

IMPRESUM:**IZDAVAČ****Hrvatske ceste d.o.o.**

za upravljanje, građenje i održavanje državnih cesta

Vončinina ulica 3, 10 000 Zagreb – Hrvatska

www.hrvatske-ceste.hr

UREDNIŠTVO**Voditelj projektnog tima**

Tomislav Dragovan

Pomoćnik voditelja projektnog tima

Marko Šimac

Voditelj izrade knjige

Davor Trlaja

Suradnici

Danijel Tenžera

Ivan Sokol

Grafički prijelom i tisak

Q-concept d.o.o.

Zagreb, 2024.

HRVATSKE CESTE

OPĆI TEHNIČKI UVJETI
ZA RADOVE NA CESTAMA

KNJIGA IV – GEOTEHNIČKI RADOVI

Zagreb

Informacije o dokumentu

Naziv projekta	Izrada Općih tehničkih uvjeta za radove na cestama	
Naručitelj	Hrvatske ceste d.o.o. Vončinina 3, 10000 Zagreb	
Izvršitelj	Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet Kačićeva 26, 10000 Zagreb	
	INSTITUT IGH, d.d. Janka Rakuša 1, 10000 Zagreb	
	ZG-PROJEKT d.o.o. I. Đorđića 24, 10000 Zagreb	
	TPA održavanje kvaliteta i inovacija d.o.o. Ulica Petra Hektorovića 2, 10000 Zagreb	
	R2 & tunnel design d.o.o., Gruška 20, 10000 Zagreb,	
Oznaka knjige	KNJIGA IV – GEOTEHNIČKI RADOVI	
Voditelj izrade OTU	Prof. dr. sc. Vesna Dragčević, dipl. ing. građ.	
Voditelji izrade knjige	Prof. dr. sc. Meho-Saša Kovačević, dipl. ing. građ.	
Stručni tim	Izv. prof. dr. sc. Mario Bačić, dipl. ing. građ. Prof. dr. sc. Danijela Jurić Kačunić, dipl. ing. građ. Izv. prof. dr. sc. Lovorka Librić, dipl. ing. građ.	
Verzija	OTU_04-Geotehnički radovi_Rev F-P-2023.docx	
Datum	prosinac, 2023.	

Sadržaj

4-01. Općenito	1
4-01.1. Geotehnička klasifikacija	2
5-02. Pojmovi	7
4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu	11
4-03.1. Sondažne jame	12
4-03.2. Istražne bušotine	15
4-03.3. Statički penetracijski pokus	16
4-03.4. Geofizička ispitivanja	18
4-04. Radovi monitoringa i opažanja	20
4-04.1. Geodetski reperi	20
4-04.2. Deformetri	21
4-04.3. Inklinometri	23
4-04.4. Klinometri	25
4-04.5. Piezometri	25
4-04.6. Mjerne ćelije	27
4-05. Radovi na poboljšanju tla i stijene	29
4-05.1. Zamjena tla i utiskivanje kamenog materijala	29
4-05.1.1. Zamjena tla	29
4-05.1.2. Utiskivanje kamenog materijala	30
4-05.2. Smanjenje opterećenja	32
4-05.3. Povećanje efektivnih naprezanja u tlu	33
4-05.3.1. Predopterećenje tla	33
4-05.3.2. Predopterećenje tla pomoću vakuUma	34
4-05.3.3. Preopterećenje tla	37
4-05.3.4. Ugradnja vertikalnih drenova	37
4-05.3.5. Ugradnja horizontalnih drenova	39
4-05.3.6. Isušivanje tla	40
4-05.4. Udarne metode	41
4-05.4.1. Dinamičko zbijanje	41
4-05.4.2. Brzo udarno zbijanje	42

4-05.4.3.	Miniranje.....	44
4-05.5.	Vibracijske metode	45
4-05.5.1.	Vibro-zbijanje.....	46
4-05.5.2.	Šljunčani stupnjaci.....	47
4-05.6.	Injektiranje	48
4-05.6.1.	Injektiranje pod niskim tlakom	49
4-05.6.2.	Mlazno injektiranje.....	53
4-05.7.	Duboko miješanje tla	55
4-06.	Radovi na temeljenju.....	58
4-06.1.	Plitko temeljenje	58
4-06.1.1.	Monolitna izvedba plitkih temelja.....	61
4-06.1.2.	Predgotovljeni plitki temelji	62
4-06.2.	Duboko temeljenje.....	63
4-06.2.1.	Bušeni piloti (piloti bez razmicanja tla)	64
4-06.2.2.	Zabijeni i uvrtni piloti (piloti s razmicanjem tla)	68
4-06.2.3.	Mikropiloti	71
4-06.2.4.	Pokusno opterećenje pilota	73
4-06.2.5.	Bunari	75
4-07.	Radovi na zaštiti građevnih jama	78
4-07.1.	Armiranobetonske dijafragme	78
4-07.2.	Pilotne stijene	82
4-07.3.	Zabijeno čelično žmurje i čelični profili	84
4-07.4.	Zaštita bunarima.....	87
4-08.	Radovi na zaštiti od djelovanja podzemne vode.....	89
4-08.1.	Općenito o zaštiti od prodiranja podzemne vode	89
4-08.1.1.	Drenažni sustav sa sabirnim oknima	91
4-08.1.2.	Sustav iglofiltera	93
4-08.1.3.	Sustav bunara	96
4-08.1.4.	Elektroosmoza.....	100
4-08.1.5.	Vodonepropusne armiranobetonske i glinobetonske dijafragme ili pilotne stijene	101
4-08.1.6.	Injektirane vodonepropusne zavjese	102
4-08.1.7.	Vodonepropusno žmurje	104
4-08.1.8.	Zemljani zagati	105
4-08.1.9.	Smrzavanje tla.....	106

4-08.1.10. Brtvljenje dna iskopa mlaznim injektiranjem	107
4-08.2. Zaštita od uzgona	108
4-08.2.1. Izvedba prednapetih sidara za zaštitu od uzgona	109
4-08.2.2. Izvedba mikropilota za zaštitu od uzgona.....	109
4-08.2.3. Izvedba mlazno injektiranih stupnjaka za zaštitu od uzgona	110
4-09. Radovi na stabilizaciji kosina	112
4-09.1. Stabilizacija kosina u tlu	112
4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima.....	112
4-09.1.2. Stabilizacija kosina čavlima	117
4-09.1.3. Stabilizacija kosina mikropilotima	119
4-09.1.4. Stabilizacija kosina pilotima.....	120
4-09.2. Stabilizacija kosina u stijeni	121
4-09.2.1. Stabilizacija kosina stijenskim sidrima.....	122
4-09.2.2. Stabilizacija kosina mlaznim betonom.....	125
4-09.2.3. Stabilizacija kosina nosivim mrežama	127
4-09.2.4. Stabilizacija barijerama protiv odrona.....	129
4-10. Radovi na ojačanju nasutih građevina geosinteticima	133
4-11. Popis normi i tehničkih propisa.....	136
4-11.1. Norme.....	136
4-11.2. Tehnički propisi	140

