PROSTORU**12-05.10.1 Iskop za drenažni kanal****Opis rada**

Ovom stavkom obuhvaćen je iskop drenažnog kanala u okviru uređenja retencijskog ili akumulacijskog prostora, koji se izvodi sa svrhom dreniranja pokosa retencijskog prostora u cilju povećanja stabilnosti kosina. Svi su zemljani radovi opisani u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

12-05.10.2 Strojno uređenje prostora akumulacije - retencije**Opis rada**

Ovom stavkom obuhvaćeni su radovi na strojnom uređenju prostora retencije što podrazumijeva planiranje dna akumulacije, oblikovanje pokosa obale i iskope u akumulacijskom prostoru koji najčešće služi kao nalazište materijala za ugradnju u tijelo brane ili za nasipavanje oko betonskih objekata.

Materijal

Materijal je materijal "A", "B", ili "C" kategorije, odnosno glinovit, šljunkovit ili kameni materijal.

Opis izvođenja radova

Iskop u retencijskom prostoru treba izvesti prema projektu i to u odnosu na profile, kote i nagibe. Radovi se provode odgovarajućom građevinskom mehanizacijom (buldožer, skrejper, prijevozna sredstva).

Radovi na iskopu započinju u nizvodnom dijelu akumulacijskog prostora i napreduju prema njenom uzvodnom dijelu.

Tlocrtni oblik iskopa akumulacijskog prostora mora biti u skladu s projektom i uklapati se u krajolik. Najveća dubina iskopa je na uzvodnom kraju dok je obično najmanja na nizvodnom. Pokosi iskopa moraju biti blagi, a rubovi iskopa blago zakrivljeni.

Iskop je potrebno provoditi na način da se iskapa materijal ujednačenih karakteristika jer se iskopani materijal koristi za gradnju tijela brane, a površine iskopa moraju biti stalno ocijeđene. Na najnižim dijelovima treba prokopati kinete s uzdužnim padom prema nižem terenu.

Planiranje dna retencije izvodi se s blagim padom prema prijarniku u retencijskom prostoru čime se osigurava stalno ocijeđivanje dna jer je taj prostor samo povremeno ispunjen vodom, a veći dio godine otjecanje se odvija koritom vodotoka i temeljnim ispustom.

Otkopavanje materijala tijekom izgradnje brane treba obavljati s čela tako da nagibi otkopnih ploha imaju oblik blago nagnutih rampi. Glinoviti materijali se u slučaju prekomjerne vlage otkapaju u horizontalnim rezovima 20-40 cm čime se pospješuje sušenje, isto se postupa i sa šljunkovitim materijalom prekomjerne vlažnosti, dok se za dobivanje homogenijeg materijala primjenjuje metoda u vertikalnim rezovima.

Treba nastojati da se iskopani materijal ne odlaže, već da se odmah ugrađuje u tijelo, a privremena odlagališta nepogodnog materijala za ugradnju moraju se tijekom planiranja i završnog uređenja prostora ukloniti zatrpavanjem prirodnih depresija ili rasplanirati u projektiranom padu.

Prijevoz iskopanog materijala obavlja se odgovarajućom prijevoznom mehanizacijom, ovisno o dužini prijevoza i kvaliteti iskopanog materijala. Prijevoz se obavlja najkraćim mogućim putom u prostoru gradilišta, a izvan gradilišta, odnosno akumulacijskih prostora, samo javnim putovima, osim ako nadzorni inženjer ne odluči drugačije.

Tijekom planiranja dna akumulacije sve panjeve ili stabla, što su u fazi čišćenja odlagana, potrebno je ukloniti i zatrpati sva udubljenja nastala vađenjem panjeva.

Zahtjevi kvalitete

Tijekom izvođenja iskopa potrebno je provoditi kontrolu:

- iskolčenja rubova iskopa
- postavljenih profila
- nagiba izvedenih pokosa.

Tijekom izvedbe širokog iskopa potrebno je kontrolirati obavlja li se iskop prema projektiranim padovima, visinskim kotama i projektiranim nagibima pokosa te da se osigura stalno ocijeđivanje.

Tijekom prijevoza materijala kontrolira se je li izvoditelj osigurao:

- pravilno održavanje
- postavljanje signalizacije i
- osiguranje prijevoza.

Obračun radova

Radovi se obračunavaju po kubičnom metru (m^3) iskopanog ili prevezenog materijala, odnosno po kvadratnom metru (m^2) isplanirane površine. U jediničnoj cijeni prevezenog materijala uključen je utovar i istovar materijala.

12-06 RADOVI NA IZVEDBI TUNELA I MIKROTUNELA

12-06.1 OPĆENITO

U ovom poglavlju OTU propisuju se minimalni zahtjevi kvalitete za materijale, proizvode i radove koji se koriste kod izvođenja radova u hidrotehničkim tunelima, kao i radovi izvedbe tunela manjeg promjera te mreže vodoopskrbe i odvodnje tehnologijom mikrotuneliranja.

Materijali, proizvodi, oprema i radovi moraju biti u skladu s normama i tehničkim propisima navedenim u projektnoj dokumentaciji. Ako nije navedena niti jedna norma, obvezna je primjena odgovarajućih EN (europska norma). Izvođač može predložiti primjenu priznatih tehničkih pravila (normi) neke inozemne normizacijske ustanove (ISO, EN, DIN, ASTM, ...) uz uvjet pisanog obrazloženja i odobrenja nadzornog inženjera. Tu promjenu nadzorni inženjer odobrava uz suglasnost projektanta.

Izveštaj o istražnim radovima

Izveštaj o istražnim radovima (geološkim, hidrogeološkim, geotehničkim i drugim) služi kao podloga za izradu glavnog projekta tunela sukladno Tehničkom propisu za građevne konstrukcije. Izveštaj o provedenim istražnim radovima sastavni je dio dokumentacije na osnovu koje se izdaje građevna dozvola. Investitor predaje primjerak izvještaja o istražnim radovima izvođaču i nadzornom inženjeru za praćenje i kontrolu uvjeta izvođenja radova na trasi i objektima.

Izveštaj o istražnim radovima sadrži predviđene geološke, hidrogeološke i geotehničke uvjete na trasi tunela koji se odnose na opis tla, stijena i ostalog prirodnog materijala te na ostale informacije i tumačenja. Izvođač treba izvještaj proučiti i donijeti vlastite zaključke o prirodi materijala iskopa, stupnju i težini izrade, o osiguranju iskopa i izvođenju drugih radova koji su uvjetovani geološkim obilježjima gradilišta. Ovo je naročito važno uzimajući u obzir linijski karakter tunela i otežanu procjenu inženjersko-geoloških uvjeta duž trase tunela.

Geološki, hidrogeološki i geotehnički uvjeti koji nisu predviđeni izvještajem o istraživanju temeljnog tla ili projektom, mogu se utvrditi dodatnim istražnim radovima na gradilištu tijekom same izvedbe sukladno potpoglavlju '12-10 Dodatni istražni radovi na gradilištu' ovih OTU-a.

Sigurnost rada

Izvođač treba usvojiti sigurne sustave rada. Sve osobe koje rade na gradilištu moraju biti propisno obučene kako bi mogle obavljati svoje obveze i zadatke na način da ne dovedu u opasnost ni svoje zdravlje, a ni zdravlje ostalih. Kod prvog zapošljavanja na gradilištu osobe trebaju biti obučene i upućene u opasnosti koje postoje na gradilištu, predostrožnosti koje se moraju poduzeti, način izgradnje te interventne zahvate i zaštitu od požara. Izvođač mora djelovati u skladu sa "Zakonom o zaštiti na radu", "Pravilnikom o zaštiti na radu na privremenim gradilištima" i propisima u graditeljstvu te ostalim važećim zakonskim odredbama. Izvođač mora također djelovati u skladu s uvjetima investitorove prakse za siguran rad kao i s propisima svih nadležnih organa ili tijela kada je njihovo poslovanje ili posjed ugrožen izvođenjem radova. Nadzornog inženjera se mora konzultirati u vezi sa svim prijedlozima koji se odnose na sigurnost na gradilištu. Konzultacije ne oslobađaju izvođača njegovih zakonskih obveza niti onih navedenih u ugovoru.

Izvođač također mora postupati u skladu s uvjetima i preporukama:

- HRN EN 16191 - Strojevi za gradnju tunela - sigurnosni zahtjevi
- HRN EN 12110 - Strojevi za gradnju tunela - Zračne brane - sigurnosni zahtjevi
- HRN EN 12111 - Strojevi za gradnju tunela -- Rovokopači i mineri s neprekidnim djelovanjem -- Sigurnosni zahtjevi

Podjela radova

U okviru ovog poglavlja, daju se tehnički uvjeti za tri različite tehnologije izvedbe:

- a) NATM (Nova Austrijska Tunelska Metoda) tehnologija
Podrazumijeva izvedbu tunela većih promjera koji se izvode u stijenskoj masi.
- b) Cut-and-cover tehnologija

Podrazumijeva izvedbu tunela manjih promjera ili cjevovoda koja obuhvaća iskop građevinske jame (rova), izvedbu konstrukcije te zatrpavanje građevinske jame (rova).

c) Tehnologija mikrotuneliranja

Podrazumijeva izvedbu tunela manjih promjera ili cjevovoda bez poremećenja površine terena, primjenom daljinski upravljanoj stroja za utiskivanje elemenata kružnog poprečnog presjeka u tlo.

12-06.2 IZVEDBA TUNELA PREMA NOVOJ AUSTRIJSKOJ TUNELSKOJ METODI

Opis rada

Ovo se potpoglavlje odnosi na izvođenje svih podzemnih radova na iskopu i podgrađivanju tunela u bilo kojoj vrsti stijene. Opisana tehnologija primjenjuje se pri izvođenju tunela u stijenskim masama bušenjem i miniranjem ili strojnim iskopom u podzemlju. Ne primjenjuje se kod iskopa tunela u sraslom tlu, kao i tunela koji se izvode metodom otvorenog iskopa i zatrpavanja (cut-and-cover).

Izvođač će se pridržavati svih postupaka kako je detaljno navedeno u projektnoj dokumentaciji na nacrtima i opisano u tehničkim uvjetima i u dokumentima koje je potrebno podnijeti u skladu sa izvedbenim projektom ili drugih postupaka prema ugovoru koje odobri nadzorni inženjer.

Izvođač će izvesti sve radove iskopa i podgrađivanja na način da ispuni uvjete za osiguranje iskopa za ustanovljenu tunelsku kategoriju i da na najmanju moguću mjeru svede pogoršanje i popuštanje stijenske mase koja okružuje iskop, da ograniči prekoprofilni iskop i da spriječi oštećenje prethodno postavljene obloge.

Faze iskopa i razrada profila iskopa bit će u skladu s projektom, ovim tehničkim uvjetima i nacrtima iz izvedbenog projekta, koga će izraditi izvođač prema ustanovljenom stanju stijene tijekom iskopa tunela.

Izvođač je odgovoran za odabir potrebne opreme i može predložiti alternativnu metodu iskopa, ako drugim dokumentima nije drugačije određeno.

Granicu za obračun između vanjskog iskopa (tunelskog predusjeka) i iskopa u tunelu, uzima se stacionaža projektirane trase koja odgovara sraslom tlu (ili stijeni) na tjemenu tunela.

Kategorizacija iskopa

Kategoriziranje stijenskih masa, za izvedbu tunela prema NATM metodi, provodi se na osnovi geomehaničke RMR kategorizacije koja stijensku masu svrstava u pet kategorija (I, II, III, IV, V), pri čemu je kategorija I najkvalitetnija stijenska masa, a kategorija V stijenska masa najlošije kvalitete.

Osnovu za kategoriziranje stijenskih masa čine rezultati inženjerskogeološkog kartiranja tunela. Nakon svakog napredovanja potrebno je izvršiti inženjerskogeološko kartiranje iskopanog dijela tunela. U sklopu inženjerskogeološkog kartiranja potrebno je snimiti sve relevantne parametre potrebne za kategoriziranje stijenskih masa. Rezultati inženjerskogeološkog kartiranja tunela prikazuju se na razvijenom profilu tunela i predaju nadzornom inženjeru.

Inženjerskogeološko kartiranje tunela obavlja izvođač. Obveza je izvođača omogućiti nadzornom inženjeru kontrolno kartiranje pojedinih dionica tunela bez posebne naknade što uključuje osvjtljenje iskopane dionice i jasno obilježavanje stacionaže tunela na svakih 50 m. Kartiranje tunela ne smije utjecati na odvijanje radova u tunelu.

Na osnovi rezultata inženjerskogeološkog kartiranja i pregleda čela iskopa, nadzorni inženjer provest će kategoriziranje stijenskih masa prema geomehaničkoj kategorizaciji i odrediti kategoriju stijenske mase te pripadne mjere na iskopu i podgrađivanju, propisane projektom za predmetnu kategoriju stijenske mase. Kategoriziranje je potrebno provoditi samo kod bitnih promjena geoloških i geotehničkih karakteristika stijenske mase duž trase tunela, a ne nakon svakog napredovanja.

Za kategoriziranje stijenskih masa nadzorni inženjer treba biti specijaliziran za područje podzemnih geotehničkih radova ili u nadzornoj ekipi imati pomoćnika nadzornog inženjera za područje podzemnih geotehničkih radova.

Eventualno osporavanje rezultata kategoriziranja od strane izvođača riješit će se arbitražom. Do rješenja spora radovi će se nastaviti prema odlukama nadzornog inženjera. Troškove arbitraže snosi izvođač.

Bez obzira na odluke nadzornog inženjera i projektanta geotehničara, izvođač je jedini odgovoran za sigurnost radova koji se izvode u tunelu.

Izvođač će u slučaju bilo kakvih znakova nestabilnosti u tunelu ili u slučaju ponašanja podzemnog iskopa koje nije sukladno s pretpostavkama datim geotehničkim projektom, o tome obavijestiti projektanta i nadzornog inženjera koji će utvrditi uzroke i preinačiti projektom propisane mjere na iskopu i stabilizaciji podzemnog iskopa.

Rezultati inženjerskogeološkog snimanja i rezultati kategoriziranja prikazuju se na posebno pripremljenim obrascima koje će prije početka radova odrediti nadzorni inženjer i predstavljaju sastavni dio projektne dokumentacije. Također je potrebno izraditi stvarni inženjerskogeološki profil tunela s podacima o kategoriziranju stijenskih masa i ugrađenim podgradnim sklopovima.

Posebne odredbe

U zonama portala i zonama malog nadsloja gdje je visina nadsloja manja od širine tunela ($H < B$) stijenska masa se bez obzira na rezultate kategoriziranja treba svrstati u V kategoriju.

Ukoliko se prilikom iskopa registriraju različite kategorije stijenske mase u istom presjeku, kategorija će se odrediti prema dijelu stijenske mase koji ima odlučujući utjecaj na stabilnost cijelog iskopa, odnosno podgradne zahtjeve. U većini slučajeva to će biti stijenska masa u svodu tunela.

Iskopi niša i proširenja tunela kao i poprečnih prolaza isto se kategoriziraju kao i osnovni tunelski presjek.

Izvedbeni projekt

Izvođač će kroz cijelo vrijeme odvijanja radova imati osiguranog projektnog konzultanta koji će za potrebe izvođača izrađivati dopune izvedbenog projekta uz ovjeru projektanta. Nadzornom inženjeru predat će se svi nacrti dovoljno vremena prije izgradnje (najmanje 14 dana), ili na međusobno dogovorene datume.

Prije početka bilo kakvog tunelskog iskopa izvođač će nadzornom inženjeru podnijeti na odobrenje izvedbene nacрте i/ili opis ponuđene metode i faza iskopa, uključujući mjere podgrađivanja iskopa, potrebnu odvodnju gradilišta, mjere sigurnosti i rezultate provedenih probnih ispitivanja.

Na temelju sustava kategorizacije stijena, izvođač će podnijeti nadzornom inženjeru na odobrenje detaljni plan faznosti rada za iskop i podgrađivanje u svakoj kategoriji stijene i za svaki tip poprečnog profila iskopa kao i metodu iskopa gdje će biti opisana metoda te način iskopa.

Opis izvođenja radova

Rad na izvedbi tunela u stijenskoj masi, primjenom NATM tehnologije, uključuje sljedeće faze:

- iskop tunela u materijalu "A" kategorije primjenom miniranja ili hidrauličnih čekića
- izvedba elemenata primarne podgrade za stabilizaciju tunelskog otvora
- izvedba hidroizolacije između primarne podgrade i sekundarne obloge
- izvedba sekundarne obloge
- završni radovi.

*a) Iskop tunela**Općenito*

Svi radovi miniranja izvest će se prema projektu miniranja i u skladu s domaćim propisima u pogledu mjera opreza i mjera sigurnosti pri rukovanju eksplozivima te u skladu s poglavljem '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a koje se odnosi na iskop materijala "A" kategorije.

Prije planirane upotrebe eksploziva izvođač mora obavijestiti nadzornog inženjera, treće strane, nadležne institucije i službe koji imaju interese u tim zahvatima ili na koje će ti zahvati vjerojatno utjecati. Izvođač mora obavijestiti nadzornog inženjera i ostale navedene osobe i službe najmanje 14 dana prije planirane upotrebe eksploziva.

Projekt miniranja podnosi se nadzornom inženjeru za svaki tip poprečnog presjeka ili dijela presjeka, a obuhvatit će sljedeće podatke:

- model bušenja, promjere bušotina, udaljenost, dubinu i nagib
- tip, jačinu, količinu (težinu) eksploziva koji će se koristiti u svakoj pojedinoj bušotini, u svakom slijedu i ukupne vrijednosti za svaki ciklus miniranja
- raspored opterećenja u bušotinama i prvo punjenje u svakoj bušotini
- tip, slijed i broj usporenja, uzorak usporenja; shemu ožičenja za miniranje; veličinu i tip učvršćenih vodova i vodećih vodova; tip i kapacitet izvora paljenja; tip stroja za miniranje s ispuštom kondenzata
- učvršćenje/zaštita bušotina i prekrivanje ili pokrivanje područja koje će biti minirano
- pisani dokazi o kvalifikacijama osoba koje će biti izravno odgovorne za nadzor punjenja i paljenja.

Miner mora voditi evidenciju o broju ispaljenih mina, vremenu paljenja, tipu i težinama upotrijebljenog eksploziva te tipu i broju detonatora zajedno s evidencijom stanja na svakoj lokaciji nakon miniranja. Primjerak tog zapisa dostavit će se nadzornom inženjeru na kraju svake smjene u kojoj se vršilo miniranje.

Definiranje profila iskopa

Profil iskopa naveden u nacrtima projekta odnosi se na projektirani profil iskopa. U odnosu na projektirani profil, a ovisno o kvaliteti stijene, izvest će se odgovarajuće proširenje kako bi se ostavilo dovoljno prostora za radijalne deformacije i konstrukcijske tolerancije.

Tijekom iskopa, temeljem iskustva, vrijednosti dane u projektnoj dokumentaciji za očekivanu deformaciju potrebno je podešavati stvarnim deformacijama. Podešavanja će obavljati za izvođača projektantski nadzor, a odobravat će ih nadzorni inženjer.

Prekoprofilni iskop je prostor stvoren kad se tlo odlomi više od projektiranog profila, uključujući i deformacijske i konstrukcijske tolerancije. Ovaj prekoprofilni iskop može nastati radi neodgovarajuće izvedbe i nepažljive tehnike rada (što se može izbjeći) i/ili iz razloga na koje izvođač ne može utjecati (što je neizbježno - opravdano).

Opravdani prekoprofilni iskop uzrokuju dva izvora:

- prirodno odlamanje koje se ne može izbjeći pažljivim radom i odgovarajućom izvedbom
- ekstremno nepovoljni i/ili nepredvidivi geološki uvjeti.

Opravdani prekoprofilni iskop i odvale znače da je izvođač posvetio najveću pažnju i obavio najbolju moguću izvedbu, a da ipak nije mogao spriječiti prekoprofilni iskop radi prevladavajućih nepovoljnih geoloških uvjeta, tj. da dolazi do iskopa izvan granične linije iskopa koja je određena projektom za određenu kategoriju stijene.

U slučaju prekomjernog prekoprofilnog iskopa, odmah je potrebno postaviti podgradu kako bi se stabiliziralo tlo. Nadzorni inženjer o tome će biti pravovremeno obaviješten. Između izvođača i nadzornog inženjera razmatraju se i dogovaraju mjere sanacije.

Detaljni nacrt za sanacijske radove izradit će izvođač / projektant, a odobrit će ga nadzorni inženjer. Sanacijski radovi obavljaju se prije daljnjeg napretka na čelu, osim ako drukčije odobri ili naredi nadzorni inženjer.

Kada se utvrdi da su fizički uvjeti bili izvan kontrole izvođača, a uzrok su prekoprofilnog iskopa, i da do njega nije došlo zbog neispravne metode rada ili nebrige, šupljina ili prostor nastao ovim iskopom izmjerit će se na licu mjesta. Materijal potreban za obavljanje projektirane sanacije kvantificira se, a nadzorni inženjer ga odobrava i ovjerava za plaćanje.

Privremena osiguranja iskopa, koja postavlja izvođač radi zaštite ljudi i mehanizacije, a koji ne predstavljaju konstruktivni dio primarne podgrađe, neće se obračunavati jer spadaju u zaštitne mjere koje je dužan osigurati izvođač.

Prekoprofilni iskop i sve nastale odvale, kaverne ili špilje, bez obzira jesu li nastali iz geoloških opravdanih razloga ili krivicom izvođača, potrebno je detaljno snimiti u poprečnom i uzdužnom smjeru i to prije i nakon izvršene sanacije. Uz svaku snimku treba priložiti način rješenja sanacije s predmjerom izvršenih radova iz čega će biti vidljiv prekoprofilni iskop i zapremina odvala ili kaverni kao i količina i vrsta utrošenog materijala za sanaciju.

Geodetsko vođenje iskopa te kontrola profila

Izvođač je dužan imati na gradilištu tunela stručnu geodetsku ekipu cijelo vrijeme građenja tunela. Ekipa mora biti opremljena suvremenim geodetskim instrumentarijem, odgovarajućom opremom za mjerenja u zatvorenom tamnom prostoru s prikladnim prijevoznim sredstvima. Dužnost joj je da čitavo vrijeme građenja određuje i kontrolira tlocrtni i visinski položaj izvedenih elemenata tunela.

Investitor je preko nadzornog inženjera dužan predati izvođaču geodetski elaborat tunelske osnove za sve tunele dulje od 200 m te sve numeričke podatke i nacрте za pravilno vođenje iskopa tunela te građenja pojedinih elemenata tunela.

Investitor je preko nadzornog inženjera dužan zapisnički predati izvođaču propisno postavljene, stabilizirane stalne geodetske točke kod portala tunela s pripadnim položajnim opisima, njihovim koordinatama i visinama u sustavu državne izmjere.

Ove stalne geodetske točke izvođač mora čuvati od oštećenja tijekom cijelog vremena građenja tunela. U slučaju oštećenja ili potrebe za dodatnim točkama, izvođač će obavijestiti nadzornog inženjera radi potrebe njihovog stručnog obnavljanja ili premještanja. Troškove ovih radova snosi izvođač.

Tijekom radova na iskopu tunelske cijevi izvođač će stabilizirati na svakih 500 m stalnu točku prema geodetskim pravilima i zaštititi je od oštećenja. Ove stalne točke služit će za kontrolna mjerenja ostvarene osi tunela za potrebe investitora i kontrolu izvođenja iskopa tunelske cijevi.

Postavljanje stalnih točaka treba izbjegavati na mjestima gdje postoje mogućnosti izdizanja podnožnog dijela iskopa, odnosno pomaka radi specifičnih geoloških uvjeta.

Investitor će putem geodetskog nadzora vršiti povremenu kontrolu stabiliziranih stalnih kontrolnih točaka. Izvođač mora geodetskoj ekipi nadzora omogućiti neometani rad u dogovorenom vremenskom terminu nužnom privremenom obustavom radova u tunelu i posebno ventiliranjem tunela radi smanjenja prašine u zraku tunelske cijevi.

Izvođač je dužan geodetskoj ekipi nadzora dati na uvid i korištenje sve svoje snimljene geodetske podatke.

Podatci kontrolnih mjerenja i rezultati njihove obrade mjerodavni su za daljnje radove i prilažu se kao posebni elaborati poslije svakog kontrolnog mjerenja, građevinskoj dokumentaciji građenja tunela.

Za potrebe geodetske kontrole iskopa tunela izvođač mora upotrebljavati odgovarajući suvremeni geodetski instrumentarij s mogućnosti primjene elektroničkih daljinomjera i posebnih uređaja za infracrveno ili lasersko mjerenje profila iskopa tunelske cijevi ("profiler").

Snimanje iskopanog profila potrebno je vršiti po mogućnosti nakon svakog koraka kod napredovanja iskopa, ali ne manje od jednog mjerenja na 10 m iskopa radi potrebnih korekcija položaja minskih rupa kod bušenja.

Mjerenja provodi izvođač preko svoje geodetske ekipe neposredno nakon iskopa na obodu stijenske plohe tunelskog otvora ili na prvom sloju mlaznog betona kod dobrih kategorija (I, II i III).

Ako je stijenska masa IV. i V. tunelske kategorije, mjerenja se provode nakon potpunog završetka primarne podgrade zato što je ručno po obodu čeličnih lukova na svaka 2,0 m izmjeren razmak od unutarnjeg vrha čeličnog luka do sraslog tla konture iskopa.

Ovako izmjerena površina iskopa dodat će se onoj izmjerenoj na konačno završenoj primarnoj podgradi.

Kontrolna mjerenja geodetskog nadzora su u odnosu na mjerenja izvođača u omjeru 1:3 i provodit će se vlastitim geodetskim instrumentarijem.

Sva geodetska mjerenja potrebno je prikazati i u grafičkom obliku u mjerilu koje odredi nadzor i redovno dostavljati na uvid nadzornom inženjeru.

Tunelsku os potrebno je iskolčiti s točnošću od $\pm 1,0$ cm.

Postavljanje obodnih minskih bušotina potrebno je izvesti s točnošću od $\pm 3,0$ cm.

Geodetska mjerenja iskopa i opravdanih odvala treba biti s točnošću od $\pm 3,0$ cm.

Ako se iskop vrši rotacionim bušilicama u punom profilu ("krticama"), nužno je potrebno osigurati automatsko lasersko vođenje bušilice na osnovu redovno kontrolirane geodetske osnove i kontrolnih stalnih točaka u tunelskoj cijevi.

Svako opravdano prekopprofilsko odstupanje iskopa mora se redovno utvrditi i geodetskim mjerenjem evidentirati uz obveznu suglasnost od strane nadzornog inženjera.

Svako neopravdano prekopprofilsko odstupanje iskopa mora se utvrditi i geodetskim mjerenjem evidentirati uz obveznu suglasnost od strane nadzornog inženjera

Izvođač je odgovoran za osiguranje da minimalni profil za završnu oblogu bude onakav kako je prikazano na nacrtima projekta.

Izvođač može predložiti korištenje i naprednijih tehnika geodetskih mjerenja i obrade podataka kako bi snimio završni iskopni profil.

Donja razina iskopa (niveleta posteljice) ili dno podnožnog svoda izvesti s točnošću 0 do $\pm 5,0$ cm u odnosu na teorijsku kotu iskopa.

Ako razina iskopa dna, nakon čišćenja od mulja ili lošeg materijala bude niža od -5,0 cm ispod projektiranog, izvođač će taj prekop popuniti kvalitetnim materijalom za donji nosivi sloj kolničke konstrukcije ili betonom sve do projektirane teorijske razine ili prema uputi i odobrenju nadzornog inženjera, a na svoj trošak.

Tehnologija iskopa

Izbor metode iskopa, način miniranja i sustav podgrađivanja ovisit će o kategoriji stijene u kojoj se izvodi tunelski iskop. Postotak učešća pojedinih kategorija stijenske mase u cijelom tunelu dat je prognozno na bazi prognoznog geološkog profila. Povećanje ili smanjenje učešća pojedinih kategorija stijene u iskopu tunela od projektom predviđenog, ne daje pravo izvođaču za izmjenu ugovorenih jediničnih cijena iskopa, već može imati samo utjecaj na skraćivanje ili produljenje roka za radove na iskopu.

Ukoliko se kod iskopa u profilu pojavi stijena koja spada u razne kategorije iskopa, za određivanje kategorije iskopa ima odlučujući značaj, svojstvo stijene u kaloti iskopa, prema kojem će se odabrati način iskopa i odrediti osiguranje cijelog profila.

Bušenje i miniranje obavlja se na takav način da se osigura da stijena puca uzduž željenih linija. Izvođač je dužan za svaku kategoriju stijene bez posebne naknade izvesti probnu dionicu miniranja kako bi odabrao najsvrsishodniji način tunelskog iskopa i izvršio promjenu pretpostavljenih parametara miniranja.

Promjer i razmak bušotina prilagodit će se stvarnim uvjetima stijene na gradilištu. Izvođač će razvijati i neprekidno usavršavati tehnike miniranja onako kako radovi napreduju kako bi dobio najbolju moguću površinu iskopa nakon miniranja.

Iskop stijene obavlja se primjenom suvremenih metoda miniranja. Kontrolirane metode miniranja kao što su glatko miniranje ("smooth blasting") ili metoda "pre-splitting" koristit će se kako bi prekoprofilnog iskopa bilo što manje i kako bi se spriječilo drobljenje površina stijene.

Miniranje se dopušta samo nakon što su poduzete odgovarajuće mjere opreza za zaštitu svih osoba, rada i imovine. Plakati s obavijestima o miniranju moraju se polijepiti po gradilištu.

Prije svakog paljenja mina izvođač mora dati usmeno upozorenje, isprazniti područje i poduzeti potrebne mjere kako bi spriječio ulazak osoblja u opasno područje.

Ni u kojem slučaju otvori se ne smiju puniti dok se ne završe svi zahvati na bušenju. Nijednoj osobi neće biti dozvoljen pristup bušenju niti će bušenje započeti dok izvođačeva osoba zadužena za bušenje ne da dopuštenje.

Miniranje se obavlja samo pod vodstvom iskusnog operatera, a eksplozivom rukuju samo mineri. Izvođač imenuje jednu stručnu osobu odgovornu za sigurnost eksploziva.

Iskop niša u bočnim zidovima tunela i poprečni prolazi, izvest će se nakon postavljanja primarne podgrade u tunelu.

Primarna podgrada bočnih zidova tunela bit će pažljivo rezana uzduž profila niša ili poprečnih prelaza, a iskop će se obavljati tako da preostala podgrada ne pretrpi nikakvo oštećenje.

Iskop podnožnog svoda, ukoliko je njegova izvedba potrebna, treba izvesti neposredno nakon iskopa i osiguranja baznog dijela tunelskog profila. Mjere osiguranja prve i druge faze iskopa, tj. gornja i donja polovica tunela moraju biti u potpunosti gotove prije početka iskopa podnožnog svoda.

Iskop u vrstama stijenske mase koje su visokoosjetljive na vodu, potrebno je obaviti uz posebnu pažnju kako bi se izbjeglo svako oštećenje na stijeni. U ovim zonama potrebna je takva izvedba i kvaliteta izrade da se izbjegne dodir između stijenske mase i vode.

Odmah nakon miniranja i bez ikakvog suvišnog odlaganja, izvođač treba izvršiti podgrađivanje da osigura iskop i zaposlene.

Elementi projektirane podgrade smatraju se dovoljnima za opću stabilnost tunela, međutim, izvođač će postaviti štapna sidra, ako to bude potrebno, na onim mjestima u stijeni da se spriječi rahljenje stijenskih blokova uz potkope.

Izvođač će redovno pregledavati tunelske bočne zidove i tjemene zone kako bi otkrio moguće pukotine ili znakove nestabilnosti tunelske podgrade. Procjenu pukotina obavljat će projektant u suradnji s nadzornim inženjerom uzimajući u obzir geotehnička mjerenja.

Bušenje, miniranje, iskop i izvedba mlaznog betona odvijaju se primjenom metoda i opreme koji mogu valjano kontrolirati prašinu, dim, pare, plinove, vlakna, maglu i izmaglicu.

Iskop tunela treba se odvijati kontinuirano, osim ako drugačije odobri nadzorni inženjer. Ako to stanje radova dopušta, prekid će se dopustiti vikendom i u vrijeme praznika pod uvjetom da se radovi zaštite.

Prekid se neće dopustiti sve dok se ne završe svi elementi podgrade za utvrđenu kategoriju stijene. Osim toga, čelo iskopa zaštitit će se mlaznim betonom (odgovarajuće debljine), osim u uvjetima stabilne stijene, a po odobrenju nadzornog inženjera.

Za objekt u blizini miniranja utjecaj vibracija od miniranja mjerit će se na lokacijama neposredno uz objekt najbliži površini koja se probija ili na nekoj drugoj lokaciji gdje je potrebno ograničiti

jačinu vibracija. Mjerenje vršne brzine širenja valova vršit će se odgovarajućim mjernim instrumentom duž tri ortogonalne osi. Jedna od njih mora biti paralelna s osi iskopa, a jedna mora biti okomita na nju. Mjerenje brzine širenja valova obveza je izvođača. Popisi dobivenih vrijednosti dostavit će se nadzornom inženjeru u dogovorenom obliku. Pomoću probnih ispaljivanja izvođač će dokazati da gore navedene vršene brzine neće biti premašene. Probna ispitivanja vršit će se na početku miniranja na svakoj novoj lokaciji. Vršne brzine ne smiju prijeći propisane vrijednosti.