Popis kratica

CH	<i>Cross-hole</i> ispitivanje
CPT	Statički penetracijski pokus
DH	<i>Down-hole</i> ispitivanje
EN	Europska norma
ERT	Geoelektrična tomografija
ISO	Međunarodna organizacija za normizaciju
MASW	Multikanalna analiza površinskih valova
OTU	Opći tehnički uvjeti
PE	Polietilen
PKOK	Program kontrole i osiguranja kvalitete
POG	Projekt organizacije građenja
PP	Polipropilen
PTU	Posebni tehnički uvjeti
PVC	Polivinil klorid
SASW	Spektralna analiza površinskih valova
SPT	Standardni penetracijski pokus
US	Udarna sonda

GEOTEHNIČKI RADOVI

4-01. OPĆENITO

U ovoj knjizi Općih tehničkih uvjeta (OTU) propisani su minimalni zahtjevi izvođenja, uvjeti kvalitete te načini mjerenja i obračuna geotehničkih radova koji se uobičajeno provode pri građenju, sanaciji, rekonstrukciji, održavanju i uklanjanju cesta i cestovnih građevina. Svojstva, metode ispitivanja i uvjeti kvalitete, kao i kontrola i potvrđivanje sukladnosti materijala i proizvoda koji se koriste kod izvođenja geotehničkih radova propisani su u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi ovih OTU-a.

Geotehnički radovi odnose se na izvedbu posebnih geotehničkih zahvata i konstrukcija u temeljnom tlu, na tlu ili od tla, tj. zemljanih, miješanih ili kamenih 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 za sve geotehničke radove i konstrukcije je poznavanje uvjeta u temeljnom tlu i svojstava zemljanih materijala, pa su primjerena geotehnička istraživanja sastavni dio geotehničkih radova.

U smislu radova na cestama i ovih OTU-a, geotehnički radovi i konstrukcije obuhvaćaju:

- poboljšanje temeljnog tla i stijene
- temeljenje građevina
- zaštitu građevnih jama
- zaštitu iskopa od prodiranja vode
- osiguranje stabilnosti zasjeka i usjeka, kao i sanaciju klizišta te
- ojačanje nasutih građevina.

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.

OTU-i 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). Kada se u ugovoru, tehničkoj dokumentaciji ili troškovniku propisuje obveza rada u skladu s bilo kojom odredbom u određenom poglavlju ove knjige, Ugovaratelj je dužan radove izvoditi u skladu sa svim relevantnim odredbama OTU-a.

Radovi moraju biti obavljani u skladu s projektom, važećim propisima, normama, programom kontrole i osiguranja kvalitete (PKOK), projektom organizacije građenja (POG), zahtjevima nadzornog inženjera i ovim OTU-ima.

Radovi se prvenstveno provode u skladu s odredbama važećih tehničkih propisa i hrvatskih normi. Ako za pojedini rad hrvatska norma ne postoji, ili niti jedna norma nije navedena, obvezna je primjena odgovarajućih EN-i (europska norma). Ako se neki propis ili norma u međuvremenu stave van snage, važit će zamjenski propis ili norma.

Izvođač može predložiti i primjenu priznatih tehničkih pravila (normi) neke druge inozemne normizacijske ustanove (ISO, DIN, ASTM...) odnosno jednakovrijedne tehničke specifikacije kojom se postižu najmanje jednaki zahtjevi kao propisani ili stroži. Svaka takva izmjena mora biti obrazložena pisanim putem te odobrena od strane nadzornog inženjera uz suglasnost projektanta i suglasnost naručitelja. U tom slučaju izvođač je dužan takvu promjenu unijeti u izvedbeni projekt.

4-01.1. GEOTEHNIČKA KLASIFIKACIJA

Geotehnička praksa u Hrvatskoj se već dugu godina oslanja na geotehničku klasifikaciju tla u skladu s USCS klasifikacijom prema američkoj normi ASTM D 2487-17. S druge strane, europska geotehnička klasifikacija tla ESCS je razvijena 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 2487-17, a uzimajući u obzir i načela klasifikacije dana u HRN EN ISO 14688, ovo poglavlje daje uvid u klasifikaciju tla prema USCS klasifikaciji (tablica 4-01-1) i prema ESCS klasifikaciji (tablica 4-02-2). ESCS okvirno slijedi smjernice definirane USCS klasifikacijom, uz razlike u označavanju grupa tla simbolima, nazivima grupa tla i procedurama za klasifikaciju.

Tablica 4-01-1: Klasifikacija tla prema USCS klasifikaciji (norma ASTM D 2487-17)

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 građuiran šljunak ^D
			$c_u < 4$ i/ili $1 > c_c > 3^C$	GP	Slabo građuiran šljunak ^D
		Šljunak sa sitnim česticama (više od 12 % sitnih čestica ^E)	Sitne čestice se klasificiraju kao ML ili MH	GM	Prašinasti 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 građuiran pijesak ^H
			$c_u < 6$ i/ili $1 > c_c > 3^C$	SP	Slabo građuiran pijesak ^H
		Pijesak sa sitnim česticama (više od 12 % sitnih čestica ^I)	Sitne čestice se klasificiraju kao ML ili MH	SM	Prašinasti 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}
		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	Elastični prah ^{K,L,M}
		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 „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

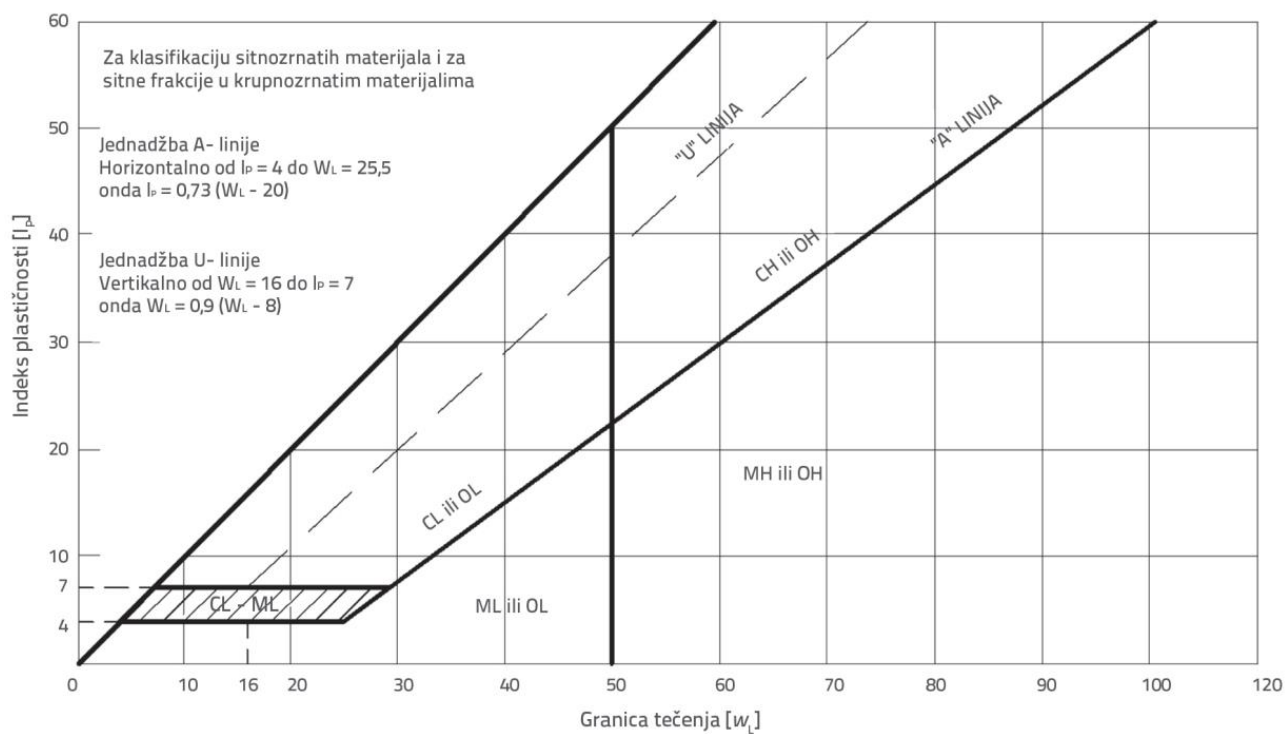
D₆₀ je promjer sita kroz koji prolazi 60 % ukupne količine uzorka

D₃₀ je promjer sita kroz koji prolazi 30 % ukupne količine uzorka

D₁₀ je promjer sita kroz koji prolazi 10 % ukupne količine uzorka.

- D Ako tlo sadrži ≥ 15 % pijeska nazivu grupe tla treba dodati „s pijeskom”.
- E Šljunci sa 5 do 12 % sitnih čestica dobivaju dvojne simbole:
GW-GM dobro graduirani šljunak s prahom
GW-GC dobro graduirani šljunak s glinom
GP-GM slabo graduirani šljunak s prahom
GP-GC slabo graduirani šljunak s 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 ≥ 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 „s šljunkom”, ovisno koji je od ta dva materijala zastupljeniji.
- L Ako tlo sadrži ≥ 30 % materijala iznad sita br. 200 – 0,075 mm, ako prevladava pijesak, nazivu grupe tla treba dodati „pjeskoviti”.
- M Ako tlo sadrži ≥ 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.

Slika 4-01-1: Dijagram plastičnosti za USCS klasifikaciju prema ASTM D 2487-17



Tablica 4-01-2: 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 građirani ŠLJUNAK ^D
			$6 \leq c_u < 15$ i $c_c < 1^C$	GrM	Srednje građirani ŠLJUNAK ^D
			$3 \leq c_u < 6$ i $c_c < 1^C$	GrP	Slabo građirani ŠLJUNAK ^{D,E}
			$c_u < 3^C$ i $c_c < 1^C$	GrU	Jednolično građirani ŠLJUNAK ^D
			$c_u \geq 15$ i $c_c < 0,5^C$	GrG	Neujednačeno građirani 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	Prašinasti 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 građirani PIJESAK ^I
			$6 \leq c_u < 15$ i $c_c < 1^C$	SaM	Srednje građirani PIJESAK ^I
			$3 \leq c_u < 6$ i $c_c < 1^C$	SaP	Slabo građirani PIJESAK ^{E,I}
			$c_u < 3^C$ i $c_c < 1^C$	SaU	Jednolično građirani PIJESAK ^I
			$c_u \geq 15$ i $c_c < 0,5^C$	SaG	Neujednačeno građirani 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	Prašinasti 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 ≥ 15 % pijeska, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku „sa”, a ispred naziva grupe „pjeskoviti”.
- E Ako koeficijenti jednolikosti i zakrivljenosti ne zadovoljavaju kriterije za dobro, srednje, jednolično ili neujednačeno graduirana tla, tlo se klasificira kao slabo graduirani ŠLJUNAK, GrP, odnosno slabo graduirani PIJESAK, SaP.
- F Šljunci s 5 do 15 % sitnih čestica, ovisno o graduiranosti i plastičnosti dobivaju oznake: siGrW – prašinski dobro graduirani ŠLJUNAK, siGrM – prašinski srednje graduirani ŠLJUNAK, siGrP – prašinski slabo graduirani ŠLJUNAK, siGrU – prašinski jednolično graduirani ŠLJUNAK, siGrG – prašinski neujednačeno graduirani ŠLJUNAK, clGrW – glinoviti dobro graduirani ŠLJUNAK, clGrM – glinoviti srednje graduirani ŠLJUNAK, clGrP – glinoviti slabo graduirani ŠLJUNAK, clGrU – glinoviti jednolično graduirani ŠLJUNAK, clGrG – glinoviti neujednačeno graduirani 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 ≥ 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 graduiranosti i plastičnosti dobivaju oznake: siSaW – prašinski dobro graduirani PIJESAK, siSaM – prašinski srednje graduirani PIJESAK, siSaP – prašinski slabo graduirani PIJESAK, siSaU – prašinski jednolično graduirani PIJESAK, siSaG – prašinski neujednačeno graduirani PIJESAK, clSaW – glinoviti dobro graduirani PIJESAK, clSaM – glinoviti srednje graduirani PIJESAK, clSaP – glinoviti slabo graduirani PIJESAK, clSaU – glinoviti jednolično graduirani PIJESAK, clSaG – glinoviti neujednačeno graduirani 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 onačava s CiL-SiL, kao prašinsto GLINA.
- w_L je granica tečenja
- I_p je indeks plastičnosti.
- L Ako tlo sadrži ≥ 15 % krupnozrnog materijala, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku „sa” ili „gr”, a ispred naziva grupe dodati „pjeskoviti” ili „šljunkoviti”, ovisno koji je od ta dva materijala zastupljeniji.