Za svaku kategoriju stijenskih masa dan je karakterističan opis stijenske mase i uobičajeno ponašanje pri iskopu te načelne mjere na iskopu i stabilizaciji podzemnog iskopa:

- Stijenska masa I. kategorije
 - masivna stijenska masa s manje od tri skupa pukotina ili stijenska masa s tri skupa valovitih i hrapavih, zatvorenih pukotina koje onemogućuju ispadanje blokova. Stijenska masa se u zoni podzemnog iskopa ne plastificira. Deformacije su reda veličine nekoliko milimetara i ostvaruju se tijekom i neposredno nakon iskopa. Prekopprofilni iskop je zanemariv. Moguć je iskop u punom profilu uz maksimalna napredovanja. Općenito nije potrebno podgrađivanje osim eventualnog mjestimično pojedinačnog sidrenja.
- Stijenska masa II. kategorije
 - stijenska masa s tri skupa pukotina. Pukotine neznatno rastrošene na razmaku većem od 0,5 m. Općenito se stijenska masa u zoni podzemnog iskopa neće plastificirati. Deformacije su reda veličine nekoliko milimetara i ostvaruju se tijekom i neposredno nakon iskopa. Mogućnost ispadanja plitkih blokova tijekom iskopa uzrokovat će manji prekopprofilni iskop. Moguć je iskop u punom profilu uz maksimalna napredovanja. Podgrađivanje je potrebno u svodu tunela. Podgrađivanje je moguće izvesti 20 m od čela iskopa. Eventualne lokalne pojave nestabilnih blokova u svodu treba riješiti pojedinačnim sidrenjem neposredno nakon iskopa.
- Stijenska masa III. kategorije
 - stijenska masa s tri i više skupova pukotina. Pukotine su rastrošene na prosječnom razmaku od 0,2-0,6 m. Općenito će se stijenska masa mjestimično plastificirati u plitkoj zoni oko podzemnog iskopa ovisno o primarnom stanju naprezanja. Prosječne deformacije iznosit će nekoliko milimetara uz brzo smirivanje nakon iskopa i početka podgrađivanja. Količina prekopprofilnog iskopa ovisit će o lokalnoj orijentaciji diskontinuiteta. Moguća su ispadanja blokova tijekom iskopa i kavanja koja će uzrokovati veći prekopprofilni iskop. Moguć je iskop u punom profilu uz dužinu napredovanja koja će ovisiti o mogućnosti ispadanja blokova. Preporučuje se napredovanje do 3 m. Sustavno podgrađivanje svoda uz podgrađivanje zidova prema potrebi. Podgrađivanje je potrebno započeti nanošenjem mlaznog betona neposredno nakon iskopa i podgradu dovršiti 10 m od čela tunela.
- Stijenska masa IV. kategorije
 - potpuno ispucala stijenska masa s potpuno rastrošenim pukotinama na razmaku do 0,2 m. Općenito će se stijenska masa plastificirati oko cijelog podzemnog iskopa. Dubina plastifikacije ovisit će o primarnom stanju naprezanja. Deformacije neće imati tendenciju smirivanja do postavljanja podgrade. Moguća su značajna ispadanja materijala prije postavljanja podgradnog sklopa. Preporuča se iskop u dvije faze, gornja i donja polovica tunela. Dopušteno napredovanje iznosi 1-2 m. Potrebno je sustavno podgrađivanje svoda i zidova tunela. Podgrađivanje treba započeti neposredno nakon iskopa i dovršiti nakon sljedećeg napredovanja, a za minimalnu kvalitetu stijenske mase, podgradu treba dovršiti prije sljedećeg napredovanja.
- Stijenska masa V. kategorije
 - potpuno dezintegrirana stijenska masa (rasjedne zone). Općenito se očekuju dublje zone plastifikacije stijenske mase oko podzemnog iskopa. Deformacije neće imati tendenciju smirivanja do postavljanja podgrade i u prosjeku će iznositi nekoliko cm. Kod navedene kategorije uobičajeno ne postoji inicijalna stabilnost podzemnog iskopa te je prije iskopa potrebno izvršiti predpobijanje čeličnih kopalja ili u slučaju nekoherentnih materijala čeličnih platica u svodu tunela. Time će se prekopprofilni iskop svesti na minimum. Preporuča se iskop u tri faze, gornja i donja polovica tunela te podnožni svod. Dozvoljena

su napredovanja u prvoj fazi iskopa od 0,5 - 1 m. Potrebno je sustavno podgrađivanje svoda i zidova tunela te ugradnja podnožnog svoda. Podgrađivanje treba započeti neposredno nakon iskopa i podgradu dovršiti prije sljedećeg napredovanja. U određenim slučajevima bit će potrebno podgraditi i čelo iskopa. U V. kategoriji obvezatna su mjerenja pomaka na osnovi kojih će se procijeniti stabilnost podzemnog otvora u svakoj fazi iskopa i podgrađivanja.

Materijal iskopan u tunelu odvest će se na lokaciju određenu projektom ili odlagalište ukoliko drugačije ne odredi nadzorni inženjer.

Prije nego se bilo koji materijal odveze na odlagalište, izvođač će nadzornom inženjeru na odobrenje predati lokaciju odlagališta i površinu za odlaganje ako to projektom nije riješeno. U prijedlogu će se nalaziti svi bitni podatci o odlagalištu, opis radnih metoda, opis i proračun stabilnosti, odredbe o sigurnosti kao i planovi privremene i stalne odvodnje kao i konačno uređenje zemljišta.

b) Izvedba primarne podgrade

Primarna podgrada obuhvaća one elemente tunelske obloge koji su potrebni za uspostavu stabilnosti tunelskog iskopa. Radove podgrađivanja treba izvoditi prema posebnom geotehničkom projektu i ovim OTU-ima.

Prije početka bilo kojeg rada izvođač će podnijeti na odobrenje nadzornom inženjeru opsežan program za ispitivanje materijala i kontrolu kvalitete koji se odnose na sve elemente primarne podgrade. Izvođač će podnijeti na odobrenje nadzornom inženjeru metodu ugradnje svakog tipa elementa koja uključuje opis s pripadajućim uvjetima, proizvođačeve dokaze o uporabljivosti kojima se potvrđuje da korišteni materijal udovoljava uvjetima propisanim u projektu i ovim OTU-ima.

Izvođač će voditi i održavati opsežnu evidenciju u kojoj će biti sadržani svi podatci o stvarno postavljenoj tunelskoj podgradi i njenoj izvedbi tijekom radova. Svakodnevno će ovu evidenciju dati na uvid nadzornom inženjeru. Ova evidencija obuhvaćat će tip, količinu i lokaciju postavljenih podgradnih elemenata, slobodan profil nakon postavljanja podgrade, odstupanja od standardnog sustava podgrađivanja, uočavanje prekomjernih deformacija, pucanje mlaznog betona itd.

Izvođač će voditi evidenciju o stacionaži svakog položaja čela. Zapisi se svakodnevno podnose nadzornom inženjeru na odobrenje.

Sva mehanizacija i oprema za izvedbu primarne podgrade mora biti prikladna za navedene radove u pogledu kvalitete i relevantnih propisa o sigurnosti.

Oprema će se valjano održavati, a rezervni dijelovi za opremu bit će u odgovarajućoj mjeri osigurani na gradilištu kako bi se osigurala neposredna raspoloživost opreme potrebne za postavljanje podgrade svugdje gdje se odvijaju radovi podzemnog iskopa.

Također je potrebno osigurati kontinuiranu dobavu materijala na sve radne lokacije na kojima se izvodi podgrada. Izvođač mora na svakoj lokaciji izvedbe čela tunela imati potreban materijal i opremu kako bi brzo i učinkovito djelovao u nepredviđenim situacijama kao što su neočekivano nestabilni stijenski uvjeti, veliki dotok vode itd. koji se ne mogu rješavati redovitim postupcima postavljanja primarnih podgrada. Izvođač će na gradilištu skladištiti ili će imati odmah na raspolaganju najmanje dvotjedne zalihe svakog od podgradnih elemenata potrebnih prema kategorizaciji stijenske mase navedene u projektu, a u skladu sa programom rada.

Tunelska podgrada koja se postavlja odmah nakon iskopa izravno je vezana za utvrđenu kategorizaciju stijena. Projektom su dani standardni tipovi podgrade za očekivane kategorije stijenske mase.

Međutim, kao posljedica varijacija u odnosu na očekivane karakteristike stijenske mase, standardne tipove podgrade za očekivane kategorije stijenske mase potrebno je usklađivati tijekom izvedbe. Usklađivanje će se izvoditi u dogovoru s projektantom i nadzornim inženjerom.

Izvođač će ugraditi elemente podgrade takvim slijedom i na takav način da ne dođe do ispadanja i popuštanja stijenske mase ispred i oko iskopa tunela. Izvođač će osigurati čelo iskopa u skladu s projektom, ovim OTU-om i dogovoru s projektantom i nadzornim inženjerom.

Mlazni beton

Svi radovi s mlaznim betonom izvode se u skladu s ovim OTU-ima, normama HRN EN 14487-1 i HRN EN 14487-2 i europskim specifikacijama za mlazni beton izdanih od EFNARC-a (European Federation of Producers of Specialist Products for Structures).

Prije početka nanošenja mlaznog betona napraviti će se pripremni radovi za podgradu stijene:

- slaba i nevezana stijena bit će uklonjena s površine
- stijena će biti kartirana tako da se može razjasniti ukupna potreba za podgradom i
- mjesta popuštanja vode bit će isušena bilo drenažnim kanalima ili će biti začepljena upotrebom cementne smjese ubrzanog djelovanja - mortom ili injektiranjem.

Za prskanje će se poduzeti slijedeće:

- prethodno vlaženje bit će izvršeno osim ako nije specificirano drugačije
- velike šupljine bit će pažljivo zapunjene prije glavnog nanošenja
- prskanje će započeti od dna i nastaviti se prema gore da se izbjegne prskanje po odskoku
- smjer mlaznice općenito će se održavati okomito prema površini
- brzina i udaljenost prskanja bit će optimalna za maksimalno prijanjanje i nabijanje mlaznog betona.

Optimalna udaljenost između mlaznice i površine ugradbe je 1,0 - 1,3 metra. Mlaznica se postavlja pod pravim kutom na površinu. Uobičajeno se koriste najmanje dvije mlaznice.

Najveća debljina jednog sloja mlaznog betona koja se ugrađuje, neće biti veća od 15 cm. Ako debljina mora biti veća, sljedeći slojevi ne ugrađuju se prije nego prethodni sloj ne postigne dovoljnu čvrstoću da podnese dodatni sloj/slojeve. Ovi dodatni slojevi trebaju se ugraditi u roku od najviše tri dana.

Čelični lukovi, armaturna mreža i druge armature ubetoniraju se u mlazni beton kako je prikazano na nacrtima u projektu. Armaturene mreže i šipke moraju biti s unutrašnje strane prekrivene s minimalno 2 cm mlaznog betona ili kako je navedeno u projektu. Ako se postavlja više od jednog reda armature, drugi red se postavlja nakon što se prvi ubetonira i prekrije mlaznim betonom.

U zdravoj stijeni sloj mlaznog betona prati površinu stijene s odgovarajućim zaobljenjem. Kod stršenja zdrave stijene stvarna debljina mlaznog betona može se lokalno smanjiti na dvije trećine specificirane debljine. Ovo se primjenjuje samo za dobre kategorije stijenske mase.

Otpadni mlazni beton će se ukloniti odmah po završetku svake ugradnje mlaznog betona. Ni u kom slučaju se otpadni materijal ne vraća u izvedbu. Rad se neprekidno mora odvijati tako da nema nikakvog otpadnog materijala.

Izvođač će utvrditi, a nadzorni inženjer odobriti, način za određivanje ukupne debljine mlaznog betona. Određivanje debljine mlaznog betona može se izvoditi pomoću vizualnih markera/vodilica postavljenih prije ugradnje mlaznog betona ili rupama ubušenim nakon završetka ugradnje mlaznog betona.

Sloj mlaznog betona koristi se kao površinska podloga i primarni sloj za hidroizolaciju.

U suhom postupku izvedbe, cement i agregati doziraju se u specificiranim i proračunatim omjerima. Mjerenje se obavlja težinski. Prilikom doziranja agregat treba biti osušen ili dovoljno ocijeđen kako bi sadržaj vlage bio stabilan, ne veći od 7%. Miješanje cementa i agregata obavlja se mehanički strojem za miješanje. Mlazni beton se ne ugrađuje ukoliko se ugradnja ne može završiti u roku od 90 minuta od vremena miješanja. Vremenski raspon treba biti što kraći, naročito u razdoblju visokih temperatura zraka i velike vlažnosti. Vrijeme miješanja je najmanje 3 minute. Za suhi postupak, praškasti ili tekući dodatci za ubrzanje vezivanja dodaju se suhoj mješavini. Praškasti dodatci se doziraju i dodaju na mjestu neposredno prije nego što suha mješavina ulazi u stroj za ugradnju mlaznog betona. Tekući ubrzivač isporučuje se posebnom dozirnom pumpom i

dodaje suhoj mješavini na sapnici ili blizu nje. Tijekom hladnog vremena treba paziti da se održe svojstva vezivanja mlaznog betona zagrijavanjem vode, agregata, ili obojega, ovisno o temperaturi. Tijekom razdoblja toplog vremena sadržaj vode u agregatima za suhi postupak održava se iznad 4%.

U mokrom postupku izvedbe primjenjuju se samo tekuće vrste sredstva za ubrzanje vezivanja. Ova sredstva dodaju se na sapnici ili blizu iste. Količina sredstva za ubrzanje vezivanja mora se kontrolirati od pumpe za ubrzivač kako bi bila proporcionalna kapacitetu pumpe za beton. Sapnica mora biti takva da se osigura homogeno miješanje ubrzivača s mokrom mješavinom.

Armaturna mreža

Tip armaturne mreže i vrsta čelika treba biti u skladu s glavnim ili izvedbenim projektom. Preporuča se koristiti vrste B500A ili B500B prema HRN EN 10080. Dobava, skladištenje i povezivanje armaturne mreže prema poglavlju '6. Armirački radovi' ovih OTU-a.

Armaturna mreža ugradit će se tako da što je moguće bolje prati nepravilnosti površine iskopa ili prethodnih slojeva mlaznog betona. Ista će biti postavljena tako da pri ugradbi mlaznog betona ne dođe do njenog pomicanja ili vibracija. Armaturna mreža postavljat će se u najvećim mogućim duljinama.

Preklop za armaturnu mrežu koji se primjenjuje kod obloga od mlaznog betona bit će najmanje dvostruko veći od udaljenosti razmaka žica u obodnom smjeru i jednak razmaku žica u uzdužnom smjeru. Armaturna mreža ugrađuje se tako da bude osiguran zaštitni sloj mlaznog betonom debljine najmanje 3 cm.

Ugradnju armaturne mreže odobrava nadzorni inženjer.

Čelični lukovi

Čelični lukovi izrađuju se tako da udovolje geometrijskim uvjetima iskopa u svakoj kategoriji stijenskog materijala uključivo i odgovarajuće tolerancije. Čelike za lukove treba nabaviti od dobavljača s prizatom kvalitetom proizvoda te isti moraju biti certificirani. Izvođač treba dostaviti kopije proizvođačevih dokaza o vrsti čelika s rezultatima ispitivanja koji se odnose na isporučene čelike.

Koriste se:

- a) toplo valjani profili (srednje i širokopojasni I-profil, nizovi PE i HE, zvonasti TH-profil). Najmanja granica razvlačenja čelika profila je 240 MPa. Čelični profili smiju se zavarivati samo prema propisanom tehnološkom postupku koji mora biti u skladu s pripadajućim hrvatskim normama. Tehnološki postupak zavarivanja mora biti potvrđen i odobren od strane nadzornog inženjera. Rupe za veze, razupore i sve vijčane spojeve smije se izrađivati mehanički. Bušenje plamenom nije dopušteno.
- b) rešetkasti nosači. Izrađuju se od zavarljivog armaturnog čelika najmanje granice razvlačenja 500 MPa prema HRN EN 10080 te od čeličnog lima i L-profila najmanje granice razvlačenja 240 MPa prema HRN EN 10025.

Čelični lukovi postavljaju se prema nacrtima iz projekta. Koristit će se temeljni blokovi od tvrdog drva i klinovi za dovođenje čeličnih lukova u potrebni položaj. Za spajanje luka sa susjednim čeličnim lukom koristit će se šipke za učvršćivanje na licu mjesta. Čelični lukovi ubetoniraju se u mlazni beton debljine zaštitnog sloja najmanje 20 mm. Čelični lukovi postavljaju se okomito na os tunela. Spojevi lukova moraju osigurati predviđenu statičku nosivost luka.

Štapna sidra

Sidra se izvode prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537 te se ispitivaju prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537 te normi HRN EN ISO 22477-5.

Odredbe koje su ovdje sadržane odnose se na sva štapna sidra postavljena bilo lokalno bilo sustavno u kalotu, bočne zidove i podnožni svod tunela. Štapna sidra dio su primarne podgrade, a cilj im je aktivirati spregnuto djelovanje između okolne stijene i mlaznog betona pridonoseći

nosivosti primarne tunelske podgrade. Štapna sidra koja su povremeno potrebna za podgradu čela tunela tijekom napredovanja rada isto su tako obuhvaćena ovim odredbama.

Štapna sidra postaviti će se prema dužinama i rasporedu prikazanim na nacrtima za svaki standardni sustav podgrade za određenu kategoriju stijenske mase ukoliko se ne odredi drukčije dogovorom izvođač - projektant - nadzorni inženjer.

Za podgradu tunela koriste se sljedeće vrste sidara:

- SN sidra
- PG sidra
- IBO sidra
- Swellex sidra.

SN i PG sidra izrađuju se od rebrastih armaturnih šipki vrste B500B prema HRN EN 10080. Izvođač treba nadzornom inženjeru dostaviti na odobrenje dokaz nosivosti sklopa šipka s navojem + matica + podložna ploča, kao i za spojnice za nastavljjanje (produljivanje) sidra.

Kod SN sidra oblik podložne ploče treba omogućiti jednoliki dosjed čak ako se sidro i ne postavi sasvim okomito na površinu, a u sklopu s maticom omogućiti siguran prijenos sile sidrenja na sidrenu ploču. Bušotine za sva štapna sidra bit će izbušene do dubina kako se traži za duljine štapnih sidara navedenih za podgradu odnosno kategorije stijenske mase, a promjeri će im biti takvi da omogućuje najbolju moguću ugradnju mase za injektiranje, te da omogućuje najbolju moguću spajanje i postavljanje. Najmanji promjer bušotina bit će 10 mm veći od promjera štapnih sidara. Bušotine će se očistiti od svih ostataka bušenja, mulja i otpadaka. Ugradnja štapnog sidra slijedi u roku od 3 sata nakon bušenja i pripreme bušotine. Prije postavljanja štapnog sidra, cijela bušotina ispunit će se cementnim mortom tako što će se cijev za injektiranje postaviti u punu dubinu bušotine i povlačiti kako se masa bude utiskivala. Sapnica će ostati uronjena u masu za zalijevanje dok se cijev povlači tako da zrak izlazi dok se bušotina puni. Zatim se sidro ugura u bušotinu. Matica zalivenih štapnih sidara priteže se najkasnije dva napredovanja iza čela ili 12 sati nakon postavljanja. Pritezanje matice radi se s umjerenim (baždarenim) pritezim ključem (moment ključ). Moment pritezanja treba odrediti ovisno o promjeru navoja matice tako da se unese vlačna sila od 20 kN. U slučaju zatvorenog radnog prostora i/ili velike duljine štapnih sidara dopušta se spajanje. Broj spojeva treba biti što manji. Nosivost ovako spojenih štapnih sidara neće biti manja od štapnog sidra od jednog dijela.

Kod PG sidra vrijede sve odredbe prethodno navedene osim što se zalijevanje može obaviti nakon postavljanja sidra. U tom se slučaju bušotina zalijeva posebnim uređajem koji omogućuje da se otvor bušotine zatvara dok se pumpa masa za zalijevanje. Zrak iz bušotine izlazi putem cijevi koja je pričvršćena u punoj dužini sidra. Zatim se masa za zalijevanje pumpa, a smatra se da je bušotina puna kad masa izlazi iz kraja cijevi.

Tijelo IBO-sidra čini čelična cijev s vanjskim oblim navojem koja na jednom kraju ima bušaču krunu, a na drugom odgovarajuću maticu s podložnom pločom. IBO-sidra mogu se nastavljati (produljivati) spojnicama s unutarnjim navojem. IBO sidra moraju imati deklariranu silu loma sklopa tijelo + matica + podložna ploča. Spojnica mora imati jednaku nosivost kao i navedeni sklop. Sidra se uobičajeno izrađuju od čelika prema HRN EN 10025 ili od bešavnih cijevi prema HRN EN 10216. Izvođač treba nadzornom inženjeru dostaviti na odobrenje dokaz nosivosti sklopa tijelo + matica + podložna ploča, kao i za spojnice za nastavljjanje (produljivanje) sidra.

IBO-sidra koriste se u uvjetima tla gdje je nemoguće učinkovito postavljanje drugih vrsta štapnih sidara. IBO-sidra postavljaju se bušenjem šipke u tlo bez njenog povlačenja. Smjesu za zalijevanje, pritisak pri zalijevanju i količinu određuje izvođač prema uvjetima tla na koje naiđe i u skladu s uputama proizvođača sidra. Postupak ugradnje odobrava nadzorni inženjer.

Super Swellex sidra za sustavni raspored sidrenja imat će minimalnu nosivost od 200 kN. Za lokalno sidrenje i sidrenje stijena u fazi izvedbe, mogu se koristiti "standardna" Swellex sidra nosivosti 110 kN. Čeone pločice sidra bit će takve da omogućuje dobro nalijeganje i siguran prijenos sile sidrenja na mlazni beton, čelični luk ili površinu stijene.

Bušotine za štapna sidra izvode se do tražene dubine. Bušotine se očiste od svih ostataka bušenja, mulja i otpadaka. Štapna sidra postavljaju se najkasnije dva sata nakon izvođenja bušotine. Postavljanje i napuhavanje sidara izvodi se prema proizvođačevim preporukama. Za napuhavanje sidara koristiti opremu koju preporuči proizvođač sidara. Štapna sidra se nakon napuhavanja dreniraju.

Cijevni kišobran

Cijevni krov (kišobran) sastoji se od čeličnih cijevi koje se ugrađuju u zoni svoda tunela. Primjenjuje se kod materijala kod kojih ne postoji inicijalna stabilnost podzemnog otvora pri iskopu (tla i vrlo slaba stijenska masa) u svrhu omogućavanja iskopa gornje polovine tunela čime se izbjegava potreba razrade otvora u navedenoj zoni.

Perforirane bešavne čelične cijevi vanjskog promjera 114,3 mm (4") debljine stijenke najmanje 5 mm. Vrsta čelika treba biti SPT410 prema HRN EN 10216.

Cijevni krov ugrađuje se kako je prikazano na nacrtima u projektu ili prema uputama nadzornog inženjera.

Čelične cijevi ugrađuju se istodobno s bušenjem tako da centralna ili ekscentrična kruna tijekom bušenja za sobom povlači cijev u bušotinu.

Čelične cijevi postavljaju se s čela probijanja prema neiskopanom tlu. U nestabilnim bušotinama čelične cijevi mogu se koristiti kao oplata za bušenje. Razmak između čeličnih cijevi u tjemenu profila iskopa mora biti u skladu s udaljenošću navedenoj na nacrtima, ali mora biti prilagođen geološkim uvjetima koji vladaju na čelu tunela.

Nakon bušenja čelične cijevi se čiste komprimiranim zrakom prije injektiranja.

Injektiranje se izvodi pod niskim tlakom.

c) Izvedba hidroizolacije

Ovaj se dio OTU-a odnosi na izvedbu hidroizolacije tunelske cijevi prije izvedbe sekundarne betonske obloge, uporabom termoplastičnih PVC folija. Izolacijski materijal za zatvaranje dilatacija, različitih razdjelnica, cjevovoda i vodovodnih instalacija, nisu predmet ovog dijela OTU-a.

Hidroizolaciju tunelske cijevi izvedenu primjenom termoplastičnih PVC folija sačinjava:

- podložni sloj
- izolacijski sloj
- zaštitni sloj.

Podložni sloj služi kao mehanička zaštita izolacijskog sloja i izvodi se od odgovarajuće vrste geotekstila. Nazivna vrijednost površinske mase geotekstila ne može biti manja od 500 g/m², s tim da izmjerena vrijednost može odstupati od nazivne za najviše -10%. Najveća vlačna sila mora biti minimalno 15 kN/m, a najveće vlačno istezanje 70% (sve prema HRN EN ISO 10319). Geotekstil mora imati dobra drenažna svojstva, tako da kapacitet otjecanja vode u ravnini pri normalnom tlaku od 0,2 MPa i hidrauličkom gradijentu $i=1$, bude veća od 1×10^{-6} m²/s (prema HRN EN ISO 12958).

Izolacijski sloj služi kao direktna zaštita od prodora vode do sekundarne betonske obloge tunelske cijevi. Izolacijski se sloj u pravilu izvodi jednoslojno, osim u slučaju kada ispitani tlak vode prelazi 3 bara. Za izvedbu hidroizolacijskog sloja upotrebljavaju se termoplastične sintetičke folije proizvedene od omekšanog polivinilklorida (PVC-P). Termoplastična PVC folija mora biti vodonepropusna, bez mjehura, pukotina i šupljina, a može biti transparentna ili obojena, sa "signalnim slojem". Izolacijski sloj izvodi se od termoplastične PVC folije nazivne debljine od najmanje 2 mm. Debljina termoplastične PVC folije određuje se prema normi HRN EN 1849-2. Debljina termoplastične PVC folije određena je srednjom i pojedinačnom vrijednošću. Srednja vrijednost debljine ispitivanog uzorka smije biti manja za najviše 5% nazivne debljine. Pojedinačna vrijednost smije biti manja za najviše 15% nazivne debljine.

Zaštitni se sloj ugrađuje u području dna tunelske cijevi iznad drenažnog kanala, a izvodi se od istog materijala kao i izolacijski sloj.

Prije postavljanja termoplastične PVC folije postavlja se zaštitni sloj od geotekstila na podlogu od mlaznog betona. Na pripremljenu podlogu od mlaznog betona postavlja se zaštitni sloj od geotekstila. Njegova funkcija je da spriječi oštećenje termoplastične folije prilikom izvedbe betonske obloge te da djelotvorno provede vodu do drenažnog kanala.

Dvije susjedne trake geotekstila preklope se min. 5 cm (tako da prekriju svu površinu mlaznog betona), a za mlazni beton se pričvršćuju sintetskim podložnim pločicama, kompatibilnim termoplastičnoj PVC foliji, kroz koju se specijalnim pištoljem zabijaju čavli.

Treba postaviti 3 do 5 podložnih pločica na četvorni metar (broj podložnih pločica varira ovisno o neravnini podloge od mlaznog betona). Podložne pločice učvršćuju zaštitni sloj od geotekstila i kasnije termoplastičnu PVC foliju uz mlazni beton sve dok se ne izvede sekundarna betonska obloga tunela. Izolacijski sloj od termoplastične PVC folije polaže se od jedne do druge strane bočnih drenaža tako da se zavaruje toplim zrakom za ranije postavljene podložne pločice.

Termoplastična PVC folija polaže se i učvršćuje podložnim pločicama tako da je prigodom izvedbe betonske obloge izolacijski sloj u najmanjoj mogućoj mjeri izložen vlačnim naprezanjima.

Dvije susjedne trake termoplastične PVC folije optimalno se preklapaju kako bi se na tom mjestu mogle vodonepropusno zavariti. Prije zavarivanja, preklope između dviju traka folije treba očistiti tako da ne bude primjesa prašine, masti ili vode.

Vodonepropusno spajanje dviju susjednih traka folije izvodi se tehnikom termičkog zavarivanja specijalnim strojem koji u jednom prijelazu uzduž spoja pravi dva paralelna vara ukupne širine približno 5 cm. Između varova ostaje nezavareni dio ("crijevo") širine 1 do 2 cm, koji omogućuje kontrolu kvalitete zavarivanja nerazornom metodom.

Ukoliko duljina termoplastične PVC folije nije dovoljna da obuhvati cijeli opseg tunelske cijevi (npr. zbog odstupanja ili odrona pri iskopu tunela, te zbog projektiranih tunelskih niša) treba se produžiti zavarivanjem novog komada folije. U tom slučaju treba izvesti spoj na preklop, tj. preklopiti dvije trake folije najmanje 5 cm i cijelu duljinu spoja vodonepropusno zavariti.

Izolacijski sloj od termoplastične PVC folije ne može se izvoditi na temperaturi zraka nižoj od +5 °C.

Prije početka betoniranja sekundarne obloge i postavljanja kampadne oplata obvezno treba vizualno pregledati površinu folije ne bi li se uočila mehanička oštećenja. Uočena oštećenja moraju se prije betoniranja sanirati preklapanjem i zavarivanjem novog komada folije. Nepropusnost ovako saniranog izolacijskog sloja ispituje se vizualnim pregledom kontrolom kontinuiteta jednostrukog vara.

S obzirom na to da prilikom betoniranja može doći do mehaničkog oštećenja folije, potrebno je prilikom zatvaranja oplata drvenim klinovima spriječiti direktan kontakt klina i folije tako da se na mjestu kontakta postavi zaštitni sloj od geotekstila ili folije. Na mjestima gdje su predviđene razdjelnice u betonskoj oblozi, potrebno je s unutarnje strane ojačati izolacijski sloj zavarivanjem trake širine od najmanje 50 cm.

d) Izvedba sekundarne obloge

Svi radovi na izvedbi, kao i ispitivanja, sekundarne obloge trebaju se izvesti skladu s poglavljima '5. Tesarski radovi, oplata i skele', '6. Armirački radovi' i '7. Betonski radovi' ovih OTU-a. U nastavku su dane neke karakteristike za radove na sekundarnoj oblozi tunela.

Sekundarna obloga se izvodi, ovisno o njenoj funkciji, bez armature ili s armaturom. U obje izvedbe može se predvidjeti i izolacija. U principu možemo razlikovati tunele koji imaju nepropusnu cijev (koja zadržava vodu pod tlakom) i tunele u koje se voda može drenirati.

Prije betoniranja u svakom slučaju treba odvesti tekuću ili vodu koja kaplje s površine kako bi se spriječilo ispiranje finih čestica i veziva iz betona i stvaranje tlaka vode tokom ugradnje betona. Podloga (površina od mlaznog betona ili od stijenja) mora se očistiti od nečistoća i moraju se

ukloniti svi slobodni komadi. Kod sekundarne obloge s izolacijom, odnosno vodonepropusne sekundarne obloge vrijede zahtjevi iz ove točke.

U pravilu su elementi oplata u tlocrtu ravni kod dužine blokova do 12 m, čime nastaje poligonalna krivulja. Treba paziti da se u geometriji pridržava dozvoljenih toleranci. Izrada oplata na licu mjesta koristi tamo gdje se ekonomično ne može koristiti uobičajena višekratna oplata zbog malog broja pravilnih dionica za betoniranje ili zbog promjenjivog oblika presjeka. Ta oplata izrađuje se od prefabriciranih elemenata. Kao nosači oplata koriste se predsavijeni ili poligonalno sastavljeni nosači ili drvena konstrukcija s oplatom od blanjanih dasaka. Postupak izmjene vrši se spuštanjem pomoću klinova i eventualno djelomičnom demontažom pomoću vitla ili dizalica. Pomična oplata koristi se kao postolje za postavljanje uokrug ili kao podijeljeno postolje (postolje za oplatu svoda). Oplata svoda se postavlja na unaprijed izbetonirane elemente i po njima se vodi.

Treba upotrebljavati armaturu sukladnu HRN EN 10080. Kod sekundarne obloge s izolacijom u pravilu nije predviđena armatura. Kod sekundarne obloge s izolacijom postavljanje armature se u pravilu vrši preko montažnih kuka koje su postavljene izvana i na njih pričvršćenih montažnih uzdužnih željeza.

Unutarnji zaštitni sloj betona osigurava se odgovarajućim distancerima (npr. trokutastim letvicama od betona preko najmanje dva otvora mreže, najmanje 1 kom na m²). Spojevi armature trebaju biti fleksibilni tako da kod prilagođavanja armature ne dođe do uništavanja distancera. Spojevi mreža postavljaju se tako da se izbjegne četverostruki sloj mreže (ometanje ugradnje betona).

Beton svoda se u pravilu transportira pumpama i može se uz korištenje odgovarajućih relejnih pumpi pumpati do 1500 m. Kod dugih cijevi pumpe treba paziti posebno na odgovarajuću rezervu radi potrebne konzistencije betona za ugradnju. Ugradnja betona svoda može se vršiti hidrauličkim uređajem za betoniranje, razdjelnom pumpom ili ručnim prebacivanjem preko nastavka za punjenje. Brzina betoniranja i razlika nivoa betona trebaju se održavati prema statičkim uvjetima postolja za oplatu. Uobičajena je maksimalna brzina dizanja do 2,0 m/h, maksimalna razlika nivoa betona cca 1,0 m. Horizontalni razmak od otvora za betoniranje i nastavka za punjenje u pravilu iznosi 3,0 m. Visina pada (razmak izlaznog otvora transportera za beton od nivoa betona) maksimalno 2,0 m. Kod ručnog vođenja crijeva za betoniranje mlaz betona usmjerava se prema svježem betonu. Zbijanje betona vrši se visoko-učinskim unutarnjim vibratorima ili oplatnim vibratorima. Oplatne vibratore postavlja se jednakomjerno ovisno o konstrukciji postolja oplata, pri čemu se na svaka 3-4 m² oplata predviđa po jedan vibrator. Vibrator treba tako dimenzionirati da se beton svoda može besprijekorno zbiti u projektiranoj debljini. Učinkovita dubina vibratora iznosi 40-50 cm. Kod vibriranja se stavljaju u pogon oplatni vibratori na dijelu površine betona, ali najviše sljedeći vibrator oplata koji se nalazi ispod.

Pravilna receptura betona za sekundarnu oblogu zahtijeva optimiziranje materijala i kvalitativno i kvantitativno kako bi se postigli što povoljniji preduvjeti za razne zahtjeve kao što su:

- obradivost
- vrijeme skidanja oplata i čvrstoća prilikom skidanja oplata
- izbjegavanje pukotina i
- uporabna svojstva.

Odabrana količina cementa i dodataka mora kod odgovarajuće temperature svježeg betona garantirati traženu čvrstoću i zadržavanje uporabnih svojstava. Osim recepture betona i temperatura svježeg betona utječe na razvoj temperature i brzinu stvrdnjavanja betona sekundarne obloge, što je od velikog značenja za što brže skidanje oplata, ali i za maksimalne temperature betona i izbjegavanje stvaranja pukotina.

Konzistencija betona za pumpanje betona sekundarne obloge treba se prilagoditi uvjetima ugradnje. Za beton svoda u pravilu je potrebno rasprostiranje od 42 do 46 cm (najmanje 40 cm, najviše 48 cm) - konzistencija F2/F3 prema normi HRN EN 206.

Kako bi se izbjegle pukotine treba odrediti što je moguće kasnije vrijeme skidanja oplata. Kako bi se održao uobičajeni 24-satni takt za betoniranje jednog dijela, za beton svoda proizlazi vrijeme skidanja oplata od 13-14 sati, što je povoljno sa stanovišta tehnologije betona. Kod vremena skidanja oplata ispod 10 sati treba poduzeti mjere protiv prejakog hlađenja i isušivanja.

Čvrstoća kod skidanja oplata ne smije biti prevelika jer je inače i temperatura betona vrlo visoka upravo u vrijeme najveće mogućnosti za stvaranje pukotina. Za beton svoda čvrstoća kod skidanja oplata, mjereno na objektu, iznosi između 1,5 MPa i 3,0 MPa.

Klasa čvrstoće definira se prema zahtjevima statike, uglavnom C20/25 ili C25/30. Za korištenje naknadnog stvrdnjavanja kod primjene hidraulički mineralnih dodataka klasa čvrstoće mora se odnositi na što je moguće kasniju starost betona (56, 90 dana). Kod ispitivanja nakon 56 ili 90 dana treba starost navesti u zgradama iza klase čvrstoće (npr C25/30 (56)).

S obzirom na nepropusnost betonske mase, a time i na trajnost, beton sekundarne obloge mora u svakom slučaju imati svojstvo vodonepropusnosti. Preporuča se dodavanje plastoaerata. Dokazivanje vodonepropusnosti vrši se na očvrslom betonu (prema normi HRN EN 12390). Za betone posebnih svojstava dubina prodiranja smije iznositi najviše 30 mm u prosjeku od tri uzorka i najviše 50 mm pojedinačno. Kod portala do dužine od ca 1000 m treba dodatno ispitati otpornost na smrzavanje pri čemu vodonepropusnost kao i korištenje plastoaerata i dodataka klase I prema normi HRN EN 206 u pravilu garantira i otpornost na smrzavanje.

Kako kod betona sekundarne obloge nije moguće provoditi naknadnu zaštitu ili održavanje kod utjecaja vode koja prodire kroz brdo, treba poduzeti odgovarajuće mjere već kod sumnja na najmanji utjecaj. To se odnosi na beton sekundarne obloge s izolacijom od folije.

Kako koncentracija sulfata vode iz brda može vremenski jako varirati, ocjena utjecaja sulfata mora se vršiti pomoću najmanje tri vremenski odvojene probe. Kada se pojave vode koje imaju sadržaj SO_4^{2-} od preko 600 mg/lit. mora se koristiti sulfatootporni portland cement CEM II/B-T. Kod sadržaja preko 1000 mg/lit. treba primijeniti mjere uvjetovane normom HRN EN 206.

Kod vodonepropusne sekundarne obloge beton preuzima kompletnu funkciju izolacije. Beton sekundarne obloge stoga nema samo svojstva nepropusnosti, nego se mora izvesti i bez pukotina koje propuštaju vodu. Za vodonepropusni beton sekundarne obloge važna je dobra obradivost, ograničenje temperature svježeg betona i najviše temperature betona, brzina hlađenja kao i malo skupljanje.

Posebno se preporučuje korištenje cementa s niskom toplinom hidratacije i po mogućnosti što manje količine vode uz korištenja kemijskih dodataka. Naknadnu njegu treba tako predvidjeti da se nakon skidanja oplata izbjegne brzo hlađenje u prva tri dana i brzo isušivanje u prvih 7 dana.

Geotehnički monitoring radova

Osnovni ciljevi geotehničkog praćenja gradnje tunela su:

- određivanje stvarne kvalitete stijenske mase duž trase tunela
- verifikacija stabilnosti podzemnog iskopa
- optimalizacija svih mjera na iskopu i stabilizaciji iskopa definiranih geotehničkim projektom.

Sva ispitivanja i analize koje se provode u sklopu geotehničkog praćenja tunela predstavljaju sastavni dio projektne dokumentacije tunela.

Svrha geotehničkih opažanja i mjerenja je potvrda stabilnosti podzemnog iskopa u svim fazama gradnje tunela te optimalizacija primijenjenih mjera na stabilizaciji iskopa.

Program geotehničkih opažanja i mjerenja definira projektant u geotehničkom projektu.

Opažanje obuhvaća određivanje ponašanja stijenske mase na čelu tunela, snimanje procesa građenja i dnevni pregled ugrađenih podgradnih sklopova i nepodgrađenih dionica.

Zadatak je nadzornog inženjera da na osnovi geotehničkog opažanja uoči moguće zone nestabilnosti podzemnog iskopa. Stoga je potrebno neposredno nakon iskopa tijekom kavanja registrirati načine ispadanja materijala oko podzemnog iskopa, potencijalno nestabilne blokove te za stabilnost kritične diskontinuitete.

Opažanjima je potrebno potvrditi projektom predviđene dužine napredovanja, vrijeme stabilnosti nepodgrađenih raspona kao i vrijeme i redoslijed izvođenja svih propisanih mjera na stabilizaciji

podzemnog iskopa, odnosno snimanje procesa gradnje i utjecaja pojedinih graditeljskih zahvata na stabilnost podzemnog iskopa.

Svakodnevno treba obavljati preglede ugrađenih podgradnih sklopova u cilju utvrđivanja nedostataka na ugrađenim podgradnim sklopovima i njihovog povezivanja s rezultatima inženjersko-geološkog kartiranja i mjerenja te preglede nepodgrađenih dionica u cilju uočavanja eventualnih znakova nestabilnosti.

Mjerenja u tunelogradnji općenito se dijele u tri skupine:

- kontrolna mjerenja koja prate deformacije podzemnog iskopa u cilju sigurnosti radnika i konstrukcije
- podgradna mjerenja koja prate pomake stijenske mase oko podzemnog iskopa te deformacije i naprezanja u elementima podgradnog sklopa u cilju optimalizacije svih mjera na iskopu i stabilizaciji iskopa
- stabilizacijska mjerenja koja prate deformacije i naprezanja sekundarne betonske obloge u cilju dokaza stabilnosti tunela.

Obračun radova

Iskop tunela obračunava se u kubičnim metrima (m^3) iskopanog materijala za svaku kategoriju stijenske mase. Duljina svake kategorije stijenske mase računat će se duž središnje linije tunela. Obračunavanje se vrši za cjelokupni profil bez obzira je li iskop izveden u punom profilu ili po fazama. Dodatni troškovi i ometanja nastali radi rušenja privremenih elemenata podgrade, troškovi za korištenje posebne opreme bit će obuhvaćeni jediničnim cijenama za iskop i neće se posebno obračunavati. Ventiliranje tijekom izvedbe obveza je izvođača i neće se posebno obračunavati. Rasvjeta tijekom izvedbe obveza je izvođača i neće se posebno obračunati. Prijevoz materijala od mjesta iskopa u tunelu do privremenog ili stalnog odlagališta blizu portala tunela neće se posebno obračunavati, već će biti obuhvaćeni jediničnim cijenama za iskop. Prijevoz materijala od privremenog odlagališta blizu portala tunela na stalno odlagalište ili do mjesta gdje odredi nadzorni inženjer obračunat će se u kubičnim metrima čvrste stijenske mase (ne uzimajući u obzir razrahljivanje iskopanog materijala). Iskolčenje osi tunela (tlocrtno, visinsko i snimanje profila) za vrijeme izvedbe obveza je izvođača i neće se posebno obračunavati.

Obloga od mlaznog betona, koja se postavlja u tunelima, obračunava se za svaku nominalnu debljinu u kvadratnim metrima (m^2).

Armatura mreža, čelični lukovi i cijevi cijevnog kišobrana obračunavaju se po kilogramu (kg) ugrađenog elementa. Pomoćni materijal, čelični limovi na spojevima, vijci za spajanje itd. ne obračunavaju se za plaćanje, već su sadržani u jediničnoj cijeni.

Štapna sidra obračunavaju se po metru dužnom (m'). Bušenje i injektiranje ne obračunava se posebno. Pomoćni materijali, kao što su sidrene pločice, podložne pločice, matice, spojevi, ne obračunavaju se za plaćanje, već su sadržane u jediničnoj cijeni.

Podložni sloj od geotekstila i izolacijski sloj od termoplastične PVC folije obračunavaju se u kvadratnim metrima (m^2) površine izvedenog sloja.

Beton sekundarne betonske obloge u tunelu obračunava se u kubičnim metrima (m^3), a obuhvaća teoretsku debljinu sekundarne betonske obloge prema projektu. Armatura sekundarne obloge obračunava se u kilogramima (kg), a oplata sekundarne obloge obračunava se u kvadratnim metrima (m^2).

12-06.3 IZVEDBA TUNELA U OTVORENOM ISKOPU

Opis rada

Ovo poglavlje obuhvaća izvedbu tunela manjeg promjera, odnosno cjevovoda, u otvorenom iskopu (tzv. cut-and-cover metoda). Ova metoda često se koristi za tunele na malim dubinama, tunele u uvjetima ograničenog prostora (npr. urbana područja) ili kopnene sekcije podvodnih tunela (njihov ulazni i izlazni dio). Cut-and-cover je uobičajena metoda koja je već dugi niz godina u praksi i postoji velika iskustvena baza. Površina se ne može vratiti u prvobitni oblik sve dok kompletna konstrukcija nije izvedena. Radovi obuhvaćaju sljedeće faze:

- izvedba širokog iskopa ako za to postoje preduvjeti, odnosno konstrukcijom zaštićenog rova, ako se radi u uvjetima ograničenog prostora
- izvedba konstrukcije tunela koja se sastoji od temelja, bočnih zidova i stropa. U slučaju polaganja cjevovoda ova faza se sastoji od polaganja cijevi kružnog poprečnog presjeka u iskop
- zatrpavanje i zbijanje materijala oko i iznad izvedenog tunela / položenog cjevovoda.

Geotehnički uvjeti koji nisu predviđeni izvještajem o istraživanju temeljnog tla ili projektom, mogu se utvrditi dodatnim istražnim radovima na gradilištu, sukladno potpoglavlju '12-10 Dodatni istražni radovi na gradilištu' ovih OTU-a.

Opis izvođenja radova

a) Izvedba iskopa

Ako se iskop radi u vidu širokog iskopa, tada u potpunosti vrijede odredbe dane potpoglavljem '2-02 Široki iskop', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Način preuzimanja radova također je u skladu s danim u potpoglavlju '2-02 Široki iskop'. Osim iskopa rad uključuje i utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva.

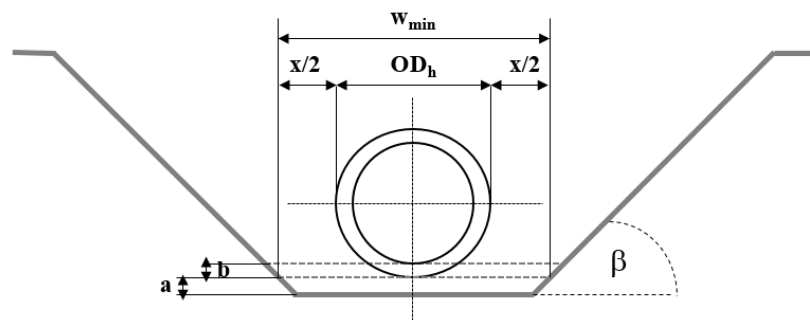
Ako se iskop radi u vidu rova, tada u potpunosti vrijede odredbe dane potpoglavljem potpoglavljem '2-05 Iskop i zatrpavanje rovova za instalacije i drenaže', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Način preuzimanja radova također je u skladu s danim u potpoglavlju '2-05 Iskop i zatrpavanje rovova za instalacije i drenaže'. Osim iskopa rad uključuje i utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva.

Ako se u rov polažu cjevovodi te ako u projektu nisu propisane veće mjere, potrebno je da kod iskopa rova svijetla širina rova s potrebnim pristupom radnom prostoru iznosi, sukladno HRN EN 1610, kako je dano u tablici 12-06.3-1.

Tablica 12-06.3-1. Minimalna širina rova ovisno o nominalnom (DN) promjeru cijevi

DN	Minimalna širina rova ($OD_h + x$) u (m)		
	poduprti rov	nepoduprti rov	
		$\beta > 60^\circ$	$\beta < 60^\circ$
≤ 225	$OD_h + 0,40$	$OD_h + 0,40$	
< 225 do ≤ 350	$OD_h + 0,80$	$OD_h + 0,50$	$OD_h + 0,40$
< 350 do ≤ 700	$OD_h + 0,70$	$OD_h + 0,70$	$OD_h + 0,40$
< 700 do ≤ 1200	$OD_h + 0,85$	$OD_h + 0,85$	$OD_h + 0,40$
> 1200	$OD_h + 1,00$	$OD_h + 1,00$	$OD_h + 0,40$

gdje je u $OD_h + x$, $x/2$ minimalni radni prostor između cijevi i ruba rova, odnosno podgradnog sustava ako je isti prisutan. Veličine navedene u tablici 12-06.3-1. grafički su prikazane na slici 12-06.3-1.



Slika 12-06.3-1 Minimalni radni prostor za polaganje cijevi

Pri tome su na slici 12-06.3-1.:

OD_n - vanjski promjer cijevi u (m)

β - kut kojega zatvara stijenka rova s horizontalnom ravninom

w_{min} - minimalna širina rova u (m)

a – visina donjeg sloja podloge

b – visina gornjeg sloja podloge

Nadalje, sukladno navedenoj normi HRN EN 1610, minimalna širina rova iznosi:

- 1,0 m, ako je dubina rova > 4,00 m
- 0,9 m, ako je dubina rova > 1,75 i ≤ 4,00 m
- 0,8 m, ako je dubina rova ≥ 1,00 i ≤ ,75 m
- nije definirana minimalna širina, ako je dubina rova < 1,00 m.

Ako se u rovu izvodi tunel, izvođaču se priznaje iskop za radni prostor širine 50 cm koji se računa kao svijetli razmak između oplata građevinske jame i oplata temelja.

U oba slučaja, bilo prilikom polaganja cjevovoda ili izvedbe sustava temelji + zidovi + stropni element, širina rova može se povećati u odnosu na projektom definiranu u navedenim slučajevima:

- za osiguranje odgovarajućeg zbijanja materijala oko i iznad ugrađenih elemenata izvodi se po potrebi proširenje od 50 cm
- ako je unutar rova potrebno smjestiti i elemente sustava zaštite od prodiranja vode, sukladno popoglavlju '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode', izvode se po potrebi proširenja od 50 cm
- za obradu cijevi, kontrolna okna i slično na određenim se mjestima izvode po potrebi proširenja od 50 cm.

Potreba za dodatnom širinom radnog prostora mora biti odobrena od strane nadzornog inženjera. Sva navedena proširenja priznaju se izvođaču kod iskopa i zatrpavanja. Za sva navedena proširenja rova potrebno je odobrenje od strane nadzornog inženjera.

Iskop se obavlja prema visinskim i položajnim kotama iz projekta s prethodnim iskolčenjem trase tunela / cjevovoda te projektiranim i propisanim nagibima pokosa uzimajući u obzir geotehnička svojstva tla i zahtijevana svojstva za namjensku uporabu iskopanog materijala, u skladu s ovim OTU-ima.

Rad mora biti obavljen u skladu s projektom, propisima, programom kontrole i osiguranja kvalitete (PKOK), zahtjevima nadzornog inženjera i ovim OTU-ima.

b) Zaštita iskopa

Ako se za potrebe iskopa izvodi rov, isti je potrebno adekvatno zaštititi. U tom slučaju može se, ako prilike to dozvoljavaju, koristiti razupiranje rova gdje se način razupiranja i dokazivanje proračunom ili ispitivanjem odabranih podgradnih elemenata odabire izvođač radova uz ispunjavanje zahtjeva iz HRN EN 13331-1 i HRN EN 13331-2. Izbor vrste podgradnih elemenata, njihova svojstva i dimenzije, kao i statički proračun, pregledava i odobrava nadzorni inženjer. U slučaju iskopa rova dubine veće od 5 m, način razupiranja i dokazivanje proračunom ili ispitivanjem odabranih podgradnih elemenata mora biti obuhvaćeno geotehničkim projektom zaštite rova. U ovom slučaju mogu se koristiti specijalizirana rješenja zaštite rovova sustavom kliznih oplata s razuporama (tzv. Krings sustav). Ako se koristi sustav drvenih oplata i razupora, izvođač radove na razupiranju mora izvoditi u skladu s poglavljem '5. Tesarski radovi, oplate i skele' ovog OTU-a.

U slučaju izvedbe tunela česta je potreba za složenijim sustavima zaštite iskopa te u tom slučaju treba u svemu poštivati odredbe dane potpoglavljem '12-04 radovi na zaštiti građevinskih jama' ovih OTU-a. Na dionicama trase rova gdje se pojavljuje oborinska, podzemna ili procjedna voda, mora se vršiti crpljenje iste iz iskopanog rova da bi se omogućila izvedba tunela u suhom. Sustavi zaštite od prodiranja vode u rov dani su u potpoglavlju '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode'.

c) *Izvedba konstrukcije tunela*

Ako se tijekom iskopa pojavilo nestabilno tlo, potrebno je izvršiti zamjenu materijala pjeskovito-šljunčanim materijalom te podlogu dodatno stabilizirati.

Planiranje dna rova provodi se po potrebi, o čemu odlučuje nadzorni inženjer. Ako se ocijeni da je potrebno planiranje, dno rova je potrebno kvalitetno ručno planirati s točnošću $\pm 5,00$ cm. Kriteriji za ocjenu kvalitete temeljnog tla dna rova su sukladni Tablici 2-09.1-1, iz poglavlja '2. Zemljani radovi' ovog OTU-a te obuhvaćaju ispitivanja stupnja zbijenosti u odnosu na standardni Proctorov postupak (Sz) ili određivanje modula stišljivosti (Ms) kružnom pločom $\Phi 30$ cm (ovisno o vrsti materijala). Kod rovova radi se najmanje jedno ispitivanje na svakih 300 m^2 uređenog temeljnog tla.

Na dno drenažnog rova postavlja se podloga kako je definirano projektom, u vidu mršavog nearmiranog betona (beton minimalne klase C12/15, ako nije u zoni smrzavanja, odnosno beton minimalne klase C16/20 ako je izložen smrzavanju) ili u vidu posteljice od nekoherentnog materijala koja se mora propisno planirati. Moguća je i primjena kombinirane podloge od nekoherentnog materijala na koju se postavlja podloga od nearmiranog betona. Kada se primjenjuje nekoherentni materijal kao podloga, izvođač mora prethodno upoznati nadzornog inženjera s kvalitetom tog materijala, lokacijom gdje će se nabavljati te tehnologijom njegove ugradnje i zbijanja, karakteristikama sredstva za zbijanje, debljinom slojeva, itd.

Sama konstrukcija izvodi se u skladu s odredbama danim u:

- Poglavlje '5. Tesarski radovi, oplate i skele'
- Poglavlje '6. Armirački radovi'
- Poglavlje '7. Betonski radovi'

dok se izolacija konstrukcije provodi u skladu s odredbama danim u:

- potpoglavlje '9.01 Hidroizolacija ukopanih betonskih konstrukcija'

ovih OTU-a.

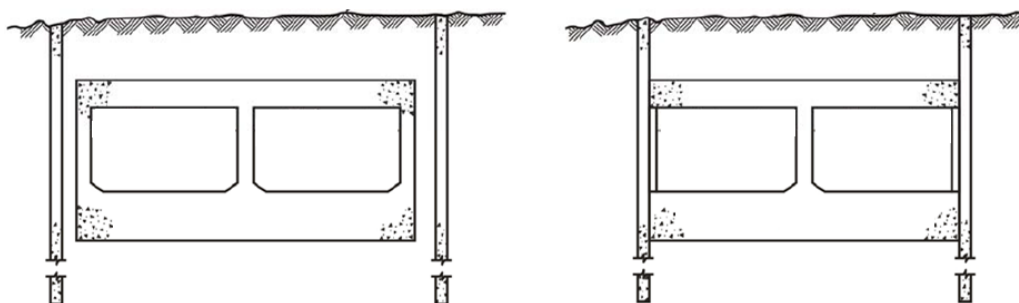
Ako je, radi geotehničkih uvjeta u tlu, potrebno duboko temeljiti konstrukciju tunela, primijenit će se odredbe dane u potpoglavlju '12-01.2 Temeljenje na pilotima' ovih OTU-a.

Dvije su varijante izvođenja tunela metodom u otvorenom iskopu: (i) kada vertikalna dijafragma nije sastavni dio konačnog tunela (tzv. *bottom-up* metoda), odnosno (ii) kada vertikalna dijafragma ostaje kao sastavni dio (zid) tunela u fazi eksploatacije (tzv. *top-down* metoda).

U slučaju kada dijafragma nije sastavni dio konačnog tunela, faze obuhvaćaju izvedbu cjelovite zaštitne konstrukcije, nakon čega slijedi izvedba tunelskih elemenata na licu mjesta ili se polažu prefabricirane tunelske cijevi. Pri tome se površina terena ne može vratiti u prvobitni oblik sve dok cjelovita konstrukcija tunela nije izvedena.

U slučaju kada je dijafragma sastavni dio konačnog tunela, faze obuhvaćaju izvedbu vertikalne dijafragme, nakon čega se izvodi krovni dio tunela koji se povezuje sa zidovima. Nakon ove faze moguće je površinu terena dovesti u fazu u kojoj je bila prije iskopa. Zatim slijedi iskop tunela i izvedba preostalih elemenata tunela (donja ploča i eventualni predgradni zidovi). Iskopani materijal se odvodi kroz ulaz ili izlaz tunela, a u nekim slučajevima se ostave otvori u krovnoj ploči kroz koje se zatim iskopani materijal transportira van tunela. S obzirom da će zidovi tunela u fazi eksploatacije imati karakter potpornih konstrukcija, iste je potrebno izvoditi sukladno tehničkim uvjetima danim u potpoglavlju '12-03 Radovi na izvedbi potpornih konstrukcija' ovih OTU-a.

U slučaju kada dijafragma nije sastavni dio konačnog tunela, već služi isključivo za zaštitu otvorenog iskopa, prednost je što se eventualni sustav za sprečavanje prodiranja podzemne vode izvodi van konstrukcije tunela, dok je u drugom slučaju, kada dijafragma ostaje sastavni dio tunela, izolacija od podzemne vode povezana s konstrukcijom tunela. Zbog toga je, ukoliko se ne izolacija ne izvede sukladno potpoglavlju '9.01 Hidroizolacija ukopanih betonskih konstrukcija', moguće curenje vode na spojevima ploča i zidova.



Slika 12-06.3-2 Izvedba tunela u otvorenom iskopu kada vertikalna dijafragma nije sastavni dio tunela (lijevo) i kada je vertikalna dijafragma sastavni dio tunela (desno)

d) Zatrpavanje tunela

Ako nije odobreno projektom, izvođač će dati nadzornom inženjeru na odobrenje prijedlog načina zatrpavanja konstrukcije tunela / položenog cjevovoda. Po dobivenom odobrenju može početi s radovima.

Slojevi se izvode u debljini od najviše 30 cm nakon čega slijedi zbijanje nasutog sloja, sve u skladu s načinom izvedbe i kontrolom kvalitete kako je dano u potpoglavlju '2-10 Izrada nasipa' ovih OTU-a.

Izvoditelj mora provoditi zatrpavanja na takav način da ne ošteti izvedenu konstrukciju tunela. Posebnu pažnju treba posvetiti načinu zbijanja materijala neposredno uz samu konstrukciju, kao i iznad nje.

Nadzorni inženjer može zahtijevati provođenje kontrolnih ispitivanja ugrađenog materijala i njegove zbijenosti. Sva takva ispitivanja koja po količinama prelaze broj predviđen projektom, posebno će se platiti izvođaču. Isto tako nadzorni inženjer može odrediti dionice iskopa na kojima se zahtijevaju određene karakteristike i zbijenost nasipnog materijala. I u tom slučaju će izvođaču biti plaćen svaki rad koji je iznad projektom predviđenog.

Ako se zatrpavanje vrši materijalom iz iskopa, prethodna ispitivanja treba provesti na uzorcima materijala koji su predviđeni za ugradnju, a uzorke treba uzimati pri iskopu. Na uzetim uzorcima treba ispitati granulometrijski sastav prema HRN EN ISO 17892-4, prirodnu vlažnost prema HRN EN ISO 17892-1 te optimalnu vlagu i gustoću po standardnom Proctor-u prema HRN EN 13286-2

Nakon dovršenog zatrpavanja vrši se planiranje terena i dovođenja u prvobitno stanje te odvoz viška materijala iz iskopa.

Obračun radova

Količina radova iskopa mjeri se i obračunava u kubičnim metrima (m^3) stvarnog iskopa u sraslom stanju i prema projektu. Veći iskop od projektiranog priznat će se na osnovi zahtjeva i odobrenja nadzornog inženjera. Rad se plaća prema ugovorenoj jediničnoj cijeni za iskope prema kategorijama tla i dubine iskopa u kojoj je sadržan sav trošak razupiranja, crpljenja vode, utovar u prijevozno sredstvo ili odlaganje, razastiranje, planiranje i odvoz viška materijala te čišćenje terena nakon rada u zoni rova.

Planiranje temeljnog tla iskopa vrši se po kvadratnom metru (m^2) planirane površine.

Armiranobetonski radovi na izvedbi tunela obračunavaju se: po kubičnom metru (m^3) ugrađenog betona, po kilogramu (kg) ugrađene armature, odnosno po kvadratnom metru (m^2) korištene oplatae.

Količina radova nasipavanja mjeri se i obračunava u kubičnim metrima (m^3) ugrađenog i zbijenog materijala oko konstrukcije tunela. U taj rad spada razastiranje materijala u slojevima, njegovo planiranje te zbijanje odgovarajućim sredstvima i vlaženje po potrebi. Veće nasipavanje od projektiranog priznat će se na osnovi zahtjeva i odobrenja nadzornog inženjera.

U slučaju potrebe za složenijim sustavom zaštite iskopa rova ili potrebe za crpljenjem vode složenijim sustavom, isti se obračunavaju zasebnim stavkama kako je dano u ostalim potpoglavljima '12-04 Radovi na izvedbi građevinskih jama' i '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode' ovih OTU-a.

12-06.4 IZVEDBA TUNELA MIKROTUNELIRANJEM

Općenito

Mikrotuneliranje je tehnologija namijenjena za izradu tunela manjih promjera te ugradnju cjevovoda promjera od 150 do 4000 mm. Tehnologiju karakterizira mogućnost ugradnje većih duljina koje u određenim uvjetima mogu premašiti čak i nekoliko kilometara. Metodom se minimalizira poremećenje površine terena tijekom izvedbe u odnosu na metodu otvorenog iskopa i ne zahtijeva prisustvo ljudi unutar tunela tijekom njegove izvedbe.

Mikrotuneliranje je metoda podzemnog polaganja uvodnog cjevovoda upotrebom sofisticiranog, daljinski upravljano, laserski vođenog bušaćeg uređaja (garniture) kojim se cijevi polažu utiskivanjem.

Metoda se pokazala korisnom:

- u zahtjevnim i varijabilnim inženjersko geološkim uvjetima tla / stijene
- uslijed prisustva prirodnih ili umjetnih prepreka u tlu / stijeni
- pri radovima ispod razine podzemne vode
- pri radovima ispod riječnog korita
- u ograničenim područjima (npr. u urbanim sredinama)
- uslijed ugradnje većih duljina cjevovoda.

U vodnom gospodarstvu, metodologija mikrotuneliranja koristi se za:

- izvedbu kanalizacijskih cjevovoda
- izvedbu vodoopkrbnih cjevovoda
- izvedbu ispusnih tunela brana, retencija i akumulacija
- izvedbu galerija za održavanje
- izvedbu sifona.

Mikrotuneliranje je moguće izvoditi u svim vrstama tla, od sipkih, nevezanih pijesaka, preko gline i kompaktnih tala, do vrlo čvrstih stijena. Stoga, tehnologija je pogodna i u slučajevima kada je izvođenje radova s drugim tehnologijama onemogućeno ili uopće nije izvedivo.

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu tunela kružnog poprečnog presjeka, bez iskopa rova, uz ugradnju cijevi profila 150 do 4000 mm. Cijevi su predgotovljeni elementi različitog materijala koje se ugrađuju pomoću bušaćeg stroja na daljinsko upravljanje (eng. MTBM – Micro Tunneling Boring Machine).

Radovi obuhvaćaju strojnu ugradnju cijevi utiskivanjem, kao i radove na izvedbi ulazne i izlazne radne građevne jame između kojih se pomoću specijalnih strojeva utiskuju cijevi koje će konačno činiti radni ili zaštitni cjevovod. Pri tome se cijevi ugrađuju tako da je trasa u pravcu ili zakrivljena s ravnim, nagnutim ili zakrivljenim gradijentom, uz mogućnost formiranja i minimalnih radijusa nivelete.

Rad mora biti obavljen u skladu s projektom, propisima, programom kontrole i osiguranja kvalitete (PKOK), zahtjevima nadzornog inženjera i ovim OTU-ima. Dodatni i naknadni radovi mogu se izvoditi samo po prethodnom odobrenju nadzornog inženjera.

Opis izvedbe rada

Tehnologija mikrotuneliranja temelji se na daljinski upravljanoj postupku bušenja gdje je cjeloviti proces radova nadziran od operatera stroja iz kabine na samoj lokaciji zahvata. Računalno nadzirana oprema omogućava kontinuirani dotok povratnih informacija o lokaciji i orijentaciji

alata za bušenje, kao i o radu hidrauličnih sklopova. Nužno je da izvođač stoga raspolaže radnom snagom educiranom za izvedbu ovakvih specijalističkih radova.

Kako bi se ugradnja cijevi mikrotuneliranjem što učinkovitije izvela, važno je imati što je moguće detaljniji uvid u provedene istražne radove kako bi se odredilo sljedeće:

- inženjersko – geološki uvjeti u temeljnom tlu / stijeni na potezu na kojem se planira izvedba mikrotunela
- razina podzemne vode u tlu
- položaj i orijentacija komunalnih instalacija i bilo kojih drugih podzemnih zapreka duž poteza izvedbe.

Uvid u položaj, dubinu, orijentaciju i dimenzije komunalnih instalacija mora biti temeljen na informacijama danim od strane nadležnih javnopravnih tijela (plinara, elektra, vodovod itd). Pri tome je potrebno uvažiti mogućnost da na predmetnom potezu zahvata postoje i instalacije koje nisu u nadležnosti javnopravnih tijela (privatno vlasništvo). Ako izvođač ne raspolaže s dovoljno informacija koje bi omogućile kvalitetnu izvedbu radova, može prema odobrenju nadzornog inženjera, provesti dodatne istražne radove na lokaciji, sukladno opisanom u potpoglavlju '12-10 Dodatni istražni radovi na gradilištu' ovih OTU-a. Prije samog izvođenja predmetnog zahvata, nužno je utvrditi točne karakteristike i položaje postojećih instalacija, kako bi se spriječila moguće opasnosti kod izvođenja radova, kao i dodatni troškovi uslijed oštećenja postojećih instalacija. Po utvrđivanju stvarnog stanja na terenu, izvedbenim projektom potrebno je utvrditi točan obim utjecaja zahvata na postojeće instalacije, te predvidjeti odgovarajuća tehnička rješenja osiguranja i izmještanja postojećih instalacija uz odobrenje nadležnog operatera/vlasnika instalacija.