4-02. POJMOVI

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

Bentonit je upijajuća glina koja bubri i sastoji se uglavnom od montmorilonita (vrsta smektita) koji može biti Na-montmorilonit ili Ca-montmorilonit.

Bunar je: a) vrsta dubokog masivnog temelja otvorenog s gornje i donje strane koji se spušta potkopavanjem; 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.

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

Ekspanzijska sidra su sidra s ekspanzijskom glavom na vrhu koja se ugradnjom širi te čvrstim kontaktom sa stijenom omogućuje stabilnost podzemnog otvora.

Geokompoziti (GCO) je materijal koji je proizveden kao kompozit uporabom barem jednog geosintetičkog proizvoda među svojim komponentama. Geokompozit se može izrađivati kombinacijom materijala od kojih je barem jedan geotekstil srodan proizvod ili kombinacijom geotekstila i jednog geotekstilu srodnog proizvoda.

Geomembrana ili polimerna geosintetička barijera (GBR-P) je tvornički sastavljena konstrukcija/struktura od geosintetičkih materijala u planarnom obliku koji djeluje kao barijera. Površinski sloj geomembrane može biti gladak ili hrapav (jednostrano ili dvostrano), što ovisi o potrebama i namjeni geomembrana. Hrapave geomembrane osiguravaju veće trenje na kontaktu i često se koriste u odlagalištima otpada.

Geomreža (GGR) je planarna, polimerna struktura koja se sastoji od vlačnih elemenata integralno spojenih u mrežu pravilnih otvora, koji mogu biti povezani istiskivanjem, vezivom ili ispreplitanjem, čiji su otvori veći od samih komponenti. Prema nosivosti geomreže se mogu podijeliti na mreže nosive u jednom (jednoosne), dva (dvoosne) ili više smjerova.

Geopletivo (GMA) je trodimenzionalna, propusna struktura, načinjena od polimernih niti i/ili drugih elemenata (sintetičkih ili prirodnih), koji su mehanički i/ili termički i/ili kemijski i/ili na drugi način spojeni. Koriste se za zaštitu od erozije ili, ako se spoje/oblože geotekstilom, za funkciju dreniranja. Nemaju značajniju ni vlačnu ni tlačnu čvrstoću pa ih je potrebno pričvrstiti na pokos.

Geosintetici su planarni polimerni materijali koji se koriste u kombinaciji ili u kontaktu sa zemljanim ili kamenim tlom ili ostalim geotehničkim materijalima za različite svrhe kod gradnje geotehničkih, hidrotehničkih i ostalih inženjerskih građevina.

Geotekstil (GTX) je planaran, propustan, polimerni (sintetički ili prirodni) tekstilni materijal, koji može biti netkani, pleteni ili tkani, koji se koristi u dodiru s tlom i/ili drugim materijalima u geotehničkim i ostalim građevinskim zahvatima. Najviše se koristi za razdvajanje, filtriranje i za zaštitu, a često i za dreniranje i nešto rjeđe za ojačanje/armiranje.

Glinena geosintetička barijera (GCL ili GBR-C) je tvornički sastavljena struktura od geosintetičkih materijala u planarnom obliku koji djeluju kao barijera koja se na tržištu još naziva i bentonitni tepih. Bentonitni tepih tvornički je proizvedena hidraulička barijera koja se sastoji od mineralne i sintetičke komponente. Mineralna komponenta, odnosno bentonitna glina u prahu ili zrnu, pričvršćuje se lijepljenjem, iglanjem ili prošivanjem između dva sloja geosintetika, najčešće geotekstila. U dodiru s vodom mineralna komponenta bubri i tako povećava volumen bentonitnog tepiha, a budući da je promjena volumena ograničena geotekstilima koji je oblažu s obje strane, smanjuje se porozitet bentonita i time povećava njegova nepropusnost.

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

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.

IBO-sidra (injekciona samobušeća sidra) su kombinirani sustav štapnog sidra i šipke za bušenje. Tijekom bušenja sidro se koristi kao šipka za bušenje učvršćena s bušačom krunom. Šipka i tjeme ostaju u bušotini kao štapno sidro, koje se zalijeva kroz otvor za ispiranje. U slučaju urušavanja bušotina, ovaj sustav još uvijek omogućuje postavljanje štapnih sidara.

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 uklanjanje dijela sraslog tla radi gradnje građevine (prometnice, temelja građevine, pilota, dijafragme, podzemnih dijelova građevine, tunela, rovova, kanala, bunara i sl.) ili provedbe istražnih radova (sondažne jame i sl.).

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

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.

Kučiste je zaštitni element, najčešće PVC cijevi, koji osigurava prodor geotehničkih sidara kroz armiranobetonske ili betonske konstruktivne elemente.

Mlazni beton je beton proizveden iz osnovne mješavine i pneumatski izbačen iz mlaznice na mjesto ugradnje kako bi se proizvela gusta homogena masa zbijena vlastitim zamahom.

Modul stišljivosti izražava mjeru zbijanja ispitanog 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 građevinski objekt donjeg ustroja ceste koji može biti izgrađen od zemljanog, miješanog, kamenog ili recikliranog materijala na temeljnom tlu (pripremljenom sraslom tlu), a gradi se nasipavanjem, ravnanjem i zbijanjem u horizontalnim slojevima u punoj širini pri čemu debljina slojeva ovisi o vrsti nasipnog materijala.

PG-sidra (naknadno injektirana sidra) načinjena su od rebrastih čeličnih šipki sa pričvršćenim crijevom. Injektira se nakon postavljanja sidra kroz crijevo.

Piloti su uspravni ili gotovo uspravni stupovi izgrađeni sa svrhom da prenesu opterećenje građevine trenjem po svom plaštu i/ili preko stope. Obično se izvode u grupi te se spajaju s naglavnom pločom (ili naglavnom gredom). Osim toga, piloti mogu poslužiti kao elementi zaštite građevne jame te kao elementi stabilizacije kosina.

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

Podzemna voda je voda koja ispunjava šupljine u sraslom tlu i stijeni.

Pokos (usjeka, zasjeka ili nasipa) je dio trupa prometnice koji služi za postupan prijelaz s planuma prometnice na prirodni teren te za osiguranje stabilnosti donjeg ustroja.

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

Sidro u tlu (geotehničko sidro) je uža 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.

SN-sidra načinjena su od rebrastih čeličnih šipki i potpuno su povezana cementnim mortom s okolnom stijenom. Rupa se ispunjava masom za injektiranje prije postavljanja sidra.

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 dio litosfere, tlo u neporemećenom stanju, na kojem je predviđena izgradnja ceste ili kojeg drugog cestovnog objekta.

Swellex štapna sidra (trenjem fiksirana štapna sidra) su mehanički sklopljene čelične cijevi. Visoki pritisak vode napuhava cijev i prilagođuje njen oblik nepravilnostima bušotine.

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 stupnjaci (šljunčani piloti) 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.

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.

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.

4-03. DODATNI GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI NA GRADILIŠTU

Opis rada

Rad obuhvaća provedbu dodatnih istražnih radova u temeljnom tlu na gradilištu, prije početka i/ili tijekom same izvedbe radova. Dodatni istražni radovi koji se provode prije početka radova su predviđeni projektom u slučaju da su nepoznati uvjeti u temeljnom tlu, stijeni ili uvjeti podzemne vode. Dodatni istražni radovi tijekom izvedbe radova se mogu provesti ako su zatečeni uvjeti drugačiji od uvjeta prikazanih u izvještaju o provedenim istražnim radovima i u geotehničkom projektu. Dodatni istražni radovi se mogu provesti i ako se želi utvrditi stanje postojećih konstrukcija (npr. uvjeti temeljenja) ili položaj i pružanje instalacija na lokaciji.

Ovo poglavlje daje uvid u tehničke uvjete izvedbe sondažnih jama (poglavljje 4-03.1.), istražnih bušotina (poglavljje 4-03.2.), statičkog penetracijskog testa (poglavljje 4-03.3.) te geofizičkih seizmičkih ispitivanja (poglavljje 4-03.4.)

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Obuhvat istražnih radova koje je potrebno izvesti na lokaciji može sadržati bez ograničavanja sljedeće:

- a) sondažne jame
- b) istražne bušotine
- c) laboratorijsko ispitivanje uzoraka
- d) penetracijske testove (statički penetracijski test – CPT, udarne sonde – US)
- e) probna opterećenja
- f) testove vodopropusnosti
- g) geofizička ispitivanja (seizmička, geoelektrična, elektromagnetska itd.)
- h) razinu podzemnih voda i određivanje kvalitete podzemnih voda.

S obzirom da se metode istražnih radova (c) – (h) u pravilu provode od strane specijaliziranih izvođača, tehnički uvjeti izvedbe pojedine metode se neće dati u okviru ovog poglavlja, već su definirani Posebnim tehničkim uvjetima (PTU). Iznimka su međutim ispitivanja statičkog penetracijskog testa (CPT) i geofizičkih seizmičkih metoda koje se, osim kao dodatni istražni radovi na gradilištu, provode i kao sastavni dio kontrole kvalitete poboljšanja tla, prema danom u poglavlju 4-05. Radovi na poboljšanju tla i stijene te je stoga u okviru ovog poglavlja dana njihova razrada.

Program dodatnih istražnih radova izrađuje projektant u okviru projekta, ako su projektom predviđeni dodatni istražni radovi. Program istražnih radova za potrebe identifikacije uvjeta u tlu, stijeni ili podzemnoj vodi, tijekom izvedbe radova, izrađuje izvođač.

Pri tome će program, u oba slučaja, bilo da je obuhvaćen projektom ili ne, sadržavati odgovarajuća „in situ” ispitivanja i laboratorijska ispitivanja te način izrade i sadržaj privremenih i konačnih izvješća. Program će na jasan način, tekstualno i grafički, prikazati lokacije izvedbe istražnih radova, način iskopa i geometriju iskopa (dubina, nagibi pokosa) sondažnih jama, dubine bušotina i/ili penetracijskih ispitivanja, pozicije eventualnog uzorkovanja tla/stijene, kao i pozicije i duljine geofizičkih ispitivanja.

Temeljem izrađenog programa istražnih radova, izvođač nakon detaljnog pregleda terena može definirati konačne lokacije provedbe ispitivanja, ali za to mora dobiti suglasnost nadzornog inženjera i projektanta.

Provedba i interpretacija dodatnih istražnih radova, u pojedinim slučajevima, može rezultirati s promjenom tehnologije izvođenja radova, za što izvođač mora dobiti pisanu suglasnost od nadzornog inženjera, projektanta i investitora.

Uvjet kvalitete

Postupci i rezultati dodatnih geotehničkih istražnih radova prikazuju se u izvješčaju o dodatnom istraživanju temeljnog tla.

Da bi se u svakom trenutku mogla napraviti usporedba stvarnog stanja s pretpostavljenim stanjem, izvođač na gradilištu mora imati primjerak geotehničkog izvješčaja i geotehničkog projekta.

Navedeni izvješčaj se dostavlja nadzornom inženjeru i investitoru na odobrenje po završetku ispitivanja na lokaciji. Izvješčaje, zajedno sa svim rezultatima ispitivanja, treba dostaviti i projektantu na odobrenje.

Izvješće treba sadržavati sve podatke sukladno „Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije” gdje za provedena terenska ispitivanja 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 interpretaciju rezultata geotehničkih istražnih radova te eventualno drugih istražnih radova i podloga (na primjer: geoloških, inženjersko-geoloških, hidrogeoloških, hidroloških, i sl.) u sklopu i prema pravilima geotehničke struke.

Način mjerenja i obračuna radova

Obračun dodatnih istražnih radova na gradilištu se vrši prema opisu troškovničke stavke, u slučaju kad se dodatni geotehnički istražni radovi izvode planski, kao dio projektom predviđenih aktivnosti.

Ako izvođač izvodi dodatne istražne radove na gradilištu na svoj zahtjev, te radove ne plaća investitor nego ih izvođač izvodi o svom trošku.

4-03.1. SONDAŽNE JAME**Opis rada**

Rad obuhvaća iskop sondažne jame u tlu ili stijeni, vizualni pregled, eventualna terenska ispitivanja te uzimanje uzoraka za potrebe određivanja uslojenosti i inženjersko-geoloških svojstava tla, stijene i podzemne vode u površinskim slojevima, kao i za potrebe ocjene stanja, položaja i geometrije postojećih građevina i postojećih instalacija (vodovod, odvodnja, struja, plin, itd.). Rad obuhvaća i zatrpavanje jame nakon provedenih radova.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Ovisno o materijalu u kojem se izvode, sondažne jame je potrebno izvesti strojno ili ručno. Dodatno, ako se iskop vrši uz postojeće građevine i/ili instalacije na kojima strojni iskop može prouzrokovati štetu, potrebno je iskop vršiti ručno uz pažljivo napredovanje iskopa.