Koraci u izvedbi radova mikrotuneliranja su sljedeći:

2. Izvedba ulazne i izlazne jame između kojih se izvodi mikrotunel
3. Izvedba oslonca unutar ulazne jame na koji će se tijekom radova oslanjati stroj za mikrotuneliranje
4. Spuštanje opreme za mikrotuneliranje u ulaznu jamu
5. Namještanje opreme po pravcu i visini
6. Postavljanje brtvenog prstena na početku mikrotunela kako bi se osigurala vodonepropusnost između vertikalnih elemenata zaštite ulazne jame i cijevi za utiskivanje
7. Produljenje hidraulične dizalice koja utiskuje stroj u tlo pri čemu se iskop tla vrši rotacijom bušaće glave stroja
8. Kad dosegne maksimalni korak dizalice, slijedi povlačenje natrag hidrauličkih dizalica te umetanje sljedećeg cijevnog segmenta
9. Ponovno produljenje hidrauličke dizalice pri čemu u tlu napreduju stroj i cijev koja se nalazi iza stroja
10. Ponavljanje postupka (koraci 7-8) uz kontrolu pravca i visine pomoću lasera u ulaznoj jami
11. Dodavanje bentonita koji se pomoću pumpi upumpava kroz stijenu mikrotunela kako bi se smanjilo trenje između cijevi i okolnog terena (višak bentonita se obrađuje u separatoru koji se nalazi na razini terena)
12. Postavljanje brtvenog prstena na kraju mikrotunela kako bi se osigurala vodonepropusnost između vertikalnih elemenata zaštite izlazne jame i cijevi za utiskivanje
13. Nakon probijanja mikrotunela u izlaznoj građevnoj jami, prihvaća se oprema za bušenje i vadi na površinu.

a) Izvedba ulazne i izlazne građevinske jame

Radovi na izvedbi ulazne i izlazne građevinske jame za mikrotuneliranje izvode se u skladu s tehničkim uvjetima izvedbe danim u drugim poglavljima ovog OTU-a. Same građevinske jame nemaju posebnih specifičnosti koje bi ih razlikovale od građevnih jama koje se prema zahtjevima danim u potpoglavlju '12-04 Izvedba građevinskih jama' ovih OTU-a.

Pri tome se mogu izvoditi građevinske jame sustavom vertikalnih (AB dijafragma, čelične talpe itd) i horizontalnih (sidra, razupore itd) elemenata, dok je česta primjena sustava zaštite bunarom, ponajviše iz razloga visoke podzemne vode koja se može pojaviti na lokaciji mikrotuneliranja, većih traženih dubina jama te lošijih karakteristika tla. Stoga:

- Zaštita ulazne i izlazne građevne jame se provodi sukladno tehničkim uvjetima danim u potpoglavlju '12-04 Izvedba građevinskih jama' ovih OTU-a. Način preuzimanja radova zaštite građevne jame kao i obračun radova je u skladu s danim u navedenom potpoglavlju.
- Iskop materijala iz ulazne i izlazne građevne jame se provodi sukladno tehničkim uvjetima danim u potpoglavlju '2-04 Iskop građevinskih jama', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Način preuzimanja iskopa kao i obračun radova je u skladu s danim u navedenom potpoglavlju.
- Eventualno potrebna zaštita od prodiranja vode u ulaznu i izlaznu građevnu jame se provodi sukladno tehničkim uvjetima danim u potpoglavlju '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode' ovih OTU-a. Način preuzimanja izvedenog sustava zaštite od prodiranja vode kao i obračun radova je u skladu s danim u potpoglavlju '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode'.

Dubina ulazne i izlazne građevinske jame je uvjetovana položajem cijevi mikrotunela koja će se ugraditi, pri čemu se dno jame nalazi 0,5 m do 1,0 m ispod dna cijevi. Niveleta dna izlazne građevinske jame definirana je u odnosu na zadanu kotu nivelete cjevovoda, prema zahtjevima odabrane tehnologije izvođača radova.

Tlocrtni oblik ulazne i izlazne građevinske jame je u pravilu pravokutni ili kružni ako se izvodi tehnologijom bunara, a same dimenzije građevne jame će biti uvjetovane potrebnim prostorom za smještaj odabranog stroja za mikrotuneliranje. Pri tome je duljina stranice građevinske jame okomita na os cijevi mikrotunela u pravilu kraća od duljine stranice građevinske jame orijentirane u smjeru osi cijevi mikrotunela kada je građevina pravokutna. Točne dimenzije građevinskih jama ovise o raspoloživoj tehnologiji izvođača stoga iste mogu odstupati u izvedbenom projektu.

Na dno izvedene građevinske jame, a prije spuštanja stroja za mikrotuneliranje izvodi se podnožni izravnavajući sloj nearmiranog betona, debljine ovisno uvjetima temeljnog tla i opterećenju stroja, s padom prema samom mikrotunelu i u ulaznoj i u izlaznoj građevnoj jami.

U građevinskoj jami izvodi se armiranobetonski blok oslonac preko kojega stroj prenosi silu utiskivanja cijevi. Zadnja strana stroja se mora prisloniti zbog uporišta koje je potrebno zbog potisne snage stroja. Stroj može težiti od 1,5 – 2,5 tone za manje profile, pa sve do 24 – 29 tona za veće profile. Radni tlak iznosi 200-400 bara, a može biti i veći ako se radi o izvedbi mikrotunela većeg promjera ili ako to zahtijevaju lokalni geološko – geotehnički uvjeti u tlu.

b) Mikrotuneliranje

Materijal cijevi

Izbor cijevi treba biti dan projektom u skladu s namjenom mikrotunela te uvjetima u kojima se mikrotunel nalazi, kao i tehnologijom ugradnje. Cijevi, koje su specijalno napravljene da bi izdržale sile tijekom ugradnje, stvaraju konačan cjevovod.

To su cijevi različitih proizvođača kod kojih je zagantirana otpornost na predviđene potisne sile stroja, a osim toga omogućavaju i međusobno spajanje bez ispupčenja na spojenim dijelovima. Pojedini segment cijevi duljine je od 2 do 3 m, a između njih se postavlja "ovratnik" koji može biti unutarnji ili vanjski i izrađen od čelika ili PVC-a. Ovaj ovratnik brtvi spoj između cijevi osiguravajući da završni tunel bude vodonepropusan.

Ovisno o korištenom materijalu i načinu spajanja, cijevi se međusobno spajaju kruto ili pomično.

Cijevi za mikrotuneliranje izvode se od velikog raspona materijala, uključivo:

- armirani beton (prema HRN EN 1916)
- poliesterski beton (prema HRN EN 14636)
- plastične cijevi ojačanje vlaknima od stakla, tzv. GRP (prema HRN EN 14364)
- keramika (prema HRN EN 295)
- lijevano željezo (prema HRN EN 877)
- nehrđajući čelik (prema HRN EN 1124)

Izvedba mikrotunela utiskivanjem cijevi

Teodolit ili laserska postaja koristi se da bi se odredio položaj i uzdužni nagib stroja tijekom radova na mikrotuneliranju, sve u cilju izvedbe unutar dopuštenih odstupanja koja su unutar granica od ± 50 mm u horizontalnom smjeru odnosno ± 50 mm u vertikalnom smjeru.

Tehnologijom se ugrađuju cijevi i to utiskivanjem pomoću posebnog stroja koji se ugrađuje na glavu cijevi. Metodologija podrazumijeva zabrtvljeni tunelski sistem gdje se pritisci tla / vode balansiraju na čelu tunela primjenom zraka pod tlakom ili bentonitnom smjesom.

Stroj za mikrotuneliranje radi na pogon hidrauličkog ili električnog motora i ima glavu prilagođenu za iskop tla / stijene. Sam izbor vrste bušaće glave stroja za mikrotuneliranje je uvjetovan dimenzijama mikrotunela (promjer i duljina), kao i inženjersko – geološkim svojstvima tla / stijene na predmetnoj lokaciji i uvjetima podzemne vode. Izvođač je odgovoran za odabir odgovarajuće bušaće glave za očekivane geološke i geotehničke uvjete u tlu.

S povećanjem duljine tunela povećava se i trenje oko cijevi koja se ugrađuje. Obično se koristi sljedeća tehnologija kojom se smanjuje trenje na dodiru cijevi i tla, a koja se sastoji od dvije faze:

- bušenje bušotine većeg promjera:
U prvom koraku se buši bušotina većeg promjera od predviđenog konačnog promjera mikrotunela. Time se dobije međuprostor, odnosno praznina na sučelju cijev – tlo. Navedeno se postiže korištenjem posebnih glava za rezanje pomoću kojih se u stabilnim materijalima može postići takav učinak. Promjer takvih bušačkih glava je 15 do 35 mm veći od promjera konačno ugrađene cijevi. Ovisno o geologiji okolnog terena, svako daljnje proširenje promjera bušotine može izazvati značajna slijeganja površine terena, što bi svakako trebalo izbjeći.
- primjena mješavine bentonita i vode:
Nakon bušenja slijedi ubrizgavanje ekološki prihvatljive mješavine za bušenje koji je obično mješavina bentonita i vode. Osim doprinosa smanjenju trenja između tla i cijevi, mješavina stabilizira same stijenke bušotine i sprječava njihovo urušavanje, što je naročito korisno kod nevezanih tala, npr. šljunak, pijesak itd. U prosjeku je svaka treća cijev koja se utiskuje opremljena niplama za ubrizgavanje bentonita.

Za izvođenje duljih dionica, prvenstveno zbog prevelikog trenja, potrebna je izgradnja međupostaja za potiskivanje koje će doprinijeti jednostavnijem i uspješnijem potiskivanju cijevi na cijeloj dionici.

Osim jednog stroja za utiskivanje cijevi, moguća je i primjena manjih međustrojova koji se postavljaju između pojedinih dionica cijevi i njima se istovremeno u suprotnim smjerovima utiskuju dva segmenta cijevi (jedna cijev služi kao oslonac za utiskivanje druge cijevi) što može značajno povećati učinkovitost metode.

Prilikom mikrotuneliranja mora se voditi računa da ne dođe do oštećenja postojećih vodnih građevina, poglavito nasipa (ugrožavanja njihove stabilnosti i geometrije). Minimalni nadsloj zaštitne cijevi ispod vodnih građevina mora biti jednak dvostrukom vanjskom promjeru cijevi koja se ugrađuje.

Nakon izvedbe mikrotunela slijedi eventualno injektiranje sučelja tla i vanjskog promjera ugrađene cijevi kako bi se spriječilo slijeganje površine tla tijekom vremena. Injektiranjem sučelja se sprječava također i savijanje cijevi uslijed pritisaka tla i pritisaka vode unutar cijevi, a sprječava se i erozija materijala na sučelju. Potrebu za injektiranjem predlaže izvođač u dogovoru s nadzornim inženjerom. Injekcijska smjesa treba imati minimalnu čvrstoću od 1 MPa nakon 48 sati od ugradnje. Tlak ugradnje injekcijske smjese treba biti veći od teoretskog hidrostatskog pritiska okolnog tla za bar 0,5 bara.

Svi spojevi cijevi moraju biti vodonepropusni kao i priključci cijevi na revizijska okna. Spojevi cijevi mogu se obraditi cementnim mortom, bitumeniziranom trakom zalivenom bitumenskom smjesom, gumenim brtvama ili prstenovima od gume, spojnicama i raznim vrstama kitova za brtvljenje reški, a sve u skladu s potpoglavljem '9-01 Hidroizolacija ukopanih betonskih

konstrukcija', poglavlja '9. Izolacijski radovi' ovih OTU-a. Ove brtve moraju preuzeti hidrostatske pritiske i pritiske bentonitne smjese tijekom ugradnje cjevovoda i u eksploataciji.

Nakon izvođenja svih radova, potrebno je izvršiti ispitivanje cjevovoda na vodonepropusnost prema normi HRN EN 1610 i sukladno drugim važećim normama ovisno o namjeni mikrotunela. S obzirom da je za veće profile nemoguće izvršiti ispitivanje cjevovoda na vodonepropusnost, potrebno je provesti vizualni pregled ugrađene cijevi. U ovom slučaju će nadzorni inženjer donijeti odluku da je moguće napraviti vizualni pregled u skladu s "Pravilnikom o tehničkim zahtjevima za građevine odvodnje otpadnih voda, kao i rokovima obvezne kontrole ispravnosti građevina odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda", gdje se u članku 4 navedenog Pravilnika navodi da se veliki kanali unutarnjeg profila 120 cm i većeg profila ili protočne površine veće od 1 m², moraju projektirati i graditi tako da se osigura kontrola vodonepropusnosti vizualnim pregledom.

Alternativne tehnologije izvedbe mikrotunela

Osim najčešće korištene metode izvedbe tunela utiskivanjem, u praksi je još mogu sresti i sljedeće tehnologije:

- navođeno bušenje uz primjenu pužnog transportera
- horizontalno usmjereno bušenje
- direktna metoda.

Kod navođenog bušenja uz primjenu pužnog transportera (svrdlo), potrebna je izvedba ulazne i izlazne građevne jame. Promjeri izvedbe su u rasponu 0,1 m do 1,5 m, s duljinama izvedbe do 150 m. Izvedba mikrotunela bušenjem svrdlom je primjerena kada se radovi izvode u mekim tlima, s mogućom izvedbom i do 3 m ispod razine podzemne vode. Metoda se sastoji od tri karakteristične faze:

- Faza 1 – izvođenje pilot bušotine (metoda utiskivanja navođene pilot cijevi) iz ulazne građevinske jame. Bušenje se izvodi pomoću dlijeta u obliku koplja, pomoću kojeg se određuje smjer, dubina i nagib bušotine. U svakom trenutku bušenja poznate su koordinate položaja dlijeta koje se odašilju pomoću sonde za praćenje bušenja. Dakle, smjer napredovanja bušotine se cijelo vrijeme kontrolira, a može se i promijeniti ako se naiđe na prepreku.
- Faza 2 - po završetku izvedbe pilot bušotine započinje se s bušenjem bušotine konačnog promjera uz primjenu pužnog transportera, a transport iskopanog materijala se vrši pužnim transporterom koji se nalazi u posebnoj provodnoj cijevi. Cijev s pužnim transporterom napreduje kroz tlo, a izbušeno tlo se konstantno mehanički iznosi u startnu jamu.
- Faza 3 – kanal bušotine konačnog promjera osigurava se uvlačenjem provodne cijevi unutar koje se polaže radna cijev mikrotunela.

Tehnologija horizontalnog usmjerenog bušenja (HDD) ne zahtijeva izvedbu ulazne i izlazne građevinske jame. Raspon tala u kojima se koristi ova metoda uključuje glinovita tla, prahove i pijeske, a metoda omogućava izvedbu bez potrebnog sniženja razine vode tijekom radova. Promjeri izvedbe su u rasponu 0,2 m do 2,0 m. Metoda se sastoji od tri karakteristične faze:

- Faza 1 - HDD krana za bušenje se postavlja na rotirajuću čeličnu šipku manjeg promjera od same krune, gdje se probna bušotina izvodi od početka do kraja mikrotunela. Kao isplaka za stabilizaciju bušotine koristi se bentonitna suspenzija koja iskopani materijal odvodi do postrojenja za separaciju.
- Faza 2 - bušotina se proširuje povlačenjem bušačke cijevi, gdje se promjer bušotine postepeno proširuje sve do zahtijevanog promjera.
- Faza 3 - prefabricirana cijev cjevovoda se spaja sa bušačom šipkom na izlaznoj točki i povlači se u tunel. Tijekom ovog procesa bentonitna suspenzija minimalizira trenje između plašta cjevovoda i okolnog tla.

Pri izvedbi mikrotunela direktnom metodom cjevovodi se polažu na valjakste blokove iznad tla te se vare na stroj za mikrotuneliranje. Time metoda ne zahtijeva izvedbu ulazne i izlazne građevinske jame, ali metoda pak zahtijeva veću površinu terena u sklopu pripremljenih radova da bi

se direktno bušenje moglo izvesti. Potiskivač cijevi gura stroj u tlo zajedno s cjevovodima koristeći hidrauličke stezaljke. Tlo se iskapa i uklanja jednako kao i kod metode mikrotuneliranja utiskivanjem cijevi. Kontrolni sustav omogućava naginjanje u gornjem i donjem smjeru, kao i zavojitu izvedbu bez većih problema. Cjevovodi se ovom metodom polažu u jednom koraku. Promjeri izvedbe su u rasponu 0,6 m do 1,5 m, a metoda se može koristiti u bilo kojim tlima i to bez potrebe za sniženjem razine podzemne vode tijekom radova.

Kontrola kvalitete i monitoring

Prije izvedbe izvođač će dostaviti nadzornom inženjeru na odobrenje proračune kojima dokazuje da je sila utiskivanja cjevovoda osigurana odgovarajućim odabirom opreme. Proračuni će obuhvatiti sile utiskivanja, konfiguraciju spojeva, prijenos naprezanja, sile trenja duž cjevovoda, uvjete u tlu i razinu podzemne vode (na temelju provedenih istražnih radova, i po potrebi provedenih dodatnih istražnih radova) te očekivana odstupanja od projektiranja nivelete mikrotunela.

Stalna provjera kvalitete izvedbe zajedno s radovima geodetskog i geotehničkog monitoringa osigurava kvalitetno rješenje tijekom izvedbe i u eksploataciji.

Osim kontrole kvalitete materijala, sukladno normama navedenim u ovom potpoglavlju, izvođač mora kontinuirano provoditi geodetski i geotehnički monitoring da bi se kvantificirao utjecaj mikrotuneliranja na slijevanje površine terena.

Odabir metode mikrotuneliranja mora biti takav da ima minimalan utjecaj na površinu terena. Ako drugačije nije navedeno u projektnoj dokumentaciji, pomaci površine terena ne bi trebali biti veći od 5 mm ispod površine na kojoj se nalazi infrastruktura, odnosno 10 mm na nekorištenoj površini terena.

Mjerni poprečni profil na površini terena treba obuhvatiti bar po jedan set opreme za monitoring (reperi, inklinometri, deformetri) sa svake strane osi mikrotunela i to na udaljenostima od najviše 5 m od osi, kao i iznad osi tunela. Mogu se izvesti i dodatne mjerne točke na jednom mjernom poprečnom profilu. Broj mjernih poprečnih profila ovisi od duljine mikrotunela i uvjeta u temeljnom tlu, a mora biti određen projektnom dokumentacijom.

Način preuzimanja radova

Prije početka radova potrebno je geodetsko pozicioniranje mikrotunela. Nakon izvedenih radova potrebno je izraditi završnu geodetsku snimku s točnim pozicijama izvedenog mikrotunela (za dokumentaciju o izvedenom stanju).

Prije početka radova i tijekom radova nadzorni inženjer kontrolira radove, preuzima svaku fazu radova o čemu vodi evidenciju.

Nadzor preuzima mikrotunel uvažavajući kriterije iz geotehničkog i izvedbenog projekta te rezultate praćenja neposredne izvedbe. Ovim dokumentima određuje se i način i učestalost instrumentiranog praćenja izvedbe.

Nakon završetka svih radova nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova te usklađenost s projektom.

Obračun radova

Obračun po metru dužnom (m¹) izvedenog mikrotunela sa svim potrebnim materijalom i opremom. Stavkom su obuhvaćeni svi radovi i materijali, uključujući i specijalno projektirane cijevi, koji su potrebni za provođenje mikrotuneliranja (organizacija gradilišta, osiguranje potrebnih priključaka, dobava i montaža te demontaža i odvoz potrebne opreme i iskopanog materijala). Stavka obuhvaća izmjenu i prilagodbu izvedbenih detalja građevinskih jama koji su direktno ovisni o opremi kojom će se provesti utiskivanje cijevi.

Osim tehnologije utiskivanja, mikrotuneliranje se može provesti i drugom tehnologijom kako je navedeno u ovom potpoglavlju, ali izvođač nema pravo na naknadu razlike troškova bez obzira na razloge izmjene tehnologije.

12-07 ZAŠTITA ISKOPA OD PRODIRANJA VODE

12-07.1 OPĆENITO

Tijekom izvođenja radova iskopa mora se spriječiti bilo kakav oblik prodiranja vode u slobodni prostor samog iskopa. Zaštita iskopa od prodiranja vode tijekom izvedbe radova omogućava siguran rad u suhom, dostupnost iskopa ljudima i strojevima, kao i stabilnost iskopanih stranica. Osim toga, tijekom izvedbe radova, ali i tijekom eksploatacije, kontrolom prodiranja voda se sprečavaju problemi kao što su hidraulički slom (granično stanje HYD prema HRN EN 1997-1), preveliki uzgon (granično stanje UPL prema HRN EN 1997-1), a omogućava se i kontrola tlakova vode na potporne i podzemne konstrukcije.

Kontrola prodiranja vode u iskop se tijekom radova mora održavati na razini ispod najniže kote stalnih radova, tijekom razdoblja određenog od strane nadzornog inženjera. U nekoherentnim tlima ta kota mora biti bar 0,5 m do 1,0 m ispod najniže kote iskopa u danom trenutku. Veće dubine, 1,5 m do 3,0 m se moraju osigurati u koherentnim materijalima kao što su gline i prahovi da bi se spriječilo prodiranje vode na površinu čime bi dno iskopa bilo vlažno i blatnjavo.

Kontrola razine podzemne vode može biti privremena ili trajna. Ako je potrebno trajno sniženje razine vode, gdje sustavi za osiguranje razine moraju biti kontinuirano u radu, isti bi trebali biti konzervativno projektirani i mehanički jednostavni, sve da bi se izbjegla potreba za složenim kontrolama opreme podložne kvarovima. Jednako tako trajni sustavi bi konzervativnim projektiranjem trebali uzeti u obzir najnepovoljnije moguće razine vode tijekom eksploatacije.

Postoje dva osnovna načina na koji se vrši kontrola prisustva vode pri radovima iskopa:

- a. presretanje i odstranjivanje vode
- b. izolacija iskopa od dotjecanja vode.

Kontrola prisustva vode tijekom izvedbe i eksploatacije može se osigurati primjenom jednog od navedenih načina (metoda) ili kombinacijom više njih. U slučaju da je rješenjem potrebno zahvatiti površinski i duboki vodonosni sloj, primjenjuje se kombinacija oba navedena načina kontrole.

Tehnologija zaštite od prodiranja vode mora biti definirana projektom. Sustav kontrole prisustva vode će se projektirati, urediti i ugraditi tako da se bez znatnih promjena mogu održavati one razine vode i tlakovi porne vode koji su predviđeni u projektu. Svaki sustav za odstranjivanje vode iz temeljnoga tla ili snižavanje tlaka vode mora se zasnivati na rezultatima geotehničkih i hidrogeoloških istraživanja. Ako tijekom izvedbe dođe do promjene uvjeta bilo u temeljnom tlu bilo druge prirode, nadzorni inženjer mora odobriti prilagodbu tehnologije zaštite od prodiranja vode.

Geološki, hidrogeološki i geotehnički uvjeti koji nisu predviđeni izvještajem o istraživanju temeljnog tla ili projektom, mogu se utvrditi dodatnim istražnim radovima na gradilištu, sukladno potpoglavlju '12-10 Dodatni istražni radovi na gradilištu' ovih OTU-a.

Izbor optimalnog rješenja zaštite iskopa od prodiranja vode ovisi o više faktora, uključivo karakteristike temeljnog tla, geometriju iskopa (njegovu širinu, duljinu, dubinu), redosljed izvođenja radova, režim kretanja podzemne vode, karakteristike i topografiju terena, ali i poznavanje same tehnologije zaštite, vremenskog perioda u kojem se iskop štiti, te troškova ugradnje i rada odabrane tehnologije. Veliki utjecaj na izbor sustava i njegovo dimenzioniranje ima i potrebna dubina sniženja vode u odnosu na razinu podzemne vode prije izvođenja radova.

Najvažnije svojstvo temeljnog tla za odabir sustava zaštite iskopa od prodiranja vode, kao i za njegovo dimenzioniranje, jest vodopropusnost tla. U tom smislu je potrebno odrediti relevantnu vrijednost koeficijenta propusnosti koja se odabire u skladu s metodama danim u HRN EN 1997-2.

Dodatno, terenska ispitivanja vodopropusnosti provode se sukladno HRN EN ISO 22282-1 do HRN EN ISO 22282-6.

Laboratorijska ispitivanja propusnosti provode se sukladno HRN EN ISO 17892-11.

Koeficijent vodopropusnosti nekoherentnih tala može se procijeniti iz granulometrijske krivulje, određene sukladno HRN EN ISO 17892-4.

12-07.2 ZAHTJEVI PRILIKOM CRPLJENJA VODE

Ovim potpoglavljem daju se zahtjevi koje je nužno uvažiti prilikom crpljenja vode bilo kojom od metoda navedenih u nastavku. Mora se osigurati sljedeće:

- crpljenjem se ne smije smanjiti zbijenost tla
- crpljenjem se treba izbjegavati prekomjerno iznošenje sitnijih čestica tla
- crpljenje ne smije izazvati prekomjerno slijeganje ili oštećenje susjednih konstrukcija
- sheme crpljenja vode moraju biti takve da strane iskopa cijelo vrijeme ostanu stabilne te da se neće pojaviti prekomjerno uzdizanje ili slom dna iskopa, primjerice, radi prekomjernog tlaka vode ispod manje propusnog sloja
- ako se dopušta da se podzemna voda vrati na izvornu razinu, povest će se računa o tome da se izbjegnu problemi kao što je urušavanje tla s osjetljivom strukturom, npr. rahli pijesak
- sustav neće dovesti do prekomjernog crpljenja vode u području zahvata pitke vode
- kapacitet crpki imat će prikladnu zalihu, a u slučaju kvara bit će dostupan pomoćni sustav. Izvođač će osigurati kontinuiranu raspoloživost rezervnih strojeva na gradilištu kako bi se održalo neprekinuto crpljenje vode.
- kapacitet crpki i cjevovoda trebao bi omogućiti smanjenje učinkovitosti zbog mehaničkog trošenja uzrokovanog dugotrajnim radom. Ova oprema također bi trebala biti projektirana kako bi sustav mogao raditi kontinuirano, bez obzira na prekide u redovnom održavanju ili kvarove.
- ako se crpljenje vode produži kroz dulje razdoblje, podzemnu se vodu mora kontrolirati na prisutnost otopljenih soli i plinova, koji mogu prouzročiti koroziju elemenata sustava ili njihovo začepljenje taloženjem soli
- ovakvi sustavi ovisni su od stabilnog napajanja energijom zbog čega je gradilištu potrebno osigurati ili priključak na lokalnu električnu mrežu ili napajanje osigurati agregatom
- voda, koja se odstranjuje iz iskopa, obično će se otpustiti dovoljno daleko od područja iskopa
- prikupljena se voda ne smije ispuštati u vodotoke bez prethodnog pribavljanja odobrenja i dogovora od izvođača
- prikupljena se voda ne smije upuštati u kanalizacijski sustav, ako za ovo ne postoji suglasnost od nadležnih javnopravnih tijela, da ne bi došlo do prekoračenja kapaciteta kanalizacijskog sustava
- sustav neće dovesti do prekomjernog dotoka zagađene vode u iskop
- za sve štete i posljedice koje mogu nastati nepravilnim crpljenjem i iznošenjem materijala odgovoran je izvođač. Ako se tijekom rada pojavi iznošenje materijala ili neke druge štetne pojave, izvođač je u obvezi odmah o tome izvijestiti nadzornog inženjera i postupiti po njegovim uputama.

Učinkovitost crpljenja mora se, prema potrebi, kontrolirati praćenjem razine podzemne vode, tlaka porne vode i pomaka temeljnoga tla.

Projektom mora biti predviđena ugradnja piezometara za kontrolu učinkovitosti crpljenja, kao i sustav geodetskog i geotehničkog monitoringa pomaka okolnog tla.

Nadzorni inženjer ima pravo tražiti izvedbu dodatnih piezometara za praćenje snižavanja nivoa podzemnih voda, kao i dodatne opreme za monitoring pomaka.

Prikupljene se podatke mora učestalo pregledavati i tumačiti radi određivanja učinaka crpljenja na uvjete u temeljnome tlu i ponašanje susjednih konstrukcija.

12-07.3 DRENAŽNI SUSTAV SA SABIRNIM OKNIMA

Ukoliko se iskop štiti od prodiranja manje količine podzemne i oborinske vode, ista se može crpiti direktno iz iskopa putem sabirnog okna s dnom nižim od dna iskopa. Sabirnim oknom može se

nazvati rupa u tlu iz koje se voda crpi i koja se izvodi unutar većeg iskopa. U pojedinim slučajevima je unutar samog iskopa potrebno izvesti sustav drenažnih rovova koji prikupljenu vodu provode do sabirnih okana. Također, drenažni sustav može se izvesti i oko same zone iskopa sustavom drenažnih rovova i odvodnih jaraka. Metoda je najefikasnija u šljuncima i pijescima, ali ako se crpljenje vrši u blizini postojećih objekata, može uzrokovati njihova slijezanja.

Opis rada

Rad obuhvaća iskop drenažnih rovova i sabirnih okana, prema nacrtima iz projekta, horizontalnu ugradnju drenažnih cijevi u rovove i vertikalnu ugradnju cijevi većeg promjera u okna (po potrebi) te zatrpavanje rovova i okana materijalom veće propusnosti. Rad obuhvaća i privremeno odlaganje iskopanog materijala ili utovar u prijevozno sredstvo te razastiranje ili utovar i odvoz viška materijala nakon zatrpavanja rova. Rad također obuhvaća i razastiranje i planiranje materijala nakon eventualnog odvoza na stalno odlagalište. Rad obuhvaća i crpljenje vode tijekom izvedbe radova na iskopima te, po potrebi, nakon izvedbe radova na iskopima.

Rad mora biti obavljen u potpunosti u skladu s projektom, zahtjevima nadzornog inženjera i ovih OTU-a.

Opis izvođenja radova

Redoslijed izvedbe drenažnog sustava sa sabirnim oknima je slijedeći:

- iskop drenažnog rova i sabirnog okna (ili više njih)
- privremeno odlaganje i odvoz iskopanog materijala
- ugradnja drenažnih cijevi u drenažni rov (po potrebi)
- ugradnja prefabriciranih elemenata u sabirna okna (po potrebi)
- po potrebi zaštita drenažnih cijevi netkanim geotekstilom
- zatrpavanje drenažnih rovova i sabirnih okana dobro propusnim materijalom
- crpljenje prikupljene vode crpkama.

Radove iskopa rovova i okana treba u pravilu izvoditi strojno (bagerima, rovokopačima). Iznimno, kad to strojno nije moguće izvesti, rad se obavlja ručno, uz potrebne mjere sigurnosti i zaštite na radu. Iskop drenažnih rovova je do kote niže za oko 0,5 m u odnosu na kotu dna iskopa i s padom do 0,5% prema sabirnom oknu.

Iskopi rovova rade se u svim kategorijama tla, sukladno poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Iskopani materijal se utovara u prijevozno sredstvo i odvozi na odlagalište ili se odlaže privremeno uzduž rova na takvoj udaljenosti od ruba rova na kojoj neće ugroziti stabilnost pokosa iskopa. Ako se višak materijala odvozi na stalno ili privremeno odlagalište ili na drugo mjesto predviđeno projektom, ili zahtjevom nadzornog inženjera, tamo se razastire i isplanira.

Tehnički uvjeti izvedbe iskopa istovjetni su tehničkim uvjetima izvedbe danim u potpoglavlju '2-05 Iskop i zatrpavanje rovova za instalacije i drenaže', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a te su isti primjenjivi i ovdje.

Nakon iskopa, drenažni rovovi se zatrpavaju zrnatim drenažnim kamenim materijalom kvalitete i zbijenosti ovisno o uvjetima iz projekta te odredbama danim u potpoglavlju potpoglavlju '2-05 Iskop i zatrpavanje rovova za instalacije i drenaže', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Uobičajeno se ugrađuje filtarski materijalom krupnoće 8-63 mm. Zrnati kameni materijal u rovu treba pažljivo zbiti. Način zbijanja odobrava nadzorni inženjer.

U slučajevima kada se očekuju veći dotoci vode u drenažni sustav i da se pospješi sustav dreniranja, dno iskopa se uređuje i planira te se na njega postavlja podnožni sloj od pijeska. U tako pripremljeni rov se postavljaju rebraste (ne nužno) plastične PVC-a ili PE cijevi te se prostor oko cijevi ispunja filtarskim materijalom krupnoće 8-63 mm. Ugrađuju se plastične, savitljive, perforirane cijevi koje se proizvode s već navučanim filterom od poroznog geotekstila ili kokosovog vlakna. Promjer cijevi je uobičajeno u rasponu od 10 do 20 cm. Osim plasičnih drenažnih cijevi u rovove se mogu ugraditi i betonske cijevi.