Dubina sondažne jame je definirana projektom. 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 su dani u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-04. Široki iskop tla.

Ako je sondažna jama dublja od 1 m, a pokosi strmiji od navedenog u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-04. Široki iskop tla potrebno je izvesti odgovarajuće razupiranje stranica sondažne jame kako bi se spriječilo urušavanje bočnih strana iskopa. Izbor vrste podgradnih elemenata, njihova svojstva i dimenzije treba biti definiran projektom izrađenim od strane ovlaštenog inženjera, a nadzorni inženjer će ga pregledati i odobriti za primjenu na gradilištu. Pri tome se kao sustav zaštite sondažne jame mogu primijeniti sustavi zaštite i osiguranja iskopa dani u poglavlju 4-07. Radovi na zaštiti građevnih jama kao i specijalizirana rješenja zaštite sustavom kliznih oplata s razuporama (tzv. „Krings” sustav).

Iskop pokosa se u koherentnim tlima može izvesti i stepenasto, pri čemu visina pojedine stepenice ne smije biti veća od 50 cm. Širina dna iskopa mora biti minimalno 70 cm.

Osobe ni u jednom slučaju, bilo prilikom iskopa, inspekcije, uzimanja uzorka, ne smiju biti unutar sondažne jame ako nije osigurana njezina stabilnost.

Silazak u jamu je moguć jedino kada su osigurani sigurni uvjeti rada, te se silazak 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 2,0 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.

Ako se iskop sondažne jame izvodi ispod razine podzemne vode, mora se osigurati zaštita iskopa od prodiranja vode sukladno poglavlju 4-08. Radovi na zaštiti od djelovanja podzemne vode.

Ako se sondažne jame izvode za potrebe uvida u stanje položaja i geometrije postojećih građevina 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 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 postojeće građevine mogu biti ugrožene radovima. Ako se vrši iskop uz postojeću građevinu, izvođač će izraditi probni iskop uz temelje postojećih građevina. Probnim 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 definiranom programom dodatnih istražnih radova.

Ako se sondažnom jamom žele utvrditi geotehničke značajke temeljnog tla, stijene i podzemne vode, pregledavaju se vizualno od strane stručnih osoba te se sastav tla uspoređuje s pretpostavljenim inženjersko-geološkim profilom tla. Dodatno, u samoj jami se mogu provesti i jednostavnija ručna ispitivanja identifikacije tla da bi se dobio preliminarni uvid

u konzistenciju tla i njegovo 3mehaničko ponašanje, kao što je primjerice džepni penetrometar, džepna krilna sonda ili pokus probnog opterećenja kružnom pločom na dnu jame. Vrsta ispitivanja i njihov opseg moraju biti definirani programom dodatnih istražnih radova. Džepni penetrometar i džepna krilna sonda se izvode u koherentnim tlima, a pokus probnog opterećenja kružnom pločom se izvodi i u koherentnim i u nekoherentnim tlima.

Džepni penetrometar je ručni instrument za ispitivanje približne vrijednosti jednoosne tlačne čvrstoće koherentnog tla. Mjerenje se izvodi utiskivanjem mjerne sonde penetrometra u tlo do dubine 6,4 mm te očitavanjem vrijednosti s mjerne skale.

Džepna krilna sonda je ručni instrument za ispitivanje približne vrijednosti vršne i rezidualne nedrenirane posmične čvrstoće koherentnog tla. Mjerenje se izvodi utiskivanjem nastavka s lopaticama u tlo te rotiranjem uređaja u smjeru kazaljke na satu do sloma tla. Nakon sloma tla očita se vrijednost s mjerne skale. Nakon sloma tla te očitavanja vršne čvrstoće vrši se mjerenje rezidualne čvrstoće na istom mjestu. Pokazivač se vrati na početni položaj (0), a princip mjerenja je isti kao i kod mjerenja vršne čvrstoće. Ovisno o konzistentnom stanju tla koristi se jedan od tri raspoloživa nastavka. Najveći nastavak ima mjerni raspon 0-20 kPa, a koristi se u mekanim tlima. Srednji nastavak ima mjerni raspon 0-100 kPa, dok najmanji nastavak ima mjerni raspon 0-250 kPa te se koristi u tvrdim glinama.

Pokus probnog opterećenja kružnom pločom na dnu jame daje podatke o modulu stišljivosti tla u sondažnoj jami, te kao takav izražava mjeru zbijenosti 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. Ploča se postavlja na uređenu i poravnatu podlogu i mjeri se slijezanje ploče pod inkrementima opterećenja. Podloga mora biti dobro obrađena, kako bi se naprezanja od ploče prenijela preko čitave njene površine. U tu se svrhu često pozicija mjerenja nasipava pijeskom i poravnava. Inkrementi opterećenja i njihovo trajanje su zadani navedenim normama. Slijezanje ploče mjeri se u tri neovisne točke oko oboda ploče, a srednja vrijednost pomaka iz ove tri točke tumači se kao pomak centra ploče.

Iz sondažnih jama se uzimaju 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 ili utiskivanjem/nabijanjem metalnih cilindara u sondažnim jamama. Potonjim postupkom dobivaju se uzorci najviše kvalitete.

Nakon izvedbe i provedenih ispitivanja, izvođač će zatrpati sondažne jame i vratiti ih u prvobitno stanje čim su prikupljene potrebne informacije. Zatrpavanje se vrši materijalom iz iskopa. Radovi na nasipavanju se u svemu trebaju odvijati na način siguran za radnike. Vraćanje u prvobitno stanje sondažnih jama će se izvesti u skladu s odobrenjem izdanim od strane nadzornog inženjera.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi sondažne jame se mjeri u metrima kubnim iskopanog materijala sondažne jame u sraslom stanju prema mjerama iz programa dodatnih istražnih radova ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi sondažne jame se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje iskop, privremeno odlaganje iskopanog materijala te naknadno zatrpavanje sondažne jame sa zbijanjem materijala. U jediničnu cijenu je uključen i vizualni pregled tla/stijene, odnosno stanja, položaja i geometrije postojećih građevina i postojećih instalacija.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- provedba predviđenih terenskih ispitivanja s izradom izvještaja, ako je definirano programom istražnih radova
- uzorkovanje tla i transport u laboratorij, ako je definirano programom istražnih radova
- nabava, dovoz, ugradnja i naknadno uklanjanje sustava razupiranja sondažne jame, ako je definirano programom istražnih radova.

Dodatno vrijede odredbe dane u poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

4-03.2. ISTRAŽNE BUŠOTINE

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu bušotine, eventualna ispitivanja standardnim penetracijskim pokusom te uzimanje uzoraka s provedbom terenskih ispitivanja na izvađenoj jezgri, kao i zatrpavanje bušotine nakon provedenih radova, sve sa svrhom identifikacije uslojenosti temeljnog tla, vrste materijala temeljnog tla i njegovih karakteristika te prisustva podzemne vode.

Ako je svrha ispitivanja otkrivanje kaverni, rasjeda, većih glinenih čepova i ostalih nepovoljnih geotehničkih uvjeta, dovoljno je izvesti prospektorske istražne bušotine gdje se tijekom bušenja ne provode uzorkovanja i terenska ispitivanja u bušotini.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Načini izvedbe istražnih bušotina uključuju udarno bušenje, bušenje ispiranjem, svrdlanje i rotacijsko bušenje.

Za udarno bušenje se koriste motorizirani uređaji kod kojih se posebno oblikovana teška bušača glava strojem podiže na određenu visinu i pušta da slobodno pada na dno bušotine. Izvođač treba koristiti bušaču glavu u obliku šupljeg cilindra za sitnozrnata tla, dok za pijesak i šljunak cilindru treba dodati poklopac na dnu koji sprječava ispadanje materijala prilikom podizanja glave, a bušotinu treba zaštititi zaštitnom kolonom kako se ne bi urušila. Uslijed bušenja ispiranjem, bušača glava se utiskuje u dno bušotine, a kroz šuplje bušače šipke utiskuje se voda koja odnosi otkinute dijelove tla kroz bušotinu prema njenoj površini, s vanjske strane bušače opreme. Kod svrdlanja se koristi čelična plosnata spirala učvršćena na bušaču šipku, gdje se šipka sa spiralom strojno uvrće u tlo, a prilikom vađenja spirala iznosi pregnječene uzorke tla.

Najkvalitetnija metoda istražnog bušenja, detaljnije opisana u ovim OTU-ima, je rotacijska metoda bušenja s kontinuiranim jezgrovanjem. Bušenje se provodi u suhom (iznad razine podzemne vode) te u vodi (ispod razine podzemne vode). U nestabilnim formacijama potrebno je zacjevljenje bušotine te osiguranje stabilnosti orta bušotine (po potrebi bušenje s isplakom u nestabilnim formacijama). Bušači alat, koji je pričvršćen na niz šupljih bušačkih šipki, može biti puno svrdlo ili šuplje svrdlo za jezgrovanje. Alat se strojno rotira i hidraulički utiskuje s površine terena pomoću šupljih bušačkih šipki. Na dnu šipki pričvršćena je posebna sržna cijev na čijem je dnu šuplja bušača glava s krunom. Završni profil bušenja mora iznositi minimalno 101 mm.

Za prospektorsko istražno bušenje se koristi bušača garnitura za rotacijsko istražno bušenje s punim svrdlom bez jezgrovanja. Kod prospektorskog istražnog bušenja ne treba uzimati uzorke tla niti provoditi terenska ispitivanja u bušotini.

Uzorkovanje materijala potrebno je provoditi tijekom istražnog bušenja prema normi HRN EN ISO 22475-1 na način da se osigurava uzorak klase A za neporemećene uzorke, odnosno klase B za poremećene uzorke. Za uzorkovanje rahlih i mekih materijala potrebno je koristiti prikladne uzorkivače – tankostjeni cilindar s osiguranjem prihvata materijala. Na mjestu gdje se neuspješno provede uzorkovanje neporemećenih uzorka obavezno je potrebno provesti dodatno SPT ispitivanje.

Uzorci jezgre se skladište u sanduke s poklopcima s jasnim oznakama dubine i smjera bušenja. Količinu uzoraka treba odrediti u okviru nadzora nad bušenjem, prema procjeni voditelja istraživanja s obzirom na stvarno stanje u tlu, a imajući u vidu da za sve karakteristične geotehničke sredine na lokaciji treba imati dovoljno podataka iz poremećenih i neporemećenih uzoraka i pripadnih laboratorijskih ispitivanja za kvalitetno određivanje mehaničkih i fizičkih karakteristika pojedinog sloja.

Terenska klasifikacija provodi se usporedno s istražnim bušenjem prema normama HRN EN ISO 22475-1, EN ISO 14688-1 i ISO 14689-1. Odgovorni geotehničar prilikom bušenja vrši klasifikaciju izbušenog materijala, definira pozicije uzimanja

uzoraka i provedbe terenskih pokusa u bušotini. Obavezna je kontinuirana prisutnost geotehničara za klasifikaciju materijala. Ispitivanje se provodi na uzorcima materijala u sanduku te na vrhu uzorkivača (ovisno o konzistenciji), u intervalu minimalno 25 cm duž jezgre. Podaci se zapisuju tablično i dostavljaju u digitalnom obliku.

In-situ ispitivanja koherentnih tala obuhvaćaju ispitivanja džepnim penetrometrom i/ili džepnom krilnom sondom, kako je opisano u poglavlju 4-03.1. Sondažne jame. Dodatno se provodi ispitivanje SPT pokusom u nekoherentnim i koherentnim materijalima, radi procjene parametara krutosti i čvrstoće te uspostavljanja neposrednih korelacija s laboratorijskim rezultatima. Prilikom bušenja SPT ispitivanje provodi se na dubinama definiranim programom dodatnih istražnih radova. Svaka bušotina završava se sa SPT ispitivanjem.

SPT ispitivanje se provodi opremom poznate energije udara, a u skladu sa zahtjevima norme: HRN EN ISO 22476-3. SPT treba izvoditi s garniturom koja omogućuje udarce malja o nakovanj i dio šipke izvan bušotine. Dimenzije cilindra, šipki, težina malja i visina pada moraju biti unutar dimenzija danih u normi. Uređaj mora omogućiti slobodan pad malja i treba sadržavati automatski okidač na propisanoj visini. Uz svako mjerno mjesto treba zabilježiti sljedeće informacije: dubinu i profil zacijevljenja, nivo vode u bušotini te tip šipki koje se koriste. Nakon spuštanja cilindra sa šipkama u bušotinu treba zabilježiti dubinu do dna bušotine te iznos inicijalne penetracije cilindra u tlo pod utjecajem vlastite težine i težine šipki i opreme. U svakoj bušotini treba po mogućnosti koristiti istu garnituru za izvođenje SPT-a, a ako dođe do promjene garniture treba navesti uz svako mjerno mjesto i tip garniture koja se koristila. Podatke o ispitivanju potrebno je bilježiti za svaki interval od 15 cm, a za slučaj većeg broja od 50 udaraca potrebno je zabilježiti dubinu prodiranja šiljka.