Da bi se spriječilo ispiranje sitnijih čestica tijekom dotjecanja vode u drenažni rov, rovovi se s vanjske strane mogu obložiti geotekstilom. Za primjenu geotekstila za filtriranje i dreniranje

potrebno je primijeniti normu HRN EN 13252. Zrnati kameni materijal u rovu treba pažljivo zbiti da se ne oštete drenažne cijevi, a da materijal ipak bude dovoljno zbijen kako ne bi došlo do naknadnih slijeganja. Način zbijanja odobrava nadzorni inženjer. Rovovi se na vrhu (gornjih 10 – 15 cm) mogu pokriti slojem gline s betonskom rigolom za reguliranje površinskog toka oborinskih voda.

Sabirna okna obično se postavljaju unutar kutova zone iskopa. Ako je područje iskopa veliko, više okana se može postaviti duž duže strane iskopa ili se može izvesti dulje usko okno u obliku sabirnog jarka. Rovovima prikupljena voda dovodi se do sabirnog okna čija je dubina minimalno 1 m, pri čemu okno treba biti dovoljno duboko da omogući akumulaciju vode prikupljene rovovima te da tijekom crpljenja dozvoli sedimentaciju čestica tla. Tlocrtne dimenzije rova moraju biti minimalno takve da omoguće dovoljno prostora za sedimentaciju čestica te veće od same crpke. U slučaju potrebe, u okno se može postaviti prefabricirana betonska cijev ili korugirana plastična cijev većeg promjera (uobičajenog vanjskog promjera 40 – 100 cm, ovisno o potrebama projekta). Sama cijev okna mora biti perforirana s otvorima od 10 – 15 mm. Filterski materijal koji se postavlja oko cijevi okna trebao bi biti krupni šljunak dimenzija 20 – 40 mm. Prednost ima ugradnja loše građiranog šljunka radi njegove veće propusnosti.

Nakon izvedbe sustava drenažnih rovova i sabirnih okana, crpljenje vode se vrši usisnim centrifugalnim crpkama. Dubina okna može biti najviše 8 m u odnosu na razinu na kojoj se crpka nalazi, u protivnom se voda mora crpiti tzv. 'potopljenim' crpkama. Prilikom ugradnje crpke u okno, potrebno je ugraditi usisno crijevo na polovici visine okna kako bi se spriječilo crpljenje sitnijih čestica koje se nalaze na dnu okna. Da bi se izbjegla ili minimalizirala mobilizacija sedimenata, može se napraviti dodatan iskop dna okna koji se zatim ispunja loše građiranim nekoherentnim materijalom. Crpke se ugrađuju u samom iskopu ili neposredno uz rub iskopa te crpe vodu iz okna i prebacuju je u kolektor, nakon što se podzemna voda u sabirnom oknu nakupi do određene visine. Pri tome kolektor može biti kanalizacijski sustav, ali je prethodno za ovo potrebno dobiti suglasno od nadležnih javnopravnih tijela da ne bi došlo do prekoračenja kapaciteta kanalizacijskog sustava. U protivnom izvođač mora predložiti alternativno mjesto ispuštanja crpljene vode, za što mora dobiti suglasnost nadzornog inženjera. Na crpki mora biti ugrađen nepovratni ventil koji ne dozvoljava vraćanje prikupljene vode nazad u okno.

Pri ovakvoj zaštiti od prodiranja vode treba paziti da se ne ugrozi stabilnost pokosa iskopa uslijed erozije i da ne dođe do hidrauličkog sloma. Pri tome treba voditi računa da će izlazni gradijent u pravilu biti veći na dnu sabirnog okna nego na samom dnu iskopa.

Ako se crpljenje vode planira provoditi dugoročno, tada je potrebno prethodno izvesti talpe po obodu i cijeloj dužini okna. Zatim se u okna ugradi žičani kavez s formiranim unutarnjim sustavom razupora te se prostor između stranica (i dna kaveza) i talpi zapuni s filterskim materijalom. Nakon toga se izvade talpe. Voda koja se crpi, posebice ako se radi o filterski nezaštićenom sabirnom oknu, mora se kontinuirano ispitivati uzimanjem uzoraka vode i kontrolom količine sitnih čestica. Ako je prisustvo sitnijih čestica kontinuirano ili postoje indikacije potencijalnih nestabilnosti stranica iskopa, trebala bi se razmotriti druga metoda zaštite od prodiranja vode.

Način preuzimanja izvedenih radova

Prije početka radova i tijekom radova nadzorni inženjer preuzima svaku fazu radova posebno, o čemu vodi evidenciju. Nakon završetka radova nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova. Vizualno se ocjenjuje kvaliteta radova, ravnost i usklađenost s projektom, a rezultatima ispitivanja kvaliteta upotrijebljenog materijala i građevinskih proizvoda. Sve drenažne cijevi moraju imati dokaz o uporabljivosti, koji se u originalu predaju nadzornom inženjeru prema poglavlju '0. Opće odredbe' ovih OTU-a, a njihovu primjenu odobrava nadzorni inženjer. Zahtijevana kvaliteta cijevi za drenažu propisana je odgovarajućim normama u okviru ovih OTU-a.

Prije početka radova potrebno je izraditi prethodnu geodetsku snimku, a nakon izvedenih radova potrebno je izraditi završnu geodetsku snimku.

Po završenom iskopu rova izvođač obavlja geodetsko snimanje visine i položaja rova te ugrađene instalacije ili drenaže na svakom profilu ili po zahtjevu nadzornog inženjera po potrebi i gušće.

Dozvoljena odstupanja dna iskopa od projektirane kote su ± 3 cm.

Ukoliko to projektom nije definirano, dopušteno odstupanje kote iskopa uređenog dna rova može biti lokalno ± 3 cm od projektirane kote. Na mjestima izvedbe revizionih okana, kod pada dna drenaže manjeg od 1%, odstupanje od projektom zadane kote dna dopušteno je do maks. ± 1 cm.

Obračun rada

Rad se mjeri i obračunava po metru dužnom (m') izvedenog drenažnog sustava prema projektu. Obračunava se na bazi izmjere na terenu i utroška ostalih materijala.

U jediničnu cijenu izrade drenaže uključen je iskop drenažnih rovova i sabirnih okana prema projektu i potpoglavlju '2-05 Iskop i zatrpavanje rovova za instalacije i drenaže', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a, utovar u prijevozno sredstvo ili odlaganje, razastiranje, planiranje i odvoz viška materijala.

Jedinična cijena obuhvaća po potrebi i ručno planiranje (uređenje) dna rova do projektom tražene točnosti i ovih OTU-a, te nabavu, prijevoz i ugradbu svih potrebnih materijala za izradu drenaže (geotekstil), kao i zatrpavanje preostalog dijela rova iznad drenažnog filtra, čišćenje materijala oko rova od svih zaostalih materijala poslije ugradnje.

U jediničnu cijenu uključena je nabava, doprema, po potrebi privremeno uskladištenje cijevi, strojno spuštanje na podlogu i spajanje cijevi u projektirani uzdužni nagib.

U jediničnu cijenu uključena je i nabava, doprema i ugradnja crpke kao i crpljenje vode i to za cijeli period trajanja radova kako je predviđeno projektom.

Svi eventualno dodatni radovi kao što su troškovi razupiranja, ugradnje kaveza i talpi kod dugotrajnog crpljenja vode te eventualna potrebna i mjestimična sanacija dna iskopa prema odredbama potpoglavlja '2-09 Uređenje temeljnog tla - posteljice', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a, se također trebaju obuhvatiti jediničnom cijenom.

12-07.4 SUSTAV IGLOFILTERA

Kod visokih razina podzemne vode u odnosu na dno iskopa, kao i kod većih dotoka vode u područje iskopa, isti se mogu štiti od prodiranja vode primjenom cijevnih bunara na principu vakuuma, tzv. iglofiltera. Iglofiltri predstavljaju sustav međusobno povezanih, djelomično perforiranih cijevi koje se ugrađuju u tlo oko iskopa koji treba štiti od prodiranja vode. Iglofilteri se ugrađuju relativno brzo i jednostavno, a imaju relativno veliku moć isisavanja vode iz tla. Efikasni su u širokom rasponu materijala tla, uz određene prilagodbe izvedbe ovisno o vrsti tla u kojem se izvode.

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu sustava iglofiltera na međusobno pravilnim, proračunom dokazanim udaljenostima koji su na vrhu povezani u naglavnu cijev preko koje se vrši crpljenje vode. Rad obuhvaća ugradnju samih iglofiltera sa svim potrebnim elementima, izvedbu naglavne cijevi, te spajanje iglofiltera s naglavnim cijevima. Rad obuhvaća i crpljenje vode tijekom izvedbe radova na iskopima te, po potrebi, nakon izvedbe radova na iskopima. Rad mora biti obavljen u potpunosti u skladu s projektom, zahtjevima nadzornog inženjera i ovim OTU-ima.

Opis izvođenja radova

Prema shemi ugradnje danoj u projektu, niz iglofiltera ugrađuje se neposredno uz vanjski rub iskopa. Shema ugradnje iglofiltera je ili linijska ili pravokutna gdje su iglofilteri na projektiranom razmaku, ovisno o vrsti temeljnog tla i o visini sniženja podzemne vode.

Radovi na izvedbi iglofilterskog sustava obuhvaćaju sljedeće faze:

- izvedba naglavne cijevi iglofilterskog sustava
- ugradnja iglofiltera na projektom definiranom razmaku

- spajanje iglofiltera s naglavnom cijevi fleksibilnim crijevom
- spajanje naglavne cijevi na usisnu crpku
- crpljenje vode van zone iskopa.

a) Izvedba naglavne cijevi

Prvo se izvodi naglavna cijev prema pozicijama i visinama definiranim projektom. Naglavna cijev je uobičajeno promjera 15 do 25 cm i rađena je od PVC-a ili PEHD-a ili je od nehrđajućeg čelika, ovisno o načinu ugradnje samih iglofiltera. Standardna cijevi ima oko 1 otvor (ako se radi u vrlo saturiranim uvjetima mogu biti i dva otvora) na 1 m' cijevi, koji služe kao mjesta spajanja iglofiltera.

Zatim slijedi spajanje naglavne cijevi s fleksibilnim spojnim cijevima iglofiltera i to prema razmacima definiranim projektom, pri čemu je potrebno osigurati nepropusnost spoja na vodu i zrak kako bi se osiguralo učinkovito crpljenje vode u fazi eksploatacije. Fleksibilna spojna cijev je prozirna kako bi se tijekom crpljenja mogla izvršiti vizualna inspekcija crpljenog medija.

b) Ugradnja iglofiltera

Slijedi najosjetljiviji dio izvedbe u vidu ugradnje iglofiltera. Iglofilter se sastoji od perforirane plastične ili metalne cijevi duljine 60 – 120 cm i promjera 5 – 10 cm, zašiljene na dnu, a iznad šiljka nalazi se perforirani dio cijevi duljine 0,5 m do 1,0 m. Iznad perforiranog dijela cijevi nalazi se nastavak u vidu cijevi kojom se iglofilter spaja na savitljivo crijevo a time i na naglavnu cijev. Postavljena naglavna cijev uglavnom služi kao vodilja za ugradnju iglofiltera.

Prije ugradnje iglofiltera, izvođač bi trebao očistiti površinu tla od humusa i nečistoća. Ovo se najefikasnije postiže iskopom rova duž planiranog rastera ugradnje iglofiltera ili primjenom svrdla s bušenjem kroz površinski sloj.

Iglofilteri najčešće se ugrađuju mlaznim postupkom. Mlazna ugradnja obuhvaća dvije varijante:

- "samo" ugradnju iglofiltera gdje se mlaz vode pušta kroz sami iglofilter čime se formira bušotina nepravilne konture u koju se po potrebi ugrađuje filterski materijal
- mlazna ugradnja zaštitne kolone, nakon čega se iglofilter postavlja u formiranu bušotinu i zasipa se filterskim materijalom.

Prilikom "samo"- mlazne ugradnje, iglofilter se spaja na čelični nastavak koji se dizalicom ili ručno postavlja u vertikalni položaj te se uključi mlaz vode. Ugradnja iglofiltera mlaznim postupkom odvija se pod djelovanjem koncentriranog mlaza vode koji se dovodi od naglavne cijevi kroz savitljivu cijev. Iglofilteri na vrhu imaju mlaznice (rupice) kroz koje prolazi voda pod visokim tlakom čime omogućava ugradnju mlaznim postupkom. U srednjim do finim pijescima tlak vode potreban za ugradnju iznosi oko 3-4 bara, dok je u krupnijim pijescima i šljuncima, potrebno značajno više vode i veći tlakovi, 8-9 bara da bi se iznijele teže čestice. Iglofilter polagano tone u tlo te se polagano diže i spušta tijekom ugradnje da bi se osiguralo da su sitniji pijesak i nečistoće uklonjeni iz bušotine nepravilne konture koja se formira pod djelovanjem mlaza vode. Mlaz razbija veze čestica tla i stvara gustu suspenziju koja uslijed djelovanja tlaka vode izlazi k površini terena. Bušotina je promjera 20 do 60 cm. Izvođač posebnu pažnju treba posvetiti cirkulaciji vode (da se osigura povrat mlazne vode do površine), te da ne dođe do smrzavanja vrha iglofiltera prije nego li dosegne svoju u projektiranu dubinu. Da bi se povećala učinkovitost ili spriječila infiltracija sitnijih čestica tijekom crpljenja vode u sitnozrnim tlima, oko postavljenog iglofiltera ugrađuje se filterski sloj. Ovakva, "samo"-mlazna ugradnja, podrazumijeva primjenu podižuće krute cijevi od galvaniziranog čelika dok je sami iglofilter od nehrđajućeg čelika. Kod ovakve ugradnje naglavna cijev je od nehrđajućeg čelika.

Drugi način mlazne ugradnje, podrazumijeva primjenu mlaznih zaštitnih kolona (promjera 10 do 15 cm, debljine stijenke 4 do 5 mm) koja se ugrađuje na sličan način kao i "samo"- ugrađeni iglofilter, sve u cilju formiranja bušotine u koju se smješta iglofilter i materijal filtera. Ova kolona može se opremiti pomičnom kapom na vrhu kroz koju se upuštaju zrak i voda. Kolona se mlazno ugrađuje u tlo s povratom zraka i vode duž vanjskog dijela cijevi. Pritisci mlazne ugradnje cijevi su oko 8-9 bara, a u slučaju nailaska na tlo veće otpornosti, cijev se mora podići dizalicom i baciti

da probije i penetrira do tražene dubine. Nakon što se zaštitna cijev ugradi do dubine od 0,5 m do 1,0 m ispod dubine samog iglofiltera, mlaznim postupkom se ispiru unutarnji dio cijevi dok se ne pojavi čista i bistra voda. Iglofilter se pozicionira unutar cijevi i pješčani filter postavlja se oko iglofiltera, dok se zaštitna cijev polagano izvlači. Ovakva mlazna ugradnja pomoću zaštitne cijevi, podrazumijeva primjenu podižuće cijevi od PVC-a ili čelika dok je i sami iglofilter od PVC-a. Kod ovakve ugradnje naglavna cijev je od PVC-a.

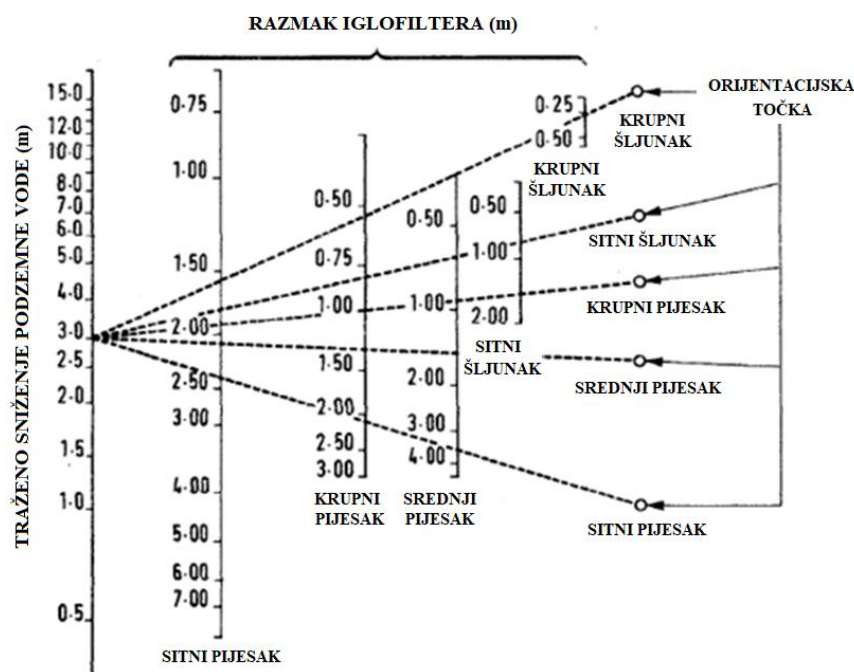
U oba slučaja mlazne ugradnje, izvođač mora pažljivo centrirati iglofilter unutar bušotine tako da je u potpunosti omeđen filterskim materijalom. Kao filterski materijal potrebno je koristiti srednji do krupni pijesak granulacije sukladno tablici 12-00.5.1-1 ovih OTU-a. U pojedinim slučajevima, projektom se mora obuhvatiti pažljivi odabir gradacije filterskog materijala. Filterski sloj, osim filtracije, omogućuje i vertikalni tok vode.

Pri izvedbi u glineno-prahovitim ili prahovitim tlima, u gornjih 0,6 m do 0,9 m bušotine se izvodi glineni čep koji pomaže održati veće pritiske usisa (vakum).

Svaki iglofilter treba otprilike 1 do 1,5 m³ vode za ugradnju (iako može biti i u rasponu od 0,5 do čak 35 m³ ako se vrši ugradnja u riječnim šljunicma), pri čemu je podižuća cijev duljine oko 6 m, a po potrebi može biti i duža.

Prosječno se postupkom mlazne ugradnje, dnevno može ugraditi oko 50 iglofiltera. U idealnim uvjetima, kada se ugrađuju u čiste pijeske, broj ugrađenih iglofiltera dnevno može iznositi i oko 100. Problemi se mogu pojaviti ako se tlo sadrži proslojke vrlo propusnih materijala jer tada voda pod tlakom brzo nestaje u tim zonama.

Izdašnost iglofiltera promjera 5 cm s filterskim slojem promjera 20 cm će iznositi oko 1 l/s u čistim pijescima i šljuncima do 0,2 l/s u finim pijescima. Iglofilteri se obično ugrađuju na razmaku 0,75 m do 3 m i najefikasniji su kada se primjenjuju u pješčanim tlima. Ako se primjenjuju u šljunčanim tlima, razmak između iglofiltera treba biti znatno manji pa cijeli sustav postaje nepraktičan. U cilju odabiranja optimalnog razmaka iglofiltera, mogu poslužiti i nomogrami koji se mogu pronaći u literaturi, kao što je primjerice nomogram za razmak iglofiltera pri ugradnji u pijesku i šljunku, dan na slici 12-07.4-1.



Slika 12-07.4-1 Nomogram za ugradnju iglofiltera u pijesku i šljunku

Osim mlaznom metodom, iglofilteri se mogu ugraditi i metodom utiskivanja i to u slučaju ako nije potrebna ugradnja filterskog zasipa. Mogućnost ugradnje iglofiltera utiskivanjem treba procijeniti izvođač na temelju geoloških i geotehničkih uvjeta u temeljnom tlu.

Odabir načina ugradnje iglofiltera treba odobriti nadzorni inženjer.

Uslijed crpljenja vode, ispod svakog iglofiltera nastaje stožasti (konusni) oblik razine podzemne vode. Iglofilteri bi se trebali nalaziti na takvom razmaku da pri snižavanju razine vode, ona bude od 0,5 do 1 m ispod razine iskopa. S obzirom da sustav iglofiltera udaljava razinu podzemne vode od pokosa iskopa, tada oni mogu biti i strmiji jer će posmična čvrstoća tla biti veća.

Sniženje vode je ograničeno na oko 5 do 6 m ispod razine crpljenja iglofiltera. Razina podzemne vode može se spustiti najviše do oko 5,5 m ispod razine naglavne cijevi, dok je u nekim tlima ograničenje do oko 3 - 4 m. Ako su dubine iskopa veće od ovih dubina, a u cilju snižavanja razine vode ispod kote konačnog iskopa, instaliraju se iglofilteri u više razina, na berme iskopa. Na svakoj bermi je potrebno imati novi sustav s naglavnom cijevi i crpkama.

Moguća je ugradnja i tzv. eductor sustava koji je sličan sustavu iglofiltera, samo umjesto vakumske crpke za crpljenje vode koristi vodu pod visokim tlakom i dizajuće cijevi promjera 30 – 40 mm. Voda pod visokim tlakom upušta se kroz tzv. Venturi cijev koja se nalazi iznad perforiranog dijela iglofiltera. Ovim se stvara sniženje tlaka uslijed čega se podzemna voda počinje kretati prema dizajućoj cijevi. Prednost ovakvog sustava je u činjenici da omogućuje rad velikog broja iglofiltera sa samo jednom crpkom i što se razina podzemne vode može sniziti od 10 do čak 45 metara. Metoda postaje ekonomična u slojevima s niskom vodopropusnosti.

c) Spajanje iglofiltera s naglavnom cijevi i crpljenje vode

Prije nego li se iglofilter spoji s naglavnom cijevi, potrebno ga je isprati, a sve spojeve iglofiltera s naglavnom cijevi napraviti vodonepropusnima i zrakonepropusnima da bi se mogao postići projektom traženi vakum. Svako propuštanje vode, ma koliko malo bilo, mora se sanirati brtvom predviđenom za tu svrhu. Svaki iglofilter mora posjedovati ispravan ventil tako da se svaki iglofilter može (privremeno) isključiti ili priključiti mreži.

Jedan kraj naglavne cijevi spojen je na vakumsku crpku pomoću koje se voda crpi. Ove crpke imaju dvostruku ulogu, odnosno način rada. Kao prvo, tlače vodu pod visokim pritiskom (3 do 10 bara) u iglofiltere čime se olakšava njihovo utiskivanje u tlo uslijed ispiranja materijala oko vrha filtera. Osim toga, one crpe vodu iz iglofiltera kada se oni postave na traženu dubinu u svrhu za koju su namijenjeni. Crpke su, dakle dvostrukog načina rada – potiskivajućeg i usisnog. Zbog toga su iglofilteri između ostalog opskrbljeni pri dnu (ili na kraju vrha kojima prodiru u tlu) posebno građenim zasunom koji se otvara kod utiskivanja, a zatvara kod usisavanja vode. Da bi se postigao najveći mogući vakum, usisni dio crpke bi se trebao postaviti u razinu s naglavnom gredom.

Za samu crpku izvođač mora osigurati suhu i čvrstu podlogu, koja se sama drenira, tako da u toku rada neće postati blatnjava i nepristupačna.

Nakon što se sustav iglofiltera ugradi i počne s radom, većina sitnijih čestica proći će kroz sustav u prvih 20-ak minuta od početka crpljenja, a za cca 4 sata će se voda razbistriti. Sitne čestice će se svaki put pojavljivati prilikom ponovnog početka rada crpke. Potrebno je stalno pratiti vakum povezan s crpkom. Ukoliko se primijete bilo kakva odstupanja, to ukazuje na problem s iglofilterima. Problem se rješava pražnjenjem iglofiltera ili podešavanjem ventila.

Može se koristiti jedna crpka ili više njih, ovisno o potrebama ugrađenog sustava. Ako se koristi više crpki, iste moraju biti razmahnute duž naglavne cijevi ili se mogu grupirati u jednu crpnu stanicu. Broj iglofiltera koji mogu biti povezani na crpku je do najviše 60.

Testiranje i vrednovanje uspješnosti ugrađenog sustava iglofiltera svakako se preporuča jer je praktički nemoguće u projektnoj fazi poznavati točne vrijednosti propusnosti temeljnog tla, kao ni radijus utjecaja iglofiltera.

Kada se iglofilteri ugrade, važno je osigurati da su iste duljine i da im je perforirani dio cijevi na istoj razini da bi se izbjeglo neravnomjerno spuštanje vode u fazi crpljenja. Time bi se posljedično mogao omogućiti ulaz zraka u sustav i smanjenje ukupne učinkovitosti sustava.

Nakon primjene, sustav iglofiltera se nakon korištenja vadi iz tla i može se ponovo koristiti na drugoj lokaciji.

Način preuzimanja radova

Prije početka radova i tijekom radova nadzorni inženjer kontrolira radove o čemu vodi evidenciju.

Tijekom ugradnje iglofiltera, izvođač mora voditi dnevnik ugradnje vezan za stanje tla u kojem se ugrađuju. Ako se tlo sastoji od izmjene propusnih i nepropusnih slojeva, može se tijekom izvedbe razmotriti povećanje promjera bušotine oko iglofiltera da bi se pospješilo presretanje vode u vodnosnim slojevima.

Bilo kakva promjena tijekom izvođenja radova mora biti odobrena od strane nadzornog inženjera, a potkrijepljena navedenim dnevnikom ugradnje. Bilo kakve promjene u promjeru bušotine ili duljini ugrađenih iglofiltera moraju biti potkrepljeni dnevnikom izvedbe iglofiltera vođenom od strane izvođača.

Nakon završetka radova na ugradnji naglavnih greda, iglofiltera, svih spojeva, nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova te usklađenost s projektom. Radovi se mogu smatrati provedenima tek nakon završetka i vrednovanja sustava, probnim crpljenjem.

Obračun radova

Obračun radova za izradu iglofiltera u pravilu se obavlja na osnovu projektnog troškovnika i izvedenih količina evidentiranih u građevinskom dnevniku. Obračun se vrši po m' ugrađenih iglofiltera. U cijenu su uključeni i radovi na izvedbi naglavne grede, svih spojeva, i crpke s ispuhom, kao i sva testiranja sustava prije njegovog puštanja u pogon.

Razne prepreke navedene u ovom poglavlju ne priznaju se posebno, s iznimkom slučajeva koji zahtijevaju visoke dodatne troškove (npr. pojava nepredviđenih uvjeta u temeljnom tlu koji značajnu utječu na projektno rješenje). Za te i slične nepredviđene radove potrebna je prethodna suglasnost nadzornog inženjera.

12-07.5 SUSTAV BUNARA

Kod visokih razina podzemne vode u odnosu na dno iskopa, kao i kod većih dotoka vode u područje iskopa, mogu se za zaštitu od prodiranja vode primijeniti bunari. Izvode se od perforirane cijevi oko koje se postavlja filterski materijal, a crpljenje se vrši potopljenim crpkama.

Bunari se koriste u rasponu tala od šljunaka od prašinstih pijesaka, kao i u stijenskim masama koje imaju svojstva vodonosnika. Primjenjuju se i kada postoji moćan vodonosni sloj ispod kote dna iskopa. Prioritetno se koriste kod dubokih iskopa. S obzirom da mogu crpiti velike količine, primjenu su našli u vrlo propusnim tlima gdje je korištenje iglofiltera neekonomično. S obzirom da im je instalacija skuplja nego kod iglofiltera, koriste se u slučajevima gdje se planira sniženje razine vode u trajanju i po nekoliko mjeseci.

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu bunara na proračunom određenim pozicijama i dubinama, te proračunom određenim promjerima. Rad obuhvaća ugradnju bunara sa svim potrebnim elementima, testiranje i vrednovanje rada bunara kao i crpljenje vode tijekom izvedbe radova na iskopima te, po potrebi, nakon izvedbe radova na iskopima. Rad mora biti obavljen u potpunosti u skladu s projektom, zahtjevima nadzornog inženjera i ovim OTU-ima.

Opis izvođenja radova

U pravilu se bunari ugrađuju oko samog iskopa gdje ne smetaju samim radovima iskopa, međutim u slučaju potrebe crpljenja većih dotoka ili kod iskopa većih tlocrtnih dimenzija, mogu se bunari ugraditi i unutar samog iskopa.

Za projektiranje sustava bunara, odnosno određivanje njegovog položaja, dubine, promjera itd. koriste se podatci iz geotehničkih, geoloških i hidrogeoloških istražnih radova. Međutim, s obzirom da je projektiranje bunara u pravilu opterećeno većim brojem pretpostavki, preporuka je da se prvi bunar iskoristi kao pokusni i da se na njemu uradi test probnog crpljenja, sukladno normi HRN EN ISO 22282-4. Probno crpljenje će dati precizniju informaciju o svojstvima vodopropusnosti tla, a moći će se dati i preliminarna ocjena utjecaja crpljenja na okolno područje.

Bunari se uobičajeno smještaju na međusobnom razmaku od 10 do 50 m, ovisno o propusnosti tla i varijabilnosti slojeva tla, geometriji iskopa, vremenu potrebnom da bi se postiglo traženo sniženje, kao i učincima sniženja vode koji utječu na slijeganje okolnog tla.

Radovi na izvedbi bunara obuhvaćaju sljedeće faze:

- bušenje bušotine uz ugradnju zaštitne kolone
- iskop tla iz bušotine / kolone
- ugradnja bunarske cijevi
- zasipavanje filterskim slojem na perforiranom dijelu cijevi i nepropusnim materijalom iznad perforiranog dijela cijevi
- zaštita glave bunara
- osvajanje bunara i crpljenje.

a) Bušenje bušotine i ugradnja zaštitne kolone

Način bušenja ovisi o materijalu u kojem se buši te o profilu i dubini bušenja, a propisan je projektom. Tijekom bušenja ne smije doći do pojave zaglinjenja, zbijanja ili značajnijih razrahljenja tla u zoni bušotine.

Duboki bunari najčešće se ugrađuju metodom rotacijskog bušenja, a moguća je i ugradnja zabijanjem ili mlaznim postupkom. Bunarska se bušotina izvodi strojnim bušačim garniturama.

Bušotina se izvodi paralelno s ugradnjom zaštitne kolone do dubine koja je veća od dubine do koje se želi sniziti razina podzemne vode, a promjer zaštitne kolone je oko 150 – 200 mm veći od unutarnje kolone koja se dimenzionira na način da se u nju može smjestiti potopljena crpka.

Sama bušotina trebala bi biti nešto dublja od unutarnje cijevi čime će se omogućiti prostor za otpadni filterski materijal u fazi crpljenja, dok bi ukupna dubina bunara trebala u biti definirana projektom. U pravilu dubina bunara mora biti bar dvostruko veća od tražene razine sniženja vode, dok je u sitnozrnim materijalima ta dubina još i veća radi "strmije" krivulje sniženja vode.

Uobičajeni promjeri same kolone iznose od 300 do 800 mm, a materijal kolone je čelik.

Kod metode rotacijskog bušenja, veličina promjera krune za bušenje, odnosno promjer svrdla je definiran promjerom same kolone i debljinom filterskog sloja koji se postavlja između zaštitne vanjske kolone i unutarnje kolone. Bušotina za duboki bunar trebala bi biti vertikalna tako da omogućiti pravilnu i centriranu ugradnju zaštitne kolone i unutarnje cijevi.

Stabilnost bušotine osigurana je silama procjeđivanja vode gdje dolazi do stvaranja tankog filma sitnozrnog tla koji se formira na stijenkama bušotine. Ovakvo procjeđivanje vode je osigurano ako se tijekom izvedbe osigura razina vode u bušotini bar 2 m iznad razine podzemne vode. Ako je razina vode toliko visoka da se tijekom bušenja ne može održati potrebna razlika u razini između vode u bušotini i podzemne vode, tada izvođač mora izvesti radni plato odgovarajuće visine iznad površine terena. Za stalno održavanje navedene visinske razlike, izvođač mora osigurati dovoljnu količinu čiste vode. Potrošnja vode ovisi o količini vode koja će se infiltrirati u podzemlje i koja, ovisno o sastavu tla, može biti vrlo promjenjiva. Zbog toga izvođač mora u svakom trenutku imati dovoljne količine vode u pričuvi. Sve štete proizašle iz nedovoljne visinske razlike vode u bunaru i podzemne vode, padaju na teret izvođača.

Tijekom bušenja, izvođač ne smije koristiti bentonitnu isplaku za stabilizaciju bušotine (kako je navedeno primjerice kod izvedbe bušenih pilota u potpoglavlju '12-01.2.1 Bušeni piloti (piloti bez razmicanja tla)', da bi se izbjeglo geliranje filtera i vodonosnika u blizini samog bunara.

Ako se pak izvođenje bunara provodi u čistim pijescima, određena količina praha treba se dodati vodi korištenoj za bušenje kako bi se zadržala tražena razina zablacenosti, otprilike 3000 ppm (čestica na milijun). Sabirno okno na površini trebalo bi biti dovoljno veliko da dozvoli slijeganje pijeska, ali i dovoljno malo da se prah zadrži u suspenziji.

b) Iskop tla

Nakon bušenja i ugradnje zaštitne kolone, slijedi iskop tla mlaznim postupkom ili svrdlom. Tijekom uklanjanja mlaznim postupkom, tlo se uklanja tokom vode koja cirkulira od površine terena niz bušotinu te povratno duž vanjskog dijela cijevi bušilice. Nakon povrata na površinu, voda pomiješana s tlom, cirkulirana pomoću centrifugalne ili mlazne eduktor crpke i skuplja se u sabirnom bazenu.

Prije početka bušenja, izvođač mora u neposrednoj blizini lokacije budućeg bunara izvesti bazene za vodu i za taloženje nabušenog materijala. Volumen bazena za taloženje iskopanog materijala mora biti najmanje tri puta veći od volumena materijala iz bušotine.

c) Ugradnja bunarske cijevi

Nakon izvedbe bušotine i ugradnje vanjske zaštitne kolone, slijedi ugradnja unutarnje bunarske čelične ili PVC cijevi (uobičajenog promjera 10 – 15 cm), koja se sastoji od tri osnovna dijela:

- taložnik
- perforirani dio cijevi i
- neperforirani dio cijevi (iznad perforiranog).

Bunarska cijev je perforirana u cilju primanja podzemne vode, osim na donjih 1 m gdje je neperforirana i služi kao taložnik u koje se skuplja materijal koji prođe kroz filter.

Ugrađeni materijali moraju biti otporni na koroziju pa se zbog toga čelične bunarske cijevi moraju prije ugradnje zaštititi odgovarajućim antikorozivnim premazima sukladno normi HRN EN 1090.

Taložnik je donji dio bunara izrađen na dnu od zatvorene cijevi koja je od istog materijala i istog promjera kao i ostali dijelovi bunarske cijevi. Dužine taložnika određene su projektom ili odlukom nadzornog inženjera, ali ne mogu biti manje od navedenih 1 m za privremene bunare. Ako bunari imaju trajniji karakter, taložnik ne bi trebao biti kraći od 5 m.

Filterski dio bunarske cijevi perforiran je, gdje je veličina otvora perforiranog dijela definirana gradacijom materijala temeljnog tla i filterskog zasipa. Otvori na perforiranom dijelu bi trebali biti što je moguće veći, ali opet dovoljno mali da limitiraju ulazak sitnih čestica. Generalno veličina otvora bi trebala biti manja ili jednaka 50% veličine zrna filtera. Uobičajeno, perforirani otvori su širine 1,5 mm do 2,5 mm i duljine od oko 15 cm. Izvođač ima pravo predložiti nadzornom inženjeru dobavu i ugradnju i drugih tipova filtra, ali samo ako su boljih svojstava, i za navedeno mora dobiti suglasnost nadzornog inženjera. Nadzorni inženjer pak ima pravo zahtijevati da izvođač kontrolira i laboratorijski ispita materijal vodonosnog sloja u koji se ugrađuje filterski dio bunara.

Nad-filterska zaštitna cijev izvodi se promjera i dužine određene projektom ili odlukom nadzornog inženjera. Spajanje nad-filterske cijevi izvodi se na gradilištu, a u svemu prema projektu ili zahtjevima nadzornog inženjera.

Da bi se osigurao centrični i vertikalni položaj unutar bušotine, na bunarsku cijev se mogu navariti distanceri.

d) Zasipavanje u zoni filtera i iznad njega

Projektom je potrebno definirati i filterski zasip kako, prilikom korištenja bunara, ne bi došlo do ispiranja sitnih čestica tla. Isti se ugrađuje oko perforiranog dijela cijevi do visine od 1,5 m do 3,0 m iznad vrha perforiranog dijela cijevi. Nadzorni inženjer ima pravo korigirati debljinu zasipa određenu projektom. Zasip ne smije sadržavati primjese organskih materija te se tolerira najviše 0,5 % organskih materijala.

Većinom se kao materijal zasipa može koristiti jednoliko graduirani pijesak s $D_{90} / D_{10} \leq 3$ do 4, pri čemu je D_{90} je promjer sita kroz koji prolazi 90% ukupne količine uzorka, a D_{10} je promjer sita kroz koji prolazi 10% ukupne količine uzorka.

Ugradnja zasipa mora biti pažljiva kako bi se izbjegla segregacija i veliki skokovi u visini izvedenog zasipa. Povremeno izvođač treba kontrolirati visinu do koje je izveo zasip, a to se može napraviti primjenom odgovarajuće teškog viska ili šipke i to u tri do četiri točke.

Nakon ugradnje zasipa slijedi izvlačenje vanjske zaštitne kolone.

Preostali dio bunarske cijevi, nad-filterski dio, u pravilu se zasipa (brtvi) slabopropusnim glinenim materijalom ili cementnom smjesom. Ako se ugrađuje glineni materijal, ugradnja se mora vršiti pažljivo, uz dobro nabijanje kako bi se izbjegle slabo zbijene zone. Glineno - cementna smjesa se ugrađuje utiskivanjem kroz za tu svrhu posebno postavljene cijevi.

U zoni površine terena postavlja se obujmica na bunarsku cijev koja se kasnije ubetonira u betonski blok.

e) Zaštita glave bunara

Bunar mora biti na površini terena zaštićen na primjeren način. Treba izvesti betonski blok ukopan najmanje 40 cm ispod površine terena, odnosno ukupne visine ne manje od 50 cm. Tlocrtna dimenzije su ovisne o promjeru bunarske cijevi, a određen su projektom ili odlukom nadzornog inženjera. Bunarska cijev mora biti zatvorena odgovarajućom čeličnom kapom te poklopcem osiguranim lokotom.

f) Osvajanje bunara i crpljenje

Po završetku ugradnje bunara treba izvršiti njegovo osvajanje kako bi se zasip i prirodno tlo u zoni bunara očistili od sitnih čestica. Rezultat ovog postupka mora biti protjecanje vode prema bunaru uz najmanje moguće otpore te bitno smanjenje količina sitnih čestica koje bi se unosile u bunar tijekom crpljenja.

Potopljena crpka ugrađuje se ispod snižene razine vode u bunaru, ali iznad samog preforiranog dijela cijevi. Početne količine vode koje se crpe su i do dva puta veća od količina koje će se crpiti kada se uspostavi ravnoteža. Bilo kakvo odgađanje osvajanja bunara može rezultirati smanjenom učinkovitošću bunara u odnosu na projektom pretpostavljenu.

Osvajanje bunara može se povoditi tzv. airliftom, crpkom za vodu ili nekim drugim odgovarajućim priznatim načinima. Crpljenje bi trebalo obuhvatiti projektne količine u trajanju od 30 minuta do nekoliko sati s periodičnim mjerenjem crpljene količine, sniženja vode u bunaru, dubine pijeska na dnu bunara i količine pijeska na ispustu. Vrednovanje učinkovitosti filtera provodi se mjerenjem akumulacije pijeska na dnu bunara i na ispustu, a razvoj bunara i crpljenje se treba nastaviti dok količina infiltriranog pijeska bude manja od 5 do 10 ppm (čestica na milijun).

Na izlasku iz bunara potrebno je postaviti manometar (za mjerenje pritiska) i zatvarač za regulaciju.

"Precrpljivanje bunara" (neracionalno povećanje brzine dreniranja u cilju skraćenja procesa spuštanja razine podzemne vode) česta je pojava kod njihove eksploatacije i može imati negativne posljedice.

Bunari se često koriste u kombinaciji s vakumskim sustavom u cilju snižavanja podzemne vode pri izvođenju manjih, ali dubokih iskopa u tunelogradnji, izvođenju okna, kesona. Dodavanje vakuma povećat će hidraulički gradijent prema bunaru, a pri tome treba paziti da je vakumski kapacitet dostatan za učinkovito djelovanje sustava. Bunari kod kojih treba održavati vakum, zahtijevaju ugradnju brtve oko podižuće cijevi do dubine od 3 do 15 m mjereno od površine tla. Brtva se izvodi od zbijene kompaktne gline, neskupljajuće injekcijske smjese ili betona, bentonitnog blata, ili od površinske kolone začepjene na vrhu. Nepravilno postavljanje ove brtve onemogućit će zadovoljavajući vakum u sustavu koji je predviđen projektom.

Način preuzimanja radova

Prije početka radova i tijekom radova nadzorni inženjer kontrolira radove o čemu vodi evidenciju.

Tijekom ugradnje bunara izvođač mora voditi dnevnik ugradnje vezan za stanje tla u kojem se bunar ugrađuje.

Bilo kakva promjena tijekom izvođenja radova mora biti odobrena od strane nadzornog inženjera, a potkrijepljena navedenim dnevnikom ugradnje. Bilo kakve promjene u promjeru bušotine ili dubini izvedenog bunara moraju biti potkrijepljeni dnevnikom izvedbe bunara vođenom od strane izvođača.

Nakon završetka radova na ugradnji bunara nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova te usklađenost s projektom. Radovi se mogu smatrati provedenima tek nakon završetka i vrednovanja sustava probnim crpljenjem.

Obračun radova

Obračun radova za izradu bunara u pravilu se obavlja na osnovi projektnog troškovnika i izvedenih količina evidentiranih u građevinskom dnevniku. Obračun se vrši po m' ugrađenih bunara. U cijenu su uključeni i radovi na izvedbi bušenja s zaštitnom kolonom, iskopa tla, dobavi i ugradnji bunarske cijevi (sa svim dijelovima), ugradnji zasipa, glineno-cementnog tampona, površinskog betonskog bloka i čelične kape s poklopcem i lokotom. U cijenu je uključeno i osvajanje bunara sa svim ispitivanjima, kao i crpljenje tijekom radova na iskopu.

Razne prepreke navedene u ovom poglavlju ne priznaju se posebno, s iznimkom slučajeva koji zahtijevaju visoke dodatne troškove (npr. pojava nepredviđenih uvjeta u temeljnom tlu koji značajnu utječu na projektno rješenje). Za te i slične nepredviđene radove potrebna je prethodna suglasnost nadzornog inženjera.

12-07.6 ELEKTRO-OSMOZA

Općenito

Elektro – osmoza podrazumijeva prisilno pomicanje podzemne vode od jedne elektrode prema drugoj uslijed primijenjenog električnog potencijala u zasićenim materijalima. Smanjenjem pornih tlakova dolazi do povećanja posmične čvrstoće, ali se u isto vrijeme pH vrijednost tla povećava. Metoda se uspješno primjenjuje za stabilizaciju prašinih glina i prahova.

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu elemenata sustava elektro-osmoze na proračunom određenim pozicijama, kao i proračunom određenim dimenzijama elemenata sustava. Rad obuhvaća ugradnju sa svim potrebnim elementima, testiranje i vrednovanje rada sustava kao i crpljenje vode tijekom izvedbe radova na iskopima te, po potrebi, nakon izvedbe radova na iskopima. Rad mora biti obavljen u potpunosti u skladu s projektom, zahtjevima nadzornog inženjera i ovih OTU-a.

Opis izvođenja radova

Ako se negativna elektroda (katoda) projektira kao drenažni bunar, tada će porna voda teći prema njoj, odakle se može crpiti vakuumom ili 'eductor' sustavom.

Katodni bunari mogu se izvesti na nekoliko načina. Oni se uobičajeno sastoje od metalnih šipki ili kolona koji se ponašaju kao katode, a oko njih se postavljaju odgovarajući filteri koji omogućuju ulaz vode.

Anode su armaturne šipke ili aluminijske šipke. Voda se crpi 'eduktor' sustavom - naglavna cijev je spojena na opskrbu vodom pod visokim tlakom, a Venturi usisom se crpi voda iz bunara. Duljina trajanja nametanja razlike potencijala kao i vrijednost veličine nametnute razlike potencijala su ovisni o vrsti tla i traženom stupnju poboljšanja.

U praksi, na temelju provedenih snižavanja razine podzemne vode, te vrijednosti variraju od 6 volt/metara pri 4 ampera u trajanju od 15 dana do 65 V/m pri 250 A u trajanju od 4 mjeseca.

Izravna struja također se može koristiti i za kretanje različitih otopina kroz tlo, tada se proces naziva elektro-kemijskim injektiranjem te se može primijeniti u prašinih tlima kao zamjena za injektiranje. Kemijski stabilizatori se od anode pronose u tlu do katode pri čemu se koristi električni gradijent od 50-1000 V/m. Elektro-kemijska stabilizacija ne bi se smjela primjenivati kada je električna provodljivost tla visoka. Metoda je poprilično skupa i opravdano ju je koristiti samo u posebnim slučajevima.

Način preuzimanja radova

Prije početka radova i tijekom radova nadzorni inženjer provjerava radove o čemu vodi evidenciju.

Tijekom ugradnje elemenata sustava elektro-osmoze, izvođač mora voditi dnevnik ugradnje vezan za stanje tla u kojem se sustav ugrađuje.

Bilo kakva promjena tijekom izvođenja radova mora biti odobrena od strane nadzornog inženjera, a potkrijepljena navedenim dnevnikom ugradnje.

Nakon završetka radova na ugradnji sustava elektro-osmoze nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova te usklađenost s projektom.

Obračun radova

Obračun radova za izradu sustava elektro-osmoze vrši se po metru dužnom (m') ugrađenih anodnih elemenata, te zasebno po metru dužnom (m') ugrađenih katodnih elemenata. U cijenu su uključena sva testiranja i ocjena rada sustava kao i crpljenje vode tijekom izvedbe radova na iskopima.

12-07.7 RADOVI NA VODONEPROPUSNIM ZAVJESAMA

U posebno složenim slučajevima za veće površine iskopa i za slučaj vrlo propusnog tla, može se izvesti vodonepropusna građevina kao zaštita građevinske jame, ako je nepropusna podloga na građevinski dohvatljivoj dubini i ako zaštita treba biti dugotrajna ili čak trajna.

Kao vodonepropusna građevina može se koristiti glinobetonska dijafragma, armiranobetonska dijafragma ili pilotna stijena, vododržive čelične platice i žmurje, zavjese oblikovane injektiranjem tla te zavjese formirane smrzavanjem tla.

Nakon izvedbe ovakvog sustava, voda koja se procijedi kroz sami sustavi ili kroz dno iskopa trebat će se crpiti sustavom drenažnih rovova i sabirnih okana, a u slučaju većih dotoka vodonepropusne zavjese će se koristiti u sprezi sa sustavom iglofiltera ili sustavom bunara.

12-07.7.1 Vodonepropusne armiranobetonske i glinobetonske dijafragme ili pilotne stijene

Opis rada, način izvođenja rada, kontrola kvalitete i obračun rada su u svemu jednaki s danim u potpoglavlju '12-04.2 Armiranobetonske i glinobetonske dijafragme' ovih OTU-a, ako se izvodi kontinuirana armiranobetonska ili glinobetonska dijafragma, odnosno u skladu s potpoglavljem '12-04.4 Pilotne stijene' ovih OTU-a, ako se radi o izvedbi pilotne stijene. Ovakve se građevine mogu koristiti i za zaštitu vodoopkrbnih, zaštićenih područja kao zaštite od zagađenja iz okoliša. Mogu se koristiti i kao zaštite okoliša od štetnog djelovanja raznih vrsta odlagališta.

12-07.7.2 Vodonepropusno žmurje

Opis rada, način izvođenja rada, kontrola kvalitete i obračun rada su u svemu jednaki s danim u potpoglavlju '12-04.3. Zabijeni čelični profili i čelično žmurje' ovih OTU-a.

Dodatni zahtjevi koji se postavljaju na žmurje, ako se želi osigurati njegova vodonepropusnost, uključuju brtvljenje spojeva kroz koje se može očekivati procjeđivanje podzemne vode. Različiti sustavi brtvljenja čeličnog žmurja u pravilu su dani od strane proizvođača gdje se u korelaciju stavljaju vrijednosti vodopropusnosti spojeva talpi i različite tehnologije brtvljenja, i to sve pri različitim pornim pritiscima podzemne vode.

Kao vodonepropusna zavjesa, osim standardnog čeličnog žmurja, mogu se koristiti i plastične PVC talpe. Primjena PVC talpi treba biti u skladu s tehničkom dokumentacijom koja je u skladu s važećim zakonima i normama, a sama ugradnja PVC talpi treba biti u skladu s projektnim smjernicama i preporukama proizvođača. Materijali trebaju biti po svemu u skladu s normom DIN 16941. Način ugradnje ovih talpi je dan u poglavlju '12-09.3 Izrada zagata' ovih OTU-a.

12-07.7.3 Injektirane vodonepropusne zavjese

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu vodonepropusne zavjese oko iskopa u krupnim pijescima i šljuncima kao i u poroznim stijenama koja se formira injektiranjem cementne ili kemijske smjese u pore / šupljine

tla. Generalno, tehnologija oblikovanja cementnih ili kemijskih zavjesa za sprečavanje procjeđivanja vode nije učinkovita kod sitnijih pijesaka, prahova i glina.

Da bi injektiranje bilo učinkovito, pore moraju biti dovoljno velike da bi se omogućila kontinuiranost injektirane zavjese.

Vrsta injekcijske smjese ovisi o veličini pora u pijesku i može biti mješavina portland - cementa i vode; cementa, bentonita i vode; a mogu se koristiti i silikatni gelovi ili neki drugi komercijalni proizvodi.

Ako se koristi injekcijska smjesa na bazi cementa, opis rada, način izvođenja rada, kontrola kvalitete i obračun rada su u skladu s danim u potpoglavlju '12.02-7 Poboljšanje (ojačanje) tla injektiranjem' ovih OTU-a.

Opis izvođenja radova

Injektiranje se vrši na površini terena izvedbom bušotina gdje jedan red bušotina nije dovoljan da bi se postigla kvalitetna izvedba zavjesi koja će omogućiti vodoodrživost, već bi u pravilu bilo potrebno izvesti bar tri paralelna reda bušotina.

Cementne ili kemijske smjese ubrizgavaju se kroz cijevi ugrađene u tlo ili stijenu. Općenito, propusna tla ili stijene injektiraju se od vrha dolje. Kada se slijedi ovaj postupak, cijev za injektiranje buši se do dubine prve zone koju treba injektirati nakon čega slijedi injektiranje. Nakon stvrđavanja injekcijske smjese, nastavlja se bušenje gdje bušotina dalje napreduje do dubine sljedeće zone koju treba injektirati. Ovakav postupak ponavlja se sve do injektiranja svih predviđenih zona u tlu.

Pri bušenju se ne smije koristiti bentonitna smjesa jer se ista veža za stijenske bušotine te može onemogućiti naknadnu penetraciju injekcijske smjese u tlo.

Spremnici za miješanje i crpke za ubrizgavanje cementnih ili kemijskih injekcijskih smjesa pod tlakom razlikuju se ovisno o materijalu s kojim se rukuje.

Cementne smjese su vrlo abrazivne tako da obloge i ventili cilindara moraju biti od očvrnutog čelika. Kemijske smjese, zbog svoje niske viskoznosti i neabrazivne prirode, mogu se crpiti bilo kojom vrstom crpki koje stvaraju zadovoljavajući tlak.

Kapaciteti crpki za injektiranje obično se kreću od 50 do 400 litara u minuti pri pritiscima u rasponu od 0 do 35 kg/cm². Maksimalni upotrijebljeni tlak u crpkama ne smije prelaziti oko vrijednost od 0,07 kg/cm² puta dubina na kojoj se vrši injektiranje.

Distribucijski sustav može biti:

- jednolinijski
- recirkulirajući.

Zbog segregacije koja se može stvoriti u cjevovodu za dovod tlaka od crpke do cijevi za injektiranje, vod se mora povremeno ispirati kako bi se osiguralo da je smjesa homogena i da ima traženu viskoznost.

Obračun radova

Radovi na bušenju obračunavaju se po dužnim metrima izvedenih bušotina (m').

Radovi na injektiranju obračunavaju se po kilogramima utrošene suhe tvari za pripremu injekcijskih smjesa (kg).

12-07.7.4 Smrzavanje tla

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu vodonepropusne zavjese u tlu metodom smrzavanja tla.

Smrzavanjem tla pora voda se pretvara u led te zajedno s česticama tla oblikuje vodonepropusno tlo. Da bi postupak bio učinkovit, tlo mora sadržavati dovoljno porne vode da bi se postigla tražena nepropusnost i čvrstoća.

Smrzavanje se postiže kruženjem hladnog medija kroz sustav cijevi koje se postavljaju dovoljno blizu u tlu.

Tlo se najčešće smrzava u cilju izvedbe nepropusne barijere zbog osiguranja duboko ukopanih objekata. Smrzavanje je najčešće privremena mjera gdje se režim podzemnih voda vrati u prvobitno stanje nakon topljenja barijere.

Opis izvođenja radova

Umjetno smrzavanje tla za oblikovanje smrznutog zida obično se razdvaja u dvije karakteristične faze:

- aktivna faza u kojoj se oblikuje zid smrznutog tla
- pasivna faza u kojoj se 'održava' debljina zida i sprječava se njegovo otapanje.

Crpka za smrzavanje radi puno većim kapacitetom u aktivnoj fazi.

Postoje dva sustava smrzavanja:

- zatvoreni i
- otvoreni sustav.

U zatvorenom ili mehaničkom sustavu koristi se plin amonijak ili freon (sve rjeđe) za hlađenje smjese kalcijevog klorida (sekundarno rashladno sredstvo) koja kruži u sustavu. Temperatura smjese najčešće je -25°C do -30°C , u iznimnim slučajevima i do -60°C . Toplina izmijenjena sa tlom disipira u atmosferi preko tornja za hlađenje ili kondenzatora. Obično je potrebno od 3 do 5 tjedana da bi se oblikovala barijera.

U otvorenom sustavu koristi se tekući dušik kao ekspandirajuće rashladno sredstvo. Intenzivnim hlađenjem tekući dušik se pretvara u paru koja se otpušta u atmosferu. Temperatura varira od -100°C do -200°C . Vrijeme oblikovanja barijere je puno kraće u usporedbi s zatvorenim sustavom i traje od 3 do 7 dana.

Iako je za ovu primjenu smrzavanje tla privremena mjera, tlo može ostati smrznuto nekoliko mjeseci. Kod velikih projekata gdje tlo treba ostati smrznuto puno dulji period, koristi se mehanički sustav, dok se kod manjih projekata, koristi otvoreni sustav.

Dio sustava za smrzavanje koji se nalazi u tlu sastoji se od dvije cijevi. Vanjska cijev je zatvorena na dnu i u nju se instalira kraća cijev koja je otvorena dnu i u koju se upušta medij za smrzavanje. Taj medij se nakon izlaska iz cijevi na dnu grije jer apsorbira toplinu iz tla te kao takav dolazi na površinu. Praćenje 'ulazne' i 'izlazne' temperature sredstva za hlađenje daje sliku o tijeku samog postupka smrzavanja tla.

Cijevi su građene od visokokvalitetnog čelika. Instalacija cijevi za smrzavanja predstavlja skup postupak koji zahtijeva dosta vremena. U cilju postizanja uspješnog smrzavanja tla, nužno je precizno bušenje bušotina za cijevi. Kad god je to moguće, cijevi za smrzavanje trebaju se izvaditi iz tla u cilju ponovnog korištenja. To, međutim, nije moguće u slučaju kada su cijevi zainjektirane u tlu.

Smrzavanje vode jedna je od najučinkovitijih metoda uklanjanja vode iz tla i može se koristiti u svim tlima. Razlog za mogućnost primjene u širokom rasponu tala je u činjenici da se vrijednost koeficijenta termalne provodljivosti za sva smrznuta tla nalazi u uskom rasponu. Koeficijent termalne provodljivosti i toplinski kapacitet tla su dva parametra koja su ključna pri smrzavanja tla.

Iskustveno se pokazalo da proces smrzavanja tla zatvorenim sustavom teško može biti uspješan bez posebnih mjera ako je brzina vode do 1,5 m/dan. Ako je brzina veća, u tom slučaju se ili poduzimaju posebne mjere smanjivanja brzine protoka ili se smanjuje razmak između cijevi (moguća instalacija i drugog reda cijevi) uz korištenje niže temperature smrzavanja.

U slučaju korištenja otvorenog sustava brzine podzemnih voda mogu biti i do 50 m/dan, a da proces smrzavanja bude uspješan. Troškovi ovakvog projekta su, međutim, izrazito visoki.

Ako je podzemna voda povećanog saliniteta ili je zagađena, može rezultirati snižavanjem točke leđišta tla, a time i njegove čvrstoće.

Dugoročna čvrstoća i krutosna svojstva smrznutog tla ovisna su o sadržaju i temperaturi leda, o orijentaciji kristala leda u odnosu na smjer nanošenja opterećenja te o trajanju opterećenja.

Kontrola kvalitete

Da bi se pratio učinak i napredovanje postupka smrzavanja tla, moraju se mjeriti 3 varijable:

- temperature na različitim pozicijama u tlu
- izdizanje tla za radove blizu površine
- piezometarska mjerenja uvjeta podzemne vode.

Obračun rada

Radovi izvedbi vodonepropusne zavjese od smrznutog tla obračunavaju se po kvadratnom metru (m^2) izvedene zavjese.

12-07.8 RADOVI NA BRTVLJENJU DNA ISKOPA

U slučaju kada treba izvesti iskop s visokim razinama podzemne voda, a gdje na većoj dubini (dohvatnoj dubini za vodonepropusne zavjese) nema nepropusnog sloja, provodi se brtvljenje dna jame. Ovime se sprječavaju veći dotoci vode u samo područje iskopa, smanjuje se opasnost od hidrauličkog sloma i sloma na uzgon. Kao najčešće korištena metoda u ovom području primjenjuje se metoda mlaznog injektiranja. Vodopropusnost mlazno injektiranog tla leži unutar vrijednosti 10^{-7} do 10^{-9} m/s.

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu mlazno injektiranih stupnjaka većeg promjera s preklapanjem u cilju izvedbe vodonepropusnog čepa u vrlo propusnim tlima čime se osigurava zaštita od prodiranja vode.

Opis izvođenja radova

Radovi na mlaznom injektiranju trebaju u svemu biti u skladu s projektom, s normom HRN EN 12716 Izvedba posebnih geotehničkih radova - Mlazno injektiranje, kao i s smjericama za izvedbu danih u potpoglavlju '12-02 Radovi na poboljšanju tla' ovih OTU-a.

Radovi, redosljed izvedbe, materijali i oprema na izvedbi vodonepropusnog čepa na dnu iskopa metodom mlaznog injektiranja u potpunosti su obuhvaćeni potpoglavljem '12-02 Radovi na poboljšanju tla' ovih OTU-a.

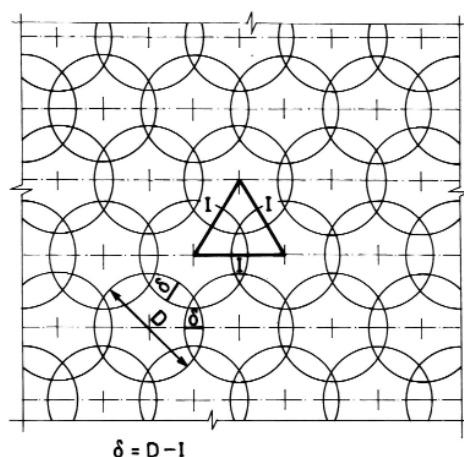
Priprema za izvedbu mlaznog injektiranja u skladu s potpoglavljem '12-02 Radovi na poboljšanju tla' ovih OTU-a.

Kao nadopuna navedenog poglavlja, za izradu vodonepropusnog čepa, daju se sljedeće smjernice.

Promjeri mlazno injektiranih stupnjaka u osiguranju brtvljenja u uobičajenom su rasponu od 100 cm do 180 cm. Za postizanje navedenih promjera primjenjuju se ili dvofluidni (injekcijska smjesa + zrak, odnosno injekcijska smjesa + voda) ili trofluidni postupak (injekcijska smjesa + voda + zrak). Za ovu primjenu izvode se isključivo injektirani valjci tla koji nastaju kad pribor rotira 360° .

Debljina čepa, odnosno duljina stupnjaka, trebaju biti određeni proračunom da bi se osigurali dovoljno mali dotoci u iskop koji se mogu crpiti, ali i da bi se spriječilo prekoračenje graničnih stanja UPL i HYD danih u HRN EN 1997-1.

Dimenzije projektiranih stupnjaka s tlocrtnim rasporedom preklapanja te vrstom i količinom utrošenog materijala, kao i odabrana tehnologija izvedbe trebaju biti definirani projektom. Važno je osigurati dovoljno preklapanje (δ) mlazno injektiranih stupnjaka od minimalno 20 cm kako bi se osigurala vodonepropusnost brtvenog čepa (slika 12-07.8-1).



Slika 12-07.8-1. Tlocrtna shema rasporeda mlazno injektiranih stupnjaka za potrebe brtvljenja dna iskopa

Projektne parametri mlaznog injektiranja dani su na osnovi podataka o sastavu i svojstvima tla i prema potrebnoj kvaliteti mlazno injektiranih stupnjaka, pri čemu su korišteni iskustveni računski obrasci za ovakvu vrstu rada. Predviđen pravac svih mlazno injektiranih stupnjaka vertikalna je. Dozvoljeno odstupanje od vertikalnosti je 5 stupnjeva.

Međutim, treba voditi računa da se ovakvi stupnjaci izvode na većoj dubini (ispod dna budućeg iskopa) te je za oblikovanje stupnjaka s površine terena potrebno jalovo bušenje (bušenje bez injektiranja) u većoj duljini, nego što je to slučaj kod klasične izvedbe stupnjaka za potrebe ojačanja tla. Radi toga, moguće je i veće odstupanje od vertikalnosti od navedenih 5 stupnjeva, pa je nužno definirati dovoljan promjer i dovoljno preklapanje stupnjaka kako bi se ostvarila funkcija vodonepropusnosti čepa, čime bi se eliminirali potencijalni otkloni bušaće cijevi uslijed jalovog bušenja do većih dubina.

Zahtjevi kvalitete u skladu s potpoglavljem '12-02 Radovi na poboljšanju tla' ovog OTU-a.

Moguće je da uslijed lokalnih pojava anomalija u tlu, odnosno proslojaka manje propusnih sitnozrnih materijala, neće biti moguće postići stupnjake vododrživog čepa potrebnih volumena i čvrstoća.

Dodatno, s obzirom da se injektiranje za vodonepropusni čep vrši često u blizini vertikalnih elemenata osiguranja iskopa (AB dijagfragme, čeline talpe i slično), a uzimajući u obzir velike tlakove pod kojima se vrši injektiranje, posebnu pozornost izvođač treba obratiti na prilagodbu tlaka injektiranja u blizini ovih elemenata kako ne bi došlo do njihovog oštećenja.

Dodatni problem leži u činjenici da nije moguć izravan uvid u izvedeni stupnjak nakon njegove izvedbe jer se nalazi na većoj dubini. Svako ispitivanje postignute geometrije i kvalitete može biti samo posredno, preko odgovarajućih geofizičkih ispitivanja ili djelomice, na ograničenom broju uzoraka.

Obračun radova

Obračun radova se vrši prema dužnim metrima izvedenih mlazno-injektiranih stupnjaka odgovarajućeg profila (m').

Pri tome se jalovo bušenje obračunava zasebno po metru dužnom (m') izvedenog jalovog bušenja.

12-08 GRAĐEVINE POD PRITISKOM VODE

Općenito

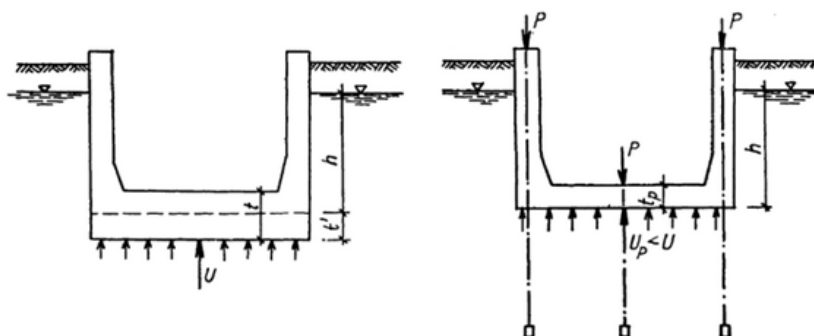
Ovo poglavlje obrađuje mjere zaštite građevina od nepovoljnog djelovanja pritiska vode i to uslijed djelovanja odižućih sila uzgona. Uzgon se na građevinu javlja kada je određeni dio konstrukcije pod djelovanjem pritiska podzemne vode, što je česti slučaj kod građevina izvedenih u riječnim, poplavnim ravninama, kao i kod suhih dokova, brodskih prevodnica, crpnih stanica, itd. Takve građevine zahtijevaju posebne zahvate osiguranja protiv negativnog učinka uzgona. Osim uzgona na temelje ponekad djeluju vlačne sile od drugih djelovanja (npr. odižuće djelovanje vjetrova), koje zahtijevaju posebne zahvate za njihovo savladavanje. Odredbe ovog poglavlja se odnose i na takve slučajeve.

Građevine moraju biti projektirane na način da podnesu pritisak podzemnih voda koji nastaje kao rezultat njihove razine znatno iznad dna građevine, i to tijekom izvođenja radova kao i tijekom korištenja građevine. Prilikom projektiranja, sile uzgona koje djeluju na građevine, spremnike i cijevi bit će izračunate za najgore moguće uvjete.

U poglavlju se prikazuju mjere koje se primjenjuju na građevine koje je potrebno osigurati od djelovanja sila uzgona koje su veće od same težine građevine. U najvećem broju slučajeva sile su uzgona izražene tijekom izvođenja do trenutka dok građevina dovoljno ne oteža da može vlastitom težinom savladati uzgon. Međutim, u pojedinim slučajevima potrebno je osigurati stabilnost protiv uzgona i tijekom korištenja.

Najjednostavnija i najčešće korištena mjera je povećanje vlastite težine konstrukcije gdje se tijekom projektiranja određuje potrebno povećanje dimenzija konstruktivnih elemenata (najčešće debljina temeljne ploče) u cilju osiguranja od uzgona, slika 12-08-1. Navedeni radovi se neće posebno razmatrati u ovom poglavlju jer isti ne zahtijevaju specijalističke tehničke uvjete izvedbe van onih koji su dani u poglavlju za betonske radove (poglavlje '7. Betonski radovi' ovih OTU-a). Eventualno, ako je djelovanje uzgona kritično samo tijekom izvedbe radova dok građevina dovoljno ne oteža, moguće je predvidjeti primjenu balastnog betona, učvršćenog za dno spremnika za zaštitu od pojave uzgona.

Ovo poglavlje obrađuje tehničke uvjete izvedbe specijaliziranih rješenja za zaštitu od uzgona, u vidu izvedbe vlačno opterećenih geotehničkih sidara, mikropilota ili mlazno injektiranih stupnjaka ispod temelja građevine koja je pod uzgonom, slika 12-08-1.



Slika 12-08-1. Rješenja zaštite od djelovanja uzgona: povećanjem dimenzija temeljne konstrukcije (lijevo), izvedbom vlačno opterećenih elemenata ispod temeljne konstrukcije građevine (desno)

12-08.1 IZVEDBA PREDNAPETIH SIDARA

Opis rada

Ovaj rad uključuje izvedbu geotehničkih prednapetih sidara kao mjere osiguranja protiv uzgona. Rad podrazumijeva bušenje vertikalnih ili kosih (s manjim kutem odstupanja od vertikale) bušotina, umetanje vlačnog elementa visokokvalitetnog čelika sidra, injektiranje dijela sidra

(sidrišna dionica), prednapinjanje i zaklinjenje sidra. Radovi uključuju i sva potrebna ispitivanja sidara.

Za projektiranje geotehničkih sidara primjenjuju se hrvatske norme niza HRN EN 1997 uključivo i pripadni Nacionalni dodatak.

Geotehnička sidra se izvode prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537, te se ispitivaju prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537 te normi HRN EN ISO 22477-5.

Opis izvođenja radova

Za preuzimanje sila uzgona koje djeluju na građevinu koja se nalazi ispod razine vode, izvode se prednapeta geotehnička sidra.

Radovi na izvedbi sidara teći će sljedećim redoslijedom:

- pripremi radovi (radionička izrada sidara)
- bušenje
- ugradnja sidara
- injektiranje sidrišne dionice
- prednapinjanje sidara
- zaklinjenje sidara.

Materijali i radovi na izvedbi sidara su u svemu u skladu s potpoglavljem '12-02.9.2 Prednapeta sidra' ovih OTU-a, uz uvažavanje sljedeće navedenih elemenata.

Prilikom umetanja čeličnog elementa u bušotinu, potrebno je izbjeći bušenje kroz beton i armaturu konstrukcije koja se štiti od uzgona te je na mjestima prodora sidara potrebno ugraditi uvodna kućišta od PVC-a cijevi odgovarajućeg promjera. Kućišta će se provizorno pričvrstiti za armaturni koš temeljne konstrukcije.

Nakon što je geotehničko sidro ugrađeno i zapunjeno injekcijskom smjesom, potrebno ga je prednapeti (prema programu). Prednapinjanju sidra može se pristupiti najmanje 7 dana nakon injektiranja sidrišne dionice odnosno, nakon što je injekcijska smjesa dosegla 60% svoje čvrstoće. U slučaju kada se sidro ugrađuje kao mjera protiv uzgona, prednapinjanje se vrši tek nakon što je u potpunosti izvedena temeljna konstrukcija i nakon što je beton iste dosegnuo zadovoljavajuću čvrstoću. Ovaj podatak dobit će se na osnovu rezultata prethodnih ispitivanja injekcijske smjese / betona.

Uz učinke prednapinjanja sidra, navedene u potpoglavlju '12-02.9.2 Prednapeta sidra' ovih OTU-a, dodatni učinak je da se prednapinjanjem sidara, odnosno veličinom unijete sile, može utjecati na veličinu pomaka temeljne konstrukcije uslijed uzgona, za vrijeme njezine upotrebe.

Kontrola kvalitete

Kontrola kvalitete je u svemu u skladu s potpoglavljem '12-02.9.2 Prednapeta sidra' ovih OTU-a.

Obračun rada

Geotehnička sidra obračunavaju se po metru dužnom (m') izvedenog sidra. Bušenje i injektiranje se ne obračunava posebno. Pomoćni materijal, kao što su sidrene pločice, podložne pločice, matice, spojevi, ne obračunavaju se za plaćanje, već su sadržane u jediničnoj cijeni. U cijenu su sadržana i prednapinjanje sidra kao i ispitivanja.

12-08.2 IZVEDBA MIKROPILOTA

Opis rada

Ovaj rad uključuje izvedbu mikropilota kao mjere osiguranja protiv uzgona. Rad podrazumijeva bušenje vertikalnih ili kosih (s manjim kutom odstupanja od vertikale) bušotina, ugradnju armaturnog koša i injektiranje mikropilota.

Opis izvođenja radova

Sama izvedba mikropilota treba biti u svemu u skladu s odredbama potpoglavlja '12-02.9.4 Mikropiloti' ovih OTU-a te u skladu s normom HRN EN 14199 (Mikropiloti) i zahtjevima projekta i nadzornog inženjera.

Mikropilot ima mali promjer glave te se prijenos sile vrši uglavnom trenjem po plaštu. Za osiguranje protiv djelovanja uzgona, mikropiloti poprimaju, u smislu proračuna i dimenzioniranja, funkciju sidara odnosno armature.

Armatura nakon izvedbe mikropilota, slijed izvedba temeljne konstrukcije, a armatura mikropilota se povezuje s armaturom temeljne konstrukcije.

Obračun radova

Obračun radova po metru dužnom (m') ugrađenih mikropilota, uključivo bušenje te nabavu, dopremu i ugradnju svih materijala.

12-08.3 IZVEDBA MLAZNO INJEKTIRANIH STUPNJAKA**Opis rada**

Osim svoje primarne uloge u povećanju krutosti i čvrstoće temeljnog tla u kojim se izvode, ovo poglavlje daje tehničke uvjete izvedbe mlazno injektiranih stupnjaka kao elemenata kojima se osigurava sila protiv uzgona konstrukcije pod vodom.

Postoji pet projektnih situacija koje je potrebno razmatrati pri vlačno opterećenim mlazno injektiranim stupnjacima s umetnutom armaturom: izvlačenje stupnjaka iz tla, popuštanje ankera, izvlačenje ankera iz stupnjaka, pucanje stupnjaka zbog opterećenja na vlak i popuštanje spoja navoja ankera i matice. Rezultantna sila od uzgona na jednom stupnjaku ne smije biti veća od graničnih vrijednosti pojedinih projektnih situacija.

Opis izvođenja radova

Sama izvedba mlazno injektiranih stupnjaka treba biti u svemu u skladu s odredbama potpoglavlja '12-02.7.2 Mlazno injektiranje' ovih OTU-a te u skladu s normom HRN EN 12716 (Mlazno injektiranje) i zahtjevima projekta i nadzornog inženjera.

Dodatni rad, u odnosu na rad prikazan u poglavlju '12-02.7.2 Mlazno injektiranje' ovih OTU-a, je osiguranje od uzgona objekta, na način da se ankeri (RA armaturene šipke, B500B prema HRN EN 10080) koji su sidreni za mlazno-injektirani stupnjak vežu za temeljnu ploču objekta podložnom pločom i maticom.

Šipka se centrično uranja u mlazno injektirani stupnjak, neposredno nakon njegove izvedbe. Armatura se ugrađuje utiskivanjem u stupnjak do predviđene dubine. Odgađanje ovog koraka, odnosno prekasna ugradnja šipke, može rezultirati s nemogućnošću ugradnje jer je poboljšano temeljno tlo doseglo preveliku krutost i čvrstoću. Duljina i promjer sidrene armature mora biti definirana projektom. Pogodnim komadom poprečne armature manjeg presjeka i oslonjene na tlo, osigurava se predviđeni položaj.

Kontrola kvalitete

Sama kontrola kvalitete mlazno injektiranih stupnjaka treba biti u svemu u skladu s odredbama potpoglavlja '12-02.7.2 Mlazno injektiranje' ovih OTU-a te u skladu s normom HRN EN 12716 (Mlazno injektiranje) i zahtjevima projekta i nadzornog inženjera.

Radi kontrole vlačne nosivosti stupnjaka bit će potrebno napraviti probno polje. Tehničko rješenje i procedure ispitivanja moraju biti određene projektom.

Potrebno je ispitati i prijanjanje ankera u stupnjaku. Tehničko rješenje i procedure ispitivanja moraju biti određene projektom. Ispitivanje će se provesti istodobno na probnom polju za ispitivanje vlačne nosivosti stupnjaka.

Obračun radova

Obračun radova se vrši prema dužnim metrima izvedenih mlazno-injektiranih stupnjaka odgovarajućeg profila (m') s nabavom i ugradnjom armaturnih šipki uključeno u jediničnu cijenu.

12-09 KRIŽANJE S VODOTOCIMA

Ovo poglavlje obuhvaća radove križanja geotehničkih radova s postojećim vodotocima. Ako radovi nisu takvi da se mogu izvesti bez ometanja toka postojećeg vodotoka (primjerice kao radovi mikrotuneliranja dani u potpoglavlju '12-06.4 Izvedba tunela mikrotuneliranjem' ovih OTU-a), izvođač mora poduzeti dodatne mjere za izvođenje radova.

Rad uslijed križanja zahvata s postojećim vodotokom uključuje sljedeće faze:

- pripremni i geodetski radovi
- privremeno skretanje toka
- izvedba zagata
- crpljenje zaostale vode
- izvedba radova u suhom (iskopi, betoniranja, armiranja, polaganja cjevovoda, itd.) s crpljenjem procjedne vode
- uklanjanje zagata
- zasipavanje korita privremenog toka.

12-09.1 PRIPREMNI RADOVI

Pripremni radovi za izvedbu radova uslijed križanja s vodotocima, obuhvaćaju geodetsko iskolčenje svih radova uključujući kanal za privremeno skretanje toka i položaje uzvodnog i nizvodnog zagata.

Radovi iskolčenja u svemu trebaju biti u skladu s odredbama danim u potpoglavlju '1.01 Geodetski radovi' poglavlja '1. Pripremni radovi' ovih OTU-a.

Radovi na pripremi gradilišta i čišćenju terena trebaju biti u skladu s odredbama danim u u potpoglavlju '1.02 Čišćenje i priprema terena' poglavlja '1. Pripremni radovi' ovih OTU-a.

Prije početka radova na privremenom skretanju vodotoka, izvođač mora dobiti odobrenje za korištenje zemljišta za izvedbu privremenog korita vodotoka.

12-09.2 PRIVREMENO SKRETANJE TOKA

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu privremenog obilaznog korita vodotoka na kojem se izvodi planirana građevina. U slučaju da se građevina izvodi van postojećeg korita vodotoka, te se po završetku građenja izvodi novo pristupno korito do građevine, ovaj rad se ne izvodi.

Privremeno skretanje vodotoka omogućuje izvedbu građevne jame i rad u suhom na izvedbi planirane građevine. U okviru projekta daje se i projekt privremenih radova.

Opis izvođenja radova

Iskop novog korita izvodi se strojno sukladno odredbama danim u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Veličina novog korita dana je projektom.

Iskop se izvodi od nizvodnog kraja prema uzvodnom.

Materijal iz iskopa odlaže se duž korita, a koristi se po završetku radova za zatrpavanje privremenog korita.

Ako projektom nije drugačije određeno, iskopani materijal se odlaže između novog korita i građevinske jame i oblikuje se kao zaštitni nasip za vrijeme građenja.

Zahtjevi i kontrola kvalitete

Privremeno korito za vrijeme građenja mora osigurati provođenje očekivanih voda mimo gradilišta. Zbog toga se kontrolira rad sa stajališta usklađenosti s projektom zaštite gradilišta od voda za vrijeme građenja.

Obračun rada

Obračun rada obavlja se na osnovi kubičnog metra (m^3) iskopanog materijala. Radom je obuhvaćen iskop i odlaganje iskopanog materijala duž iskopa.

12-09.3 IZRADA ZAGATA**Opis rada**

Rad obuhvaća izvedbu zagata, koji je privremena građevina, kojim se zatvara prirodni tok na kojem se izvodi stalna građevina i stvaraju uvjeti za rad u suhom.

Opis izvođenja radova

Privremeni zagati mogu se izvesti na različite načine, a kod manjih objekata na odvodnim sustavima najčešće se susreću zemljani zagati i zagati od žmurja.

Tip i način izvođenja zagata daje se projektom.

Prvo se izvodi uzvodni zagat kojim se voda usmjerava u privremeno korito, a zatim se izvodi nizvodni zagat.

a) Zemljani zagati

Zemljani zagati izvode se od raspoloživog okolnog materijala.

Ovisno o protocima i brzinama pri izgradnji uzvodnog zagata razlikuju se zagati kod kojih se pri pregrađivanju pojavljuju velike brzine te je potrebno koristiti krupniji materijal i zagati kod kojih su pri pregrađivanju korita male brzine, gdje se ne treba koristiti poseban materijal zemljanog zagata.

Ako se pregrađivanje vrši pri velikim brzinama, prvo se izvede dio građevine od krupnog materijala koji omogućuje dovršenje pregrađivanja u vrijeme povoljno za tu aktivnost. Kada je voda privremeno usmjerena u privremeno skrenuto korito, na uzvodnoj strani se nasipava slabo propustan materijal koji se iznad razine radne vode zbija strojno. Izvedba odgovara izvedbi nasipa u skladu s odredbama danim u potpoglavlju '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Kod pregrađivanja, koje je moguće izvesti bez posebnog materijala, odmah se nasipava slabopropusan materijal i oblikuje zemljani zagat.

*b) Zagati od žmurja***Drveno žmurje**

Izvide se jednostruki, dvostruki ili trostruki zidovi od žmurja u kombinaciji s nasutim materijalom. Zid žmurja sastoji se od talpi, stupova i kliješta. Talpe su pravokutnog presjeka debljine 10 – 20 cm, širine do 30 cm i dužine do najviše 8 m. Opremljene su utorima i perima. Na krajevima se obrađuju i okivaju kako bi se što manje oštetile prilikom zabijanja u tlo.

Stupovi su obično kvadratnog presjeka, 30 x 30 cm ili peterokutnog presjeka za lomove trase veće ili manje od 90°. Stupovi imaju urezane utore i zabijaju se na svim uglovima i lomovima trase zagata. Na pravcima razmak između stupova iznosi najviše 3 m. Kliješta su pravokutnog presjeka 14 x 20 cm do 20 x 40 cm, ovisno o razmaku stupova. Najprije se zabijaju ugaoni stupovi i to 0,5 m dublje od talpi. Stupovi se međusobno povezuju kliještima uz korištenje vijaka.

Talpe se zabijaju od stupova prema sredini, a u sredini polja zabija se talpa koja se širi prema gornjem kraju, da se talpe između dva stupa bolje međusobno sabiju. Ispuna između dva paralelna zida obično je od materijala kojeg ima u blizini. Zabijanje se obavlja eksplozivnom makarom mase 500 kg.

Čelično žmurje

Izvide se kod većih dubina.

Od čeličnog žmurja mogu se izvoditi i kružni i zaobljeni zidovi. Postoji veliki broj patentiranih oblika presjeka čeličnog žmurja za različite namjene. Kod čeličnog žmurja ne izvode se stupovi, ali se međusobno povezivanje u cjelinu može izraditi specijalnim dijelovima ili drvenim gredama.

Čelične talpe se proizvode do dužina od 24 m, iako se na tržištu najčešće mogu naći talpe do dužine od 12 m. Veća duljina talpi ostvaruje se međusobnim varenjem talpi.

Postavljanje čeličnih talpi i njihovo zabijanje obavlja se pomoću dovoljno visokih makara, a sve u skladu s potpoglavljem '12-04.3 Zabijeni čelični profili i čelično žmurje' ovih OTU-a.

Kako je uvođenje nove talpe moguće samo odozgo, na gradilištu je potrebno imati i visoki kran. Limovi se kod zabijanja zaštićuju od oštećenja kapama. Ispuna je obično od materijala okoline.

Plastično žmurje

Ugradnja plastičnih (PVC) talpi u cilju formiranja zagata, nalazi sve veću primjenu u praksi ponajviše radi velikog broja prednosti s aspekta cijene, brzine ugradnje i učinkovitosti. Primjena PVC talpi mora biti u skladu s tehničkom dokumentacijom, koja je u skladu sa važećim zakonima i normama, a sama ugradnja PVC talpi treba biti provedena u skladu sa projektnim smjernicama i preporukama proizvođača. Materijali trebaju biti po svemu u skladu s normom DIN 16941.

Trenutno postoje tri osnovne metode ugradnje talpi napravljenih od PVC elemenata:

- Zabijanje – najčešće upotrebljavana metoda u kojoj se talpe mehanički utiskuju u tlo koristeći vibracijske čekiće. Tipovi opreme ovise o tipu tla, dubini ukopavanja i otpornosti talpi. U slučaju tvrdih tala i ugradnje dugih profila trebaju se koristiti čelične vodilice. Najkorisnije su se pokazale bočne ili frontalne vodilice. Višestruke vodilice mogu se koristiti budući da dozvoljavaju ugradnju više talpi istovremeno. Za ugradnju talpi metodom zabijanja koriste se udarni čekići s mehaničkim, pneumatskim ili hidrauličkim pogonom. Čekićima se upravlja ručno ili preko daljinskog upravljanja ako su spojeni na kran ili ruku rovokopača. Pomoćna oprema sastoji se od zaštitnog pokrova (ljuske oblika koji odgovara profilu talpi) koji se postavlja na vrh talpi kako bi ublažili udarac čekića na talpe te time ju štitili istovremeno osiguravajući da se talpe postavljaju po zadanoj osi i smanjujući bočne vibracije talpi koje se ugrađuju.
- Mlazna metoda - metoda korištena za ugradnju talpi u tlima velike kohezije i zbijenosti, u kojima se pokazalo da jačina udarnih čekića nije dovoljna za postizanje potrebne dubine zabijanja, što je uzrokovano raznim preprekama u tlu. Daljne povećanje udarne sile može oštetiti talpe. U ovoj tehnologiji stvara se pritisak točno ispod baze talpe koja se ugrađuje, što će omekšati i razmaknuti tlo. Koriste se zračne ili vodene crpke te niskotlačne i visokotlačne vodene crpke. Kada se talpe ugrađuju mlaznom metodom, potrebne su mlaznice s visokotlačnim crpkama na električni, pneumatski ili motorni pogon. Talpe se prvo utiskuju u omekšano tlo, a zatim, na kraju ugradnje, zabijaju u tlo uz pomoć udarnih čekića. Tri tehnologije izvođenja mlaznom metodom koje se najčešće koriste su:
 - ispiranje s komprimiranim zrakom
 - ispiranje s vodom pod niskim tlakom
 - ispiranje s vodom pod visokim tlakom.
- Ukopavanje - metoda korištena u ugradnji talpi malih dubina ukopavanja. Talpe se ugrađuju u prethodno iskopani rov koji je onda s obje strane ispunjen pogodnim prethodno iskopanim materijalom. Preporučuje se da se ugrađenom materijalu mehanički ili kemijski poveća čvrstoća.

Zahtjevi i kontrola kvalitete

Zagati se moraju izvesti prema projektu.

Njihov je osnovni cilj stvaranje uvjeta za rad u suhom te moraju biti slabo vodopropusni i projektirane visine. Postizanje vodonepropusnosti žmurja je u skladu s potpoglavljem '12-07.7.2 Vodonepropusno žmurje' ovih OTU-a, a prilikom izvedbe žmurja trebaju se poštivati odredbe dane u normi HRN EN 12063.

Pri radovima na izvedbi zemljanih zagata, moraju se poštivati zahtjevi i kontrola kvalitete kako je dano u potpoglavlju '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Kod izvođenja ovakvih konstrukcija posebno se kontrolira točnost vođenja talpi. Kontrole kvalitete izvedbe i tolerance zabijanja u skladu su s danim u potpoglavlju '12-04.3 Zabijeni čelični profili i čelično žmurje' ovih OTU-a.

Obračun rada

Kod zemljanih zagata obračun se vrši po metru kubičnom (m^3) ugrađenog i zbijenog materijala.

Kod zagata od žmurja obračun se vrši po metru kvadratnom (m^2) ugrađenog žmurja.

Rad obuhvaća nabavu, dopremu i ugradnju materijala te uklanjanje materijala nakon što su radovi u koritu izvedeni.

12-09.4 IZVEDBA U KORITU

Kada je izvedeno odgovarajuće preusmjerenje vodotoka s izvedbom zagata, slijede radovi u samom koritu.

Prvo slijedi crpljene zaostale vode unutar građevne jame sukladno odredbama danim u potpoglavlju '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode' ovih OTU-a.

Svi ostali radovi trebaju biti u skladu s odredbama relevantnih poglavlja ovih OTU-a:

Radovi na iskopima, podgrađivanjima, zatrpavanjima, nasipavanjima, trebaju biti u skladu s poglavljem '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Eventualna zaštita građevnih jama unutar samog korita treba biti u skladu s potpoglavljem '12-04 Radovi na zaštiti građevinskih jama' ovih OTU-a.

Eventualno potrebna dodatna zaštita od prodiranja podzemne vode u građevnu jamu treba biti u skladu s odredbama danim u potpoglavlju '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode' ovih OTU-a.

Tesarski radovi trebaju biti u skladu s poglavljem '5. Tesarski radovi, oplata i skele' ovih OTU-a.

Armirački radovi trebaju biti u skladu s poglavljem '6. Armirački radovi' ovih OTU-a.

Betonski radovi trebaju biti u skladu s poglavljem '7. Betonski radovi' ovih OTU-a.

12-10 DODATNI ISTRAŽNI RADOVI NA GRADILIŠTU

12-10.1 OPĆENITO

U slučaju da se prije početka radova i tijekom same izvedbe radova utvrdi da su uvjeti u temeljnom tlu, stijeni ili uvjeti podzemne vode drugačiji od uvjeta prikazanih u izvještaju o provedenim istražnim radovima i u geotehničkom projektu, izvođač može pristupiti izvedbi dodatnih istražnih radova. Dodatni istražni radovi mogu se provesti i ako se želi utvrditi stanje postojećih konstrukcija (npr. uvjeti temeljenja) ili položaj i pružanje instalacija na lokaciji.

Cilj ovih istražnih radova je utvrditi stvarno stanje i odstupanje od raspoloživih podataka. Da bi se u svakom trenutku mogla napraviti usporedba stvarnog stanja s pretpostavljenim stanjem, izvođač na gradilištu mora imati primjerak geotehničkog izvještaja i geotehničkog projekta.

Provedba i interpretacija dodatnih istražnih radova, u pojedinim slučajevima, može rezultirati promjenom tehnologije izvođenja radova, za što izvođač mora dobiti pisanu suglasnost od nadzornog inženjera.

Izvođač će potvrditi stanje na gradilištu izvođenjem programa dodatnih istražnih radova na lokaciji ukoliko to smatra potrebnim i to o svom trošku, a sve uz odobrenje nadzornog inženjera.

12-10.2 PROGRAM DODATNIH ISTRAŽNIH RADOVA

Program dodatnih istražnih radova izrađuje izvođač i šalje ga na odobrenje nadzornom inženjeru. Pri tome će program sadržavati odgovarajuću kombinaciju rutinskih metoda istraživanja, uključujući "in situ" ispitivanja, laboratorijska ispitivanja te izradu privremenih i konačnih izvješća.

Metode ispitivanja sadržavat će uobičajene pokuse koji su lako izvedivi te se izvode pomoću opće prihvaćenih ili standardnih procedura, sukladno "Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije", normi HRN EN 1997-2 i nizu pratećih normi.

U slučaju da su neophodne specijalne istražne procedure za izvođenje i interpretaciju pokusa, van područja ekspertize izvođača, isti će biti predmet nabave te će biti pravovremeno dostavljeni.

Obuhvat istražnih radova koje je potrebno izvesti na lokaciji od strane izvođača može sadržavati bez ograničavanja slijedeće:

- a) sondažne jame
- b) istražne bušotine
- c) uzimanje uzoraka i laboratorijsko ispitivanje
- d) penetracijske testove (CPT, TUS)
- e) probna opterećenja
- f) testovi vodopropusnosti
- g) geofizička ispitivanja (seizmička, geoelektrična, elektromagnetska itd)
- h) razinu podzemnih voda i određivanje kvalitete podzemnih voda.

12-10.3 IZVJEŠĆE O PROVEDENIM ISPITIVANJIMA

Postupci i rezultati dodatnih geotehničkih istražnih radova prikazuju se u izvještaju o dodatnom istraživanju temeljnog tla ili u izvještaju o dodatnim geotehničkim istražnim radovima.

Navedeni izvještaj dostavlja se nadzornom inženjeru na odobrenje u roku od mjesec dana po završetku ispitivanja na lokaciji.

Izvješće treba sadržavati sve podatke sukladno "Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije" gdje za sva terenska ispitivanja, uključivo i terenska bušenja, treba:

- provesti visinsko i položajno snimanje mjesta ispitivanja (apsolutna kota)
- zabilježiti datum i vrijeme ispitivanja te vremenske prilike u trenutku ispitivanja
- izmjeriti dubinu vode na mjestu ispitivanja ako se ispitivanje provodi pod vodom

- izmjeriti ili procijeniti udaljenost do mjernog mjesta ako se ispitivanja provode na daljinu ili daljinski
- naznačiti normu prema kojoj je ispitivanje provedeno ili opisati postupak ispitivanja ako odgovarajuća norma nedostaje.

Sukladno "Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije" za sva laboratorijska ispitivanja treba zabilježiti položaj i dubinu iz koje je uzet ispitni uzorak tla, stijene ili podzemne vode te naznačiti normu prema kojoj je ispitivanje provedeno ili opisati postupak ispitivanja ako odgovarajuća norma nedostaje.

Osim rezultata ispitivanja, navedeno izvješće treba sadržavati i detaljnu interpretaciju rezultata geotehničkih istražnih radova te drugih istražnih radova i podloga (na primjer: geoloških, inženjersko-geoloških, hidrogeoloških, hidroloških, i sl.) u sklopu i prema pravilima geotehničke struke.

12-10.4 METODE PROVOĐENJA ISTRAŽNIH RADOVA

S obzirom da se metode istražnih radova navedene u potpoglavlju '12-10.2 Program dodatnih istražnih radova' u pravilu provode od strane specijaliziranih izvodača, tehnički uvjeti izvedbe pojedine metode neće se dati u okviru ovog poglavlja.

Tehnički uvjeti izvedbe pojedinih metoda kao što su istražna bušenja i geofizička ispitivanja, dani su u okviru poglavlja '19. Vodoistražni radovi' ovih OTU-a.

Ovo potpoglavlje daje uvid u tehničke uvjete izvedbe sondažnih jama kao jedne od najčešće korištene metode u okviru dodatnih istražnih radova na gradilištu.

12-10.4.1 Sondažne jame

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu sondažnih jama kao jedne od metoda istražnih radova za potrebe:

- ocjene stanja, položaja i geometrije postojećih objekata i postojećih instalacija (vodovod, odvodnja, struja, plin, itd.)
- određivanja inženjersko-geoloških svojstava tla i stijene i podzemne vode u površinskim slojevima (do dubine dna sondažne jame).

Rad obuhvaća iskop, vizualni pregled sondažne jame, eventualna ispitivanja i uzimanje uzoraka te zatrpavanje jame nakon provedenih radova. Rad mora biti obavljen u potpunosti u skladu sa zahtjevima nadzornog inženjera i ovim OTU-ima.

Opis izvođenja radova

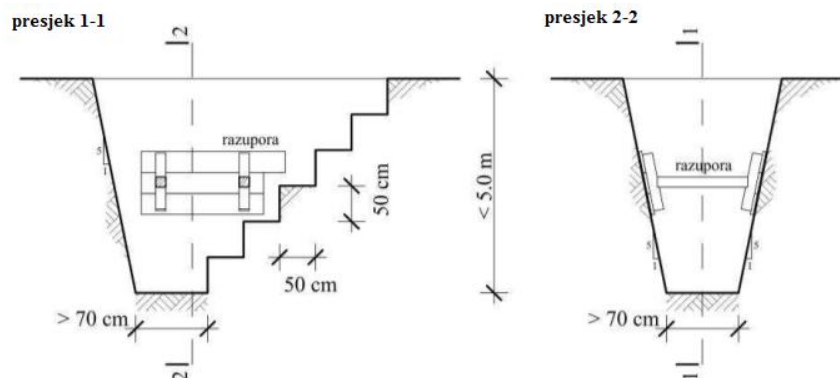
Ovisno o materijalu u kojem se izvode, sondažne jame potrebno je izvesti strojno ili ručno. Dodatno, ako se iskop vrši uz postojeće objekte i/ili instalacije gdje strojni iskop može prouzrokovati štetu na istim, potrebno je iskop vršiti ručno uz pažljivo napredovanje iskopa.

Najčešće dubine sondažnih jama su od 1,0 m do 3,0 m, a izuzetno do 5,0 m. Dubina je u pravilu uvjetovana dozvoljenim nagibom stranica iskopa uz osiguranje stabilnosti stranica iskopa. Najveći dozvoljeni nagibi stranica iskopa, ovisno o vrsti tla u kojem se sondažne jame izvode, dani su potpoglavljem 2-02 (radovi na širokom iskopu).

Ako je sondažna jama dublja od 1 m, a pokosi strmiji od navedenog u potpoglavlju 2-02, potrebno je izvesti odgovarajuće razupiranje stranica sondažne jame kako bi se spriječilo urušavanje bočnih strana iskopa.

Izbor vrste podgradnih elemenata, njihova svojstva i dimenzije pregledat će i odobrit nadzorni inženjer. Pri tome se kao sustav zaštite sondažne jame mogu primijeniti sustavi zaštite i osiguranja iskopa dani u potpoglavlju '12-04 Radovi na zaštiti građevinskih jama' ovih OTU-a, kao i specijalizirana rješenja zaštite sustavom kliznih oplata s razuporama (tzv. Krings sustav). Ako se koristi sustav drvenih oplata i razupora, izvođač radove na razupiranju mora izvoditi u skladu s poglavljem '5. Tesarski radovi, oplata i skele' ovih OTU-a.

Iskop pokosa se u koherentnim tlima može izvesti i stepenasto prema prikazanoj slici 12-10.4.1-1, pri čemu visina pojedine stepenice ne bi smjela biti veća od 50 cm. Širina dna iskopa mora biti minimalno 70 cm.



Slika 12-10.4.1-1 Shema iskopa sondažne jame u koherentnim tlima

Osobe ni u jednom slučaju, bilo prilikom iskopa, inspekcije, uzimanja uzroka, ne smiju biti unutar sondažne jame ako nije osigurana njezina stabilnost.

Silazak u jamu moguć je jedino kada su osigurani sigurni uvjeti rada, te se isti mora omogućiti postavljanjem propisanih ljestvi. Mosnice ili čelične ploče koje služe za prijelaz radnika ili za prijevoz ručnih kolica preko jame, moraju biti dovoljno čvrste i na krajevima osigurane od pomicanja. Na svim mjestima gdje postoji opasnost da se takve mosnice savijaju, one moraju biti poduprte. Prijelazi preko sondažnih jama dubljih od 2,00 m moraju se ograditi ogradama.

Radovima iskopa treba pristupiti oprezno. Otvorenu površinu pokosa sondažne jame iskopa treba zaštititi debljim plastičnim folijama, a u slučaju pomaka i zasipavanjem nekoherentnim materijalom za ispunu koji treba stalno u dovoljnoj količini biti deponiran na gradilištu. Ovo je naročito važno ako će sondažna jama ostati otvorena (iskopana) duži vremenski period. Nakon svakog dužeg prekida rada, jačih kiša, mraza ili bilo kakvih nepogoda iskop prije početka rada treba pregledati voditelj građenja i voditelj pojedinih radova.

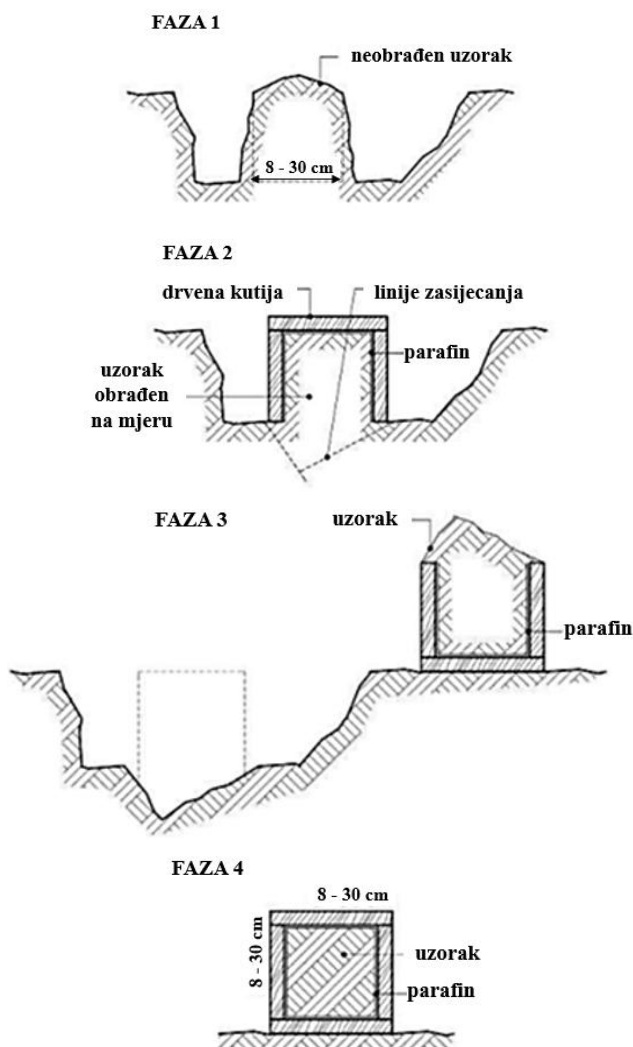
Kada se dođe do zahtijevane razine i obima iskopa, nadzorni inženjer će izvršiti pregled izložene površine i u slučaju da on smatra da je potrebno, može naložiti izvođaču da nastavi s daljnjim iskopavanjem.

Ukoliko se iskop sondažne jame izvodi ispod razine podzemne vode, mora se osigurati zaštita iskopa od prodiranja vode sukladno potpoglavlju '12-07 Zaštita iskopa od prodiranja vode' ovih OTU-a.

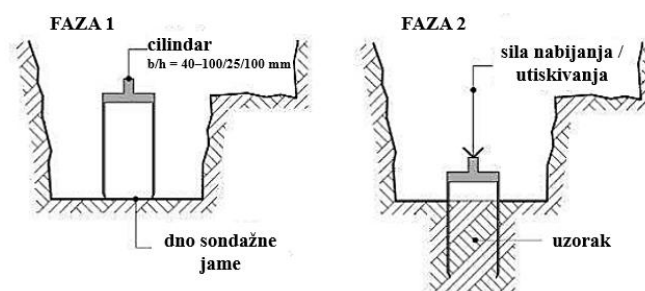
Ako se sondažne jame izvode za **potrebe uvida u stanje položaja i geometrije postojećih objekata te za uvid u stanje temeljnog sustava konstrukcije ili postojećih instalacija** (vodovod, odvodnja, struja, plin itd), radovi na iskopu moraju se vršiti po uputama i pod nadzorom stručne osobe određene sporazumom između organizacija kojima pripadaju odnosno koje održavaju te instalacije i izvođača. U ovom slučaju se mogu se izvesti i sondažni kanali čija je jedna tlocrtna dimenzija značajno dulja od druge, posebice ako se želi ustanoviti dubina, pružanje i vrsta instalacija. Prije početka iskopa izvođač zajedno s nadzornim inženjerom treba na terenu locirati dionice na kojima postojeći objekti mogu biti ugroženi radovima. Ako se vrši iskop uz postojeći objekt, izvođač će izraditi probni iskop uz temelje postojećih objekata. Probni iskopima uz sam rub postojećih temelja, potrebno je odrediti dubinu i kvalitetu temeljenja postojećih građevina, materijal na kojem je temeljenje izvršeno, te opasnost od mogućeg nastanka oštećenja uslijed iskopa rova ili izvedbe drugih radova. Udaljenost i dimenzije jame probnog iskopa će se odrediti na licu mjesta u dogovoru s nadzornim inženjerom. Probni iskopi moraju biti izvršeni u opsegu potrebnom za detektiranje potrebe, odnosno načina zaštite ili rekonstrukcije objekta u cjelini.

Ako se sondažnom jamom žele utvrditi **geotehničke značajke temeljnog tla, stijene i podzemne vode**, iste se pregledavaju vizualno od strane stručnih osoba te se sastav tla uspoređuje s pretpostavljenim inženjersko-geološkim profilom tla. Dodatno, u samoj jami mogu se provesti i jednostavnija ručna ispitivanja identifikacije tla da bi se dobio preliminarni uvid u konzistenciju tla i njegovo mehaničko ponašanje, kao što je primjerice džepni penetrometar, džepna krilna sonda ili pokus probnog opterećenja kružnom pločom na dnu jame.

Iz sondažnih jama uzimaju se uzorci tla sukladno zahtjevima danim u normi HRN EN ISO 22475-1. Ručno uzimanje neporemećenih uzoraka iz sitnozrnog tla vrši se iskopom većih blok-uzoraka (slika 12-10.4.1-2), ili utiskivanjem/nabijanjem metalnih cilindra u sondažnim jamama, bunarima i galerijama (slika 12-10.4.1-3). Potonjim postupkom dobivaju se uzorci najviše kvalitete.



Slika 12-10.4.1-2 Shema uzorkovanja iz sondažne jame iskopom većih blok-uzoraka



Slika 12-10.4.1-3 Shema uzorkovanja iz sondažne jame utiskivanjem/nabijanjem metalnih cilindra

Nakon izvedbe i provedenih ispitivanja, izvođač će zatrpati sondažne jame i vratiti ih u prvobitno stanje čim su prikupljene potrebne informacije. Zatrpavanje se vrši istim materijalom koji je iskopan. Radovi na nasipavanju se u svemu trebaju odvijati na način siguran za radnike. Vraćanje u prvobitno stanje sondažnih jama izvest će se u skladu s odobrenjem izdanim od strane nadzornog inženjera.

Obračun radova

Obračun radova na sondažnim jama vrši se po kubičnom metru (m^3) iskopanog materijala sondažne jame u sraslom stanju. U jediničnu cijenu treba biti uključeno i privremeno odlaganje iskopanog materijala te naknadno zatrpavanje sondažne jame. Po potrebi, u jediničnu cijenu treba biti uključena nabava, doprema i ugradnja sustava razupiranja sondažne jame kao i sustava zaštite od prodiranja vode.

Obračun uzorkovanja i provedenih ispitivanja obračunava se zasebno po broju provedenih ispitivanja.

12-11 NORME I TEHNIČKI PROPISI

Ovdje je naveden samo dio normi i propisa koji se odnose na radove, građevinske proizvode i opremu u ovom poglavlju. Izvođači i projektanti dužni su uzeti u obzir i sve ostale važeće zakone, norme i propise koji nisu ovdje navedeni, a odnose se posredno ili neposredno na radove, građevinske proizvode i opremu iz ovog poglavlja.

12-11.1 NORME

NORME ZA PROJEKTIRANJE GEOTEHNIČKIH GRAĐEVINA	HRVATSKI NAZIV
HRN EN 1990:2011/NA:2011	Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija -- Nacionalni dodatak
HRN EN 1990:2011	Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija (EN 1990:2002+A1:2005+A1:2005/AC:2010)
HRN EN 1992-1-1:2013/A1:2015	Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1992-1-1:2004/A1:2014)
HRN EN 1992-1-1:2013/NA:2015	Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade -- Nacionalni dodatak
HRN EN 1992-1-1:2013	Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1992-1-1:2004+AC:2010)
HRN EN 1993-1-1:2014/NA:2015	Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija -- Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade -- Nacionalni dodatak
HRN EN 1993-1-1:2014	Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija -- Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1993-1-1:2005+AC:2009)
HRN EN 1995-1-1:2013/A2:2015	Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija -- Dio 1-1: Općenito -- Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1995-1-1:2004/A2:2014)
HRN EN 1995-1-1:2013/NA:2013	Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija -- Dio 1-1: Općenito -- Opća pravila i pravila za zgrade -- Nacionalni dodatak
HRN EN 1995-1-1:2013	Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija -- Dio 1-1: Općenito -- Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008)
HRN EN 1997-1:2012/A1:2014	Eurokod 7: Geotehničko projektiranje -- 1. dio: Opća pravila (EN 1997-1:2004/A1:2013)
HRN EN 1997-1:2012/NA:2016	Eurokod 7: Geotehničko projektiranje -- 1. dio: Opća pravila -- Nacionalni dodatak
HRN EN 1997-1:2012	Eurokod 7: Geotehničko projektiranje -- 1. dio: Opća pravila (EN 1997-1:2004+AC:2009)
HRN EN 1997-2:2012	Eurokod 7: Geotehničko projektiranje -- 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga tla (EN 1997-2:2007+AC:2010)
HRN EN 1998-5:2011/NA:2011	Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija -- 5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja -- Nacionalni dodatak
HRN EN 1998-5:2011	Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija -- 5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja (EN 1998-5:2004)

NORME ZA GEOTEHNIČKA ISPITIVANJA I MONITORING	HRVATSKI NAZIV
HRN EN ISO 14688-1:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Identifikacija i klasifikacija tla -- 1. dio: Identifikacija i opis (ISO 14688-1:2017; EN ISO 14688-1:2018)
HRN EN ISO 14688-2:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Identifikacija i klasifikacija tla -- 2. dio: Načela klasifikacije (ISO 14688-2:2017; EN ISO 14688-2:2018)
HRN EN ISO 14689:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Identifikacija, opis i klasifikacija stijene (ISO 14689:2017; EN ISO 14689:2018)
HRN EN ISO 17628:2015	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Geotermalno ispitivanje -- Određivanje toplinske provodljivosti tla i stijene bušotinskim izmjenjivačem topline (ISO 17628:2015; EN ISO 17628:2015)
HRN EN ISO 17892-1:2015	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 1. dio: Određivanje vlažnosti (ISO 17892-1:2014; EN ISO 17892-1:2014)
HRN EN ISO 17892-2:2015	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 2. dio: Određivanje prostorne gustoće (ISO 17892-2:2014; EN ISO 17892-2:2014)
HRN EN ISO 17892-3:2016	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 3. dio: Određivanje gustoće čvrstih čestica (ISO 17892-3:2015, ispravljena verzija 2015-12-15; EN ISO 17892-3:2015)
HRN EN ISO 17892-4:2016	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 4. dio: Određivanje granulometrijskog sastava (ISO 17892-4:2016; EN ISO 17892-4:2016)
HRN EN ISO 17892-5:2017	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 5. dio: Edometarsko ispitivanje s inkrementalnim opterećenjem (ISO 17892-5:2017; EN ISO 17892-5:2017)
HRN EN ISO 17892-6:2017	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 6. dio: Pokus s padajućim šiljkom (ISO 17892-6:2017; EN ISO 17892-6:2017)
HRN EN ISO 17892-7:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 7. dio: Ispitivanje jednoosne tlačne čvrstoće (ISO 17892-7:2017; EN ISO 17892-7:2018)
HRN EN ISO 17892-8:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 8. dio: Nekonsolidirano nedrenirano troosno ispitivanje (ISO 17892-8:2018; EN ISO 17892-8:2018)
HRN EN ISO 17892-9:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 9. dio: Konsolidirana troosna tlačna ispitivanja tla zasićenog vodom (ISO 17892-9:2018; EN ISO 17892-9:2018)
HRN EN ISO 17892-10:2019	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 10. dio: Izravni posmik (ISO 17892-10:2018; EN ISO 17892-10:2018)
HRN EN ISO 17892-11:2019	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 11. dio: Ispitivanja propusnosti (ISO 17892-11:2019; EN ISO 17892-11:2019)
HRN EN ISO 17892-12:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 12. dio: Određivanje granice tečenja i granice plastičnosti (ISO 17892-12:2018; EN ISO 17892-12:2018)
HRN EN ISO 18674-1:2015	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Geotehničko opažanje terenskom mjernom opremom -- Opća pravila (ISO 18674-1:2015; EN ISO 18674-1:2015)

HRN EN ISO 18674-2:2016	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Geotehničko opažanje terenskom mjernom opremom -- 2. dio: Mjerenje pomaka duž linije: Ekstenzometri (ISO 18674-2:2016; EN ISO 18674-2:2016)
HRN EN ISO 18674-3:2018/A1:2020	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Geotehničko opažanje terenskom mjernom opremom -- 3. dio: Mjerenje pomaka okomito na os: Inklinometri (ISO 18674-3:2017/Amd 1:2020; EN ISO 18674-3:2017/A1:2020)
HRN EN ISO 18674-3:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Geotehničko opažanje terenskom mjernom opremom -- 3. dio: Mjerenje pomaka okomito na os: Inklinometri (ISO 18674-3:2017; EN ISO 18674-3:2017)
HRN EN ISO 18674-5:2019	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Geotehničko opažanje terenskom mjernom opremom -- 5. dio: Mjerenja promjene naprežanja ćelijama za mjerenje ukupnog tlaka (ISO 18674-5:2019; EN ISO 18674-5:2019)
HRN EN ISO 22282-1:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Geohidrauličko ispitivanje -- 1. dio: Opća pravila (ISO 22282-1:2012; EN ISO 22282-1:2012)
HRN EN ISO 22282-2:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Geohidrauličko ispitivanje -- 2. dio: Ispitivanje vodopropusnosti u bušotini otvorenim sustavom (ISO 22282-2:2012; EN ISO 22282-2:2012)
HRN EN ISO 22282-3:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Geohidrauličko ispitivanje -- 3. dio: Ispitivanje vodopropusnosti stijenske mase tlakom vode u bušotini (ISO 22282-3:2012; EN ISO 22282-3:2012)
HRN EN ISO 22282-4:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Geohidrauličko ispitivanje -- 4. dio: Ispitivanje crpljenjem vode (ISO 22282-4:2012; EN ISO 22282-4:2012)
HRN EN ISO 22282-5:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Geohidrauličko ispitivanje -- 5. dio: Infiltrometrijsko ispitivanje (ISO 22282-5:2012; EN ISO 22282-5:2012)
HRN EN ISO 22282-6:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Geohidrauličko ispitivanje -- 6. dio: Ispitivanje vodopropusnosti u bušotini zatvorenim sustavom (ISO 22282-6:2012; EN ISO 22282-6:2012)
HRN EN ISO 22475-1:2008	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Metode uzorkovanja i mjerenja podzemne vode -- 1. dio: Tehnička načela izvedbe (ISO 22475-1:2006; EN ISO 22475-1:2006)
HRS CEN ISO/TS 22475-3:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Metode uzorkovanja i mjerenja razine podzemne vode -- 3. dio: Neovisna ocjena sukladnosti organizacije i osoblja (ISO/TS 22475-3:2007; CEN ISO/TS 22475-3:2007)
HRN EN ISO 22476-1:2012/Ispr.1:2013	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 1. dio: Ispitivanje električnim statičkim prodiranjem bez mjerenja pornoga tlaka i s mjerenjem pornoga tlaka (ISO 22476-1:2012/Cor 1:2013; EN ISO 22476-1:2012/AC:2013)
HRN EN ISO 22476-1:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 1. dio: Ispitivanje električnim statičkim prodiranjem bez mjerenja pornoga tlaka i s mjerenjem pornoga tlaka (ISO 22476-1:2012; EN ISO 22476-1:2012)
HRN EN ISO 22476-2:2008/A1:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 2. dio: Dinamička penetracija (ISO

	22476-2:2005/Amd 1:2011; EN ISO 22476-2:2005/A1:2011)
HRN EN ISO 22476-2:2008	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 2. dio: Dinamička penetracija (ISO 22476-2:2005; EN ISO 22476-2:2005)
HRN EN ISO 22476-3:2008/A1:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 3. dio: Standardno penetracijsko ispitivanje (ISO 22476-3:2005/Amd 1:2011; EN ISO 22476-3:2005/A1:2011)
HRN EN ISO 22476-3:2008	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 3. dio: Standardno penetracijsko ispitivanje (ISO 22476-3:2005; EN ISO 22476-3:2005)
HRN EN ISO 22476-4:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 4. dio: Ispitivanje Ménardovim presiometrom (ISO 22476-4:2012; EN ISO 22476-4:2012)
HRN EN ISO 22476-5:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 5. dio: Ispitivanje savitljivim dilatometrom (ISO 22476-5:2012; EN ISO 22476-5:2012)
HRN EN ISO 22476-6:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 6. dio: Ispitivanje samobučnim presiometrom (ISO 22476-6:2018; EN ISO 22476-6:2018)
HRN EN ISO 22476-7:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 7. dio: Ispitivanje hidrauličkom prešom u bušotini (ISO 22476-7:2012; EN ISO 22476-7:2012)
HRN EN ISO 22476-8:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 8. dio: Ispitivanje utiskivanim (razmičućim) presiometrom (ISO 22476-8:2018; EN ISO 22476-8:2018)
HRN EN ISO 22476-10:2017	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 10. dio: Ispitivanje s pomoću prodiranja utega (WST) (ISO 22476-10:2017; EN ISO 22476-10:2017)
HRN EN ISO 22476-11:2017	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 11. dio: Ispitivanje plosnatim dilatometrom (ISO 22476-11:2017; EN ISO 22476-11:2017)
HRN EN ISO 22476-12:2015	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 12. dio: Ispitivanje statičkim, mehaničkim penetrometrom (CPT) (ISO 22476-12:2009; EN ISO 22476-12:2009)
HRN EN ISO 22476-14:2020	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 14. dio: Dinamičko penetracijsko ispitivanje u bušotini (ISO 22476-14:2020; EN ISO 22476-14:2020)
HRN EN ISO 22476-15:2016	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 15. dio: Mjerenje tijekom bušenja (ISO 22476-15:2016; EN ISO 22476-15:2016)
HRN EN ISO 22477-1:2019	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Ispitivanje geotehničkih konstrukcija -- 1. dio: Ispitivanje pilota statičkim tlačnim opterećenjem (ISO 22477-1:2018, ispravljena verzija 2019-03; EN ISO 22477-1:2018)
HRN EN ISO 22477-4:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Ispitivanje geotehničkih konstrukcija -- 4. dio: Ispitivanje pilota: Dinamičko ispitivanje (ISO 22477-4:2018; EN ISO 22477-4:2018)
HRN EN ISO 22477-5:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Ispitivanje

	geotehničkih konstrukcija -- 5. dio: Ispitivanje injektiranih sidara (ISO 22477-5:2018; EN ISO 22477-5:2018)
HRN EN ISO 22477-10:2016	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Ispitivanje geotehničkih konstrukcija -- 10. dio: Ispitivanje pilota: Ispitivanje brzim opterećivanjem (ISO 22477-10:2016; EN ISO 22477-10:2016)
ASTM D2487	Standardna praksa za klasifikaciju tla za inženjerske svrhe (jedinstveni sustav klasifikacije tla - USCS)

NORME ZA IZVOĐENJE GEOTEHNIČKIH RADOVA	HRVATSKI NAZIV
HRN EN 1536:2015	Izvedba posebnih geotehničkih radova -- Bušeni piloti (EN 1536:2010+A1:2015)
HRN EN 1537:2013	Izvedba posebnih geotehničkih radova -- Sidra u tlu i stijeni (EN 1537:2013)
HRN EN 1538:2015	Izvedba posebnih geotehničkih radova -- Dijafragme (EN 1538:2010+A1:2015)
HRN EN 12063:2008	Izvedba posebnih geotehničkih radova -- Zagatne stijene od žmurja (EN 12063:1999)
HRN EN 12699:2015	Izvedba posebnih geotehničkih radova -- Piloti s razmicanjem tla (EN 12699:2015)
HRN EN 12715:2008	Izvedba posebnih geotehničkih radova -- Injektiranje (EN 12715:2000)
HRN EN 12716:2019	Izvedba posebnih geotehničkih radova -- Mlazno injektiranje (EN 12716:2018)
HRN EN 14199:2015	Izvedba posebnih geotehničkih radova -- Mikropiloti (EN 14199:2015)
HRN EN 14475:2008	Izvedba posebnih geotehničkih radova -- Ojačani nasip (EN 14475:2006+AC:2006)
HRN EN 14490:2010	Izvedba posebnih geotehničkih radova -- Čavljano tlo (EN 14490:2010)
HRN EN 14679:2008	Izvedba posebnih geotehničkih radova -- Dubinsko miješanje (EN 14679:2005+AC:2006)
HRN EN 14731:2008	Izvedba posebnih geotehničkih radova -- Poboljšanje tla dubinskim vibriranjem (EN 14731:2005)
HRN EN 15237:2008	Izvođenje posebnih geotehničkih radova -- Uspravne drenaže (EN 15237:2007)

NORME ZA ZEMLJANE RADOVE

Sve relevantne norme za zemljane radove su dane u potpoglavlju 'Norme i tehnički propisi', u poglavlju 2 (Zemljani radovi) ovih OTU-a.

NORME ZA GEOSINTETIKE

Sve relevantne norme za geosintetike su dane u potpoglavlju 'Norme i tehnički propisi', u poglavlju 3 (Polaganje geosintetika) ovih OTU-a.

NORME ZA KAMEN	HRVATSKI NAZIV
HRN B.B0.001/84	Uzimanje uzoraka agregata kamena i zgure za potrebe građevina, putova i željeznica i za spravljanje betona
HRN EN 1926:2008	Metode ispitivanja prirodnog kamena -- Određivanje jednoosne tlačne čvrstoće (EN 1926:2006)
HRN EN 1936:2008	Metode ispitivanja prirodnoga kamena -- Određivanje gustoće i prostorne mase, ukupne i otvorene poroznosti (EN 1936:2006)

HRN EN 12059:2012	Proizvodi od prirodnog kamena -- Dimenzionirani obrađeni kamen -- Zahtjevi (EN 12059:2008+A1:2011)
HRN EN 12370:2020	Metode ispitivanja prirodnoga kamena -- Određivanje otpornosti na kristalizaciju soli (EN 12370:2020)
HRN EN 12371:2010	Metode ispitivanja prirodnog kamena -- Određivanje otpornosti na smrzavanje (EN 12371:2010)
HRN EN 12372:2008	Metode ispitivanja prirodnoga kamena -- Određivanje čvrstoće pri savijanju pod koncentriranim opterećenjem (EN 12372:2006)
HRN EN 12407:2019	Metode ispitivanja prirodnog kamena -- Petrografsko ispitivanje (EN 12407:2019)
HRN EN 12440:2017	Prirodni kamen -- Kriteriji za utvrđivanje nazivlja (EN 12440:2017)
HRN EN 13373:2020	Metode ispitivanja prirodnog kamena -- Određivanje geometrijskih značajki kamenih elemenata (EN 13373:2020)
HRN EN 13755:2008	Ispitne metode prirodnoga kamena -- Određivanje upijanja vode pri atmosferskom tlaku (EN 13755:2008)
HRN EN 14066:2013	Metode ispitivanja prirodnog kamena -- Određivanje otpornosti na starenje od toplinskih promjena (EN 14066:2013)
HRN EN 14147:2004	Ispitne metode prirodnog kamena -- Određivanje otpornosti na starenje pri djelovanju raspršene solne otopine (EN 14147:2003)
HRN EN 14157:2017	Metode ispitivanja prirodnoga kamena -- Određivanje otpornosti na abraziju (EN 14157:2017)
HRN EN 14581:2008	Metode ispitivanja prirodnoga kamena -- Određivanje koeficijenta linearnog termičkog širenja (EN 14581:2004)

NORME ZA GABIONE	HRVATSKI NAZIV
HRN EN 1179:2008	Cink i cinkove legure -- Primarni cink (EN 1179:2003)
HRN EN 10218-2:2012	Čelična žica i žičani proizvodi -- Općenito -- 2. dio: Mjere i dopuštena odstupanja za žicu (EN 10218-2:2012)
HRN EN 10223-3:2014	Čelična žica i proizvodi od žice za ograđivanje i omrežavanje -- 3. dio: Mreže od čelične žice sa šesterokutnim otvorima za inženjersku namjenu (EN 10223-3:2013)
HRN EN 10244-2:2010	Čelična žica i žičani proizvodi -- Neželjezne metalne prevlake na čeličnim žicama -- 2. dio: Prevlake od cinka i cinkovih legura (EN 10244-2:2009)
HRN EN 10264-2:2012	Čelična žica i žičani proizvodi -- Čelična žica za užad -- 2. dio: Hladno vučena nelegirana čelična žica za užad opće namjene (EN 10264-2:2012)

NORME ZA CIJEVI MIKROTUNELA	HRVATSKI NAZIV
HRN EN 295-1:2013	Keramički cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju -- 1. dio: Zahtjevi za cijevi, oblikovne komade i cijevne priključke (EN 295-1:2013)
HRN EN 877:2001/A1:2007/Ispr.1:2008	Lijeivano-željezne cijevi i spojni dijelovi, njihovi spojevi i pribor za kanalizaciju (odvodnju vode iz zgrada) -- Zahtjevi, metode ispitivanja i osiguranje kvalitete (EN 877:1999/A1:2006/AC:2008)
HRN EN 877:2001	Lijeivano željezne cijevi i spojni dijelovi, njihovi spojevi i pribor za kanalizaciju (odvodnju vode iz

	zgrada) -- Zahtjevi, postupci ispitivanja i osiguranje kakvoće (EN 877:1999)
HRN EN 1124-3:2008	Cijevi i oblikovani komadi uzdužno zavarenih cijevi od nehrđajućeg čelika s ravnim krajevima i naglavkom za sustave otpadnih voda -- 3. dio: Sustav X -- Dimenzije (EN 1124-3:2008)
HRN EN 1610:2015	Polaganje i ispitivanje odvoda i kanalizacijskih cijevi (EN 1610:2015)
HRN EN 1916:2005/Ispr.1:2008	Betonske cijevi i oblikovni komadi, nearmirani, s čeličnim vlaknima i armirani (EN 1916:2002/AC:2008)
HRN EN 1916:2005	Betonske cijevi i oblikovni komadi, nearmirani, s čeličnim vlaknima i armirani (EN 1916:2002)
HRN EN 14364:2013	Plastični cijevni sustavi za tlačnu i netlačnu odvodnju i kanalizaciju -- Staklom ojačani duromeri (GRP) na osnovi nezasićenih poliesterskih smola (UP) -- Specifikacije za cijevi, spojnice i brtve (EN 14364:2013)
HRN EN 14636-1:2010	Plastični cijevni sustavi za netlačnu odvodnju i kanalizaciju — Poliesterski betoni (PRC) — 1. dio: Cijevi i spojnice sa savitljivim brtvama (EN 14636-1:2009)

OSTALE RELEVANTNE NORME DANE U POGLAVLJU	HRVATSKI NAZIV
HRN EN 933-1:2012	Ispitivanje geometrijskih svojstava agregata -- 1. dio: Određivanje granulometrijskog sastava -- Metoda sijanja (EN 933-1:2012)
HRN EN 933-4:2008	Ispitivanja geometrijskih svojstava agregata -- 4. dio: Određivanje oblika zrna -- Indeks oblika (EN 933-4:2008)
HRN EN 998-2:2016	Specifikacija morta za zide -- 2. dio: Mort za zide (EN 998-2:2016)
HRN EN 1090-1:2012	Izvedba čeličnih i aluminijskih konstrukcija -- 1. dio: Zahtjevi za ocjenjivanje sukladnosti konstrukcijskih komponenata (EN 1090-1:2009+A1:2011)
HRN EN 1097-2:2020	Ispitivanja mehaničkih i fizikalnih svojstava agregata -- 2. dio: Metode za određivanje otpornosti na drobljenje (EN 1097-2:2020)
HRN EN 1097-5:2008	Ispitivanja mehaničkih i fizikalnih svojstava agregata -- 5. dio: Određivanje sadržaja vode sušenjem u ventilirajućem sušioniku (EN 1097-5:2008)
HRN EN 1097-6:2013	Ispitivanja mehaničkih i fizikalnih svojstava agregata -- 6. dio: Određivanje gustoće i upijanja vode (EN 1097-6:2013)
HRN EN 1367-2:2010	Ispitivanja toplinskog i vremenskog utjecaja na svojstva agregata -- 2. dio: Ispitivanje magnezijevim sulfatom (EN 1367-2:2009)
HRN EN 1367-4:2008	Ispitivanja toplinskog i vremenskog utjecaja na svojstva agregata -- 4. dio: Određivanje skupljanja pri sušenju (EN 1367-4:2008)
HRN EN 1744-1:2012	Ispitivanja kemijskih svojstava agregata -- 1. dio: Kemijska analiza (EN 1744-1:2009+A1:2012)
HRN EN 10025-2:2019	Toplo valjani proizvodi od konstrukcijskih čelika -- 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke za nelegirane konstrukcijske čelike (EN 10025-2:2019)
HRN EN 10080:2012	Čelik za armiranje betona -- Zavarljivi čelik za armiranje -- Općenito (EN 10080:2005)
HRN EN 10216-1:2013	Bešavne čelične cijevi za tlačne namjene -- Tehnički

	uvjeti isporuke -- 1. dio: Cijevi od nelegiranih čelika s utvrđenim svojstvima pri sobnoj temperaturi (EN 10216-1:2013)
HRN EN 10216-2:2014	Bešavne čelične cijevi za tlačne namjene -- Tehnički uvjeti isporuke -- 2. dio: Cijevi od nelegiranih i legiranih čelika s utvrđenim svojstvima pri povišenim temperaturama (EN 10216-2:2013)
HRN EN 10263-2:2017	Čelične šipke i žice za hladno gnječenje i hladno istiskivanje -- 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke za čelike koji nisu predviđeni za toplinsku obradu nakon hladne obrade (EN 10263-2:2017)
HRN EN 12110:2015	Strojovi za gradnju tunela -- Zračne brane -- Sigurnosni zahtjevi (EN 12110:2014)
HRN EN 12111:2015	Strojovi za gradnju tunela -- Rovokopači i mineri s neprekidnim djelovanjem -- Sigurnosni zahtjevi (EN 12111:2014)
HRN EN 13286-2:2010	Nevezane i hidrauličnim vezivom vezane mješavine -- 2. dio: Metode ispitivanja za određivanje laboratorijske referentne gustoće i udjela vode -- Zbijanje prema Proctoru (EN 13286-2:2010)
HRN EN 13286-4:2003	Nevezane i hidrauličnim vezivom vezane mješavine -- 4. dio: Ispitne metode za određivanje laboratorijske referencijske gustoće i udjela vode -- Vibrirajući čekić (EN 13286-4:2003)
HRN EN 13286-41:2003	Nevezane i hidrauličnim vezivom vezane mješavine -- 41. dio: Ispitna metoda za određivanje tlačne čvrstoće hidrauličnim vezivom vezanih mješavina (EN 13286-41:2003)
HRN EN 13286-42:2003	Nevezane i hidrauličnim vezivom vezane mješavine -- 42. dio: Ispitna metoda za određivanje vlačne čvrstoće neizravnim postupkom hidrauličnim vezivom vezanih mješavina (EN 13286-42:2003)
HRN EN 13331-1:2004	Sustavi za podgrađivanje rovova -- 1. dio: Specifikacije za proizvod (EN 13331-1:2002)
HRN EN 13331-2:2004	Sustavi za podgrađivanje rovova -- 2. dio: Dokazivanje proračunom ili ispitivanjem (EN 13331-2:2002)
HRN EN 13369:2018	Opća pravila za predgotovljene betonske elemente (EN 13369:2018)
HRN EN 14487-1:2005	Mlazni beton -- 1. dio: Definicije, specifikacije i sukladnost (EN 14487-1:2005)
HRN EN 14487-2:2007	Mlazni beton -- 2. dio: Izvedba (EN 14487-2:2006)
HRN EN 16191:2015	Strojovi za gradnju tunela -- Sigurnosni zahtjevi (EN 16191:2014)
HRN U.B1.016	Određivanje zapremine težine tla
HRN U.B1.046	Određivanje modula stišljivosti metodom kružne ploče
DIN 16941	Termoplastični ekstrudirani profili - Opće tolerancije veličine, oblika i orijentacije
DIN 18134	Određivanje karakteristika deformacije i čvrstoće tla ispitivanjem opterećenja ploče (Determining the deformation and strength characteristics of soil by the plate loading test)
DIN 18125-2	Ispitivanje tla - Određivanje gustoće tla - Dio 2: Terenska ispitivanja (Soil investigation and testing - Determination of density of soil - Part 2: Field tests)
ASTM D6270 – 20	Standardna praksa korištenja otpadnih guma u građevinarstvu (Standard Practice for Use of Scrap Tires in Civil Engineering Applications)

12-11.2 PROPISI

ZAKONI	
Zakon o gradnji	NN 153/13, NN 20/17, NN 39/19, NN 125/19
Zakon o prostornom uređenju	NN 153/13, NN 65/17, NN 114/18, NN 39/19, NN 98/19
Zakon o zaštiti na radu	NN 71/14, NN 118/14, NN 154/14, NN 94/18, NN 96/18
Zakon o održivom gospodarenju otpadom	NN 94/13, NN 73/17, NN 14/19, NN 98/19

TEHNIČKI PROPISI	
Tehnički propis za građevinske konstrukcije	NN 17/17
Tehnički propis o izmjeni i dopunama tehničkog propisa za građevinske konstrukcije	NN 75/20
Tehnički propis o građevnim proizvodima	NN 35/18, NN 104/19
Tehnički propis kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevne proizvode u usklađenom području	NN 4/15
Tehnički propis o izmjenama Tehničkog propisa kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevne proizvode u usklađenom području	NN 43/19

PRAVILNICI	
Pravilnik o kontroli projekata	NN 32/14, NN 72/20
Pravilnik o načinu provedbe stručnog nadzora građenja, obrascu, uvjetima i načinu vođenja građevinskog dnevnika te o sadržaju završnog izvješća nadzornog inženjera	NN 111/14, NN 107/15, NN 20/17, NN 98/19, NN 121/19
Pravilnik o zaštiti na radu na privremenim gradilištima	NN 48/18
Pravilnik o tehničkim zahtjevima za građevine odvodnje otpadnih voda, kao i rokovima obvezne kontrole ispravnosti građevina odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda	NN 3/11

Poveznica:

Više informacija o EU fondovima možete pronaći na stranici Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova
Europske unije: **www.strukturnifondovi.hr**

Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Hrvatskih voda