Ispitivanje razine podzemne vode provodi se tijekom provedbe istražnih radova u bušotinama te kontinuirano u piezometrima, u skladu s poglavljem 4-04.5. Piezometri. Tijekom istražnog bušenja podrazumijeva se bilježenje pojave podzemne vode tijekom bušenja te bilježenje razine podizanja vode u bušotini na kraju bušenja. Na temelju mjerenja će se definirati trenutno stanje podzemne vode u tlu u vrijeme istraživanja.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na istražnom bušenju se mjeri u metrima dužnim izvedene bušotine dimenzija prema mjerama iz programa dodatnih istražnih radova ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na istražnom bušenju se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje iskop bušotine i njezino naknadno zatrpavanje, terenski nadzor nad bušenjem te preliminarnu terensku klasifikaciju jezgre, kao i izradu izvještaja o istražnom bušenju u kojem su evidentirani svi podaci zahtijevani uvjetima kvalitete.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- provedba terenskih ispitivanja (SPT, džepni penetrometar, džepna krilna sonda), ako je definirano programom istražnih radova
- uzorkovanje tla i transport u laboratorij, ako je definirano programom istražnih radova

Dodatno vrijede odredbe dane u poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

4-03.3. STATIČKI PENETRACIJSKI POKUS

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu statičkog penetracijskog ispitivanja (CPT) u tlu, pozicioniranjem stroja te utiskivanjem cilindrične sonde konstantnom brzinom uz mjerenje otpora prodiranju šiljka, trenja po plaštu sonde i pornog tlaka.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

CPT ispitivanja provode se utiskivanjem sonde s površine terena, prema normi HRN EN ISO 22476-1.

Po potrebi, ako je na površini tla kruće tlo, izvodi se predbušenje tla.

Slijedi sidrenje stroja za podlogu pri čemu je broj sidrenih lokacija u pravilu definiran specifikacijama proizvođača stroja.

Sonda se utiskuje do dubine predviđene programom istražnih radova, i to konstantnom brzinom (uobičajeno 20 mm/s) uz mjerenje otpora prodiranju šiljka, trenja po plaštu sonde i pornog tlaka. Opterećenje se s hidraulične dizalice prenosi preko potisne glave na vrh cijevi i na taj se način vrši utiskivanje.

Izvođač mora osigurati potpuno saturiran sustav za mjerenje pornog tlaka, gdje saturirani moraju biti filter, prostor između filtera i osjetila za mjerenje pornog tlaka te prostor u kojem se nalazi osjetilo.

Sonda se nalazi na vrhu cijevi za postizanje veće dubine utiskivanja sonde te se nakon utiskivanja svake cijevi (uobičajeno visine 1 m) vrši nastavljanje sljedeće sustavom cijevnog navoja, sve do dostizanja tražene dubine ispitivanja.

Moguće je da je ispitivanje onemogućeno do tražene dubine te je tada kriterij za završetak CPT sondiranja (koji se prvi realizira):

- postizanje maksimalnog kapaciteta utiskivanja ili kapaciteta same CPT sonde
- prevelika inklinacija sonde (uobičajeno $>15^\circ$)
- nagla inklinacija sonde
- odluka operatera (rizik oštećenja opreme ili ugrožena sigurnost ljudi).

Izvlačenje cijevi i sonde se vrši pomoću stezaljke koja na principu trenja pridržava cijev i izvlači je ili postoji utor na cijevi za stezaljku pa se na taj način izvlači iz tla.

Prikupljeni podaci otpora prodiranju šiljka, trenja po plaštu sonde i pornog tlaka, se zatim analiziraju, obrađuju i interpretiraju kroz uredski rad.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Da bi ispitivanjem dobili točne vrijednosti očitanih mjerenja, potrebno je ispitivanje provoditi s prethodno kalibriranom sondom. Kalibracija se mora raditi u pravilnim intervalima od približno 3 mjeseca ili češće ako je tako zahtijevano od strane proizvođača opreme ili ako postoji sumnja u ispravnost opreme.

Prije ispitivanja potrebno je pregledati cijevi i ustanoviti jesu li ravne. Provjera se radi prije svakog ispitivanja, pogotovo nakon pokusa u mekanim tlima kada se naišlo na stijenu ili neku drugu čvrstu podlogu, a došlo je do znatnog odstupanja od vertikale.

Tijekom izvođenja pokusa valja obratiti pažnju na brzinu penetracije sonde u tlo i da se ispitivanje provodi vertikalno.

Istrošenost i površinska hrapavost šiljka i prstena za mjerenje trenja provjerava se prije svakog ispitivanja. Provjerava se također i je li zbog istrošenosti došlo do znatnih razlika u promjerima šiljka, filtera i prstena.

Stanje brtvi između dijelova sonde provjerava se prije svakog ispitivanja. Ako je došlo do prodiranja materijala u unutrašnjost sonde potrebno ga je izvaditi.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na statičkom penetracijskom ispitivanju se mjeri u metrima dužnim izvedenog statičkog penetracijskog ispitivanja prema programu dodatnih istražnih radova ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na statičkom penetracijskom ispitivanju se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje provedbu ispitivanja s kontinuiranim mjerenjem, radove pozicioniranja i sidrenja stroja te predbušenja kao i izradu izvještaja o provedenom ispitivanju u kojem su evidentirani svi podaci zahtijevani uvjetima kvalitete.

Dodatno vrijede odredbe dane u poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

4-03.4. GEOFIZIČKA ISPITIVANJA

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu geofizičkih seizmičkih ispitivanja temeljnog tla pozicioniranjem geofona na površini ili u bušotini te nametanje udaraca za potrebe generiranja valova u tlu.

Ovim poglavljem se obrađuju geofizička seizmička ispitivanja mjerenja posmičnih valova na površini terena, i to metode spektralne analize površinskih valova (SASW) i multikanalne analiza površinskih valova (MASW), kao i metode mjerenja posmičnih valova u bušotini, i to metode *cross-hole* (CH) i *down-hole* (DH).

Ostale geofizičke metode (seizmička refrakcija, seizmička refleksija, geoelektrične metode, elektromagnetske metode, itd.) nisu dane u okviru ovog poglavlja.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Izvedba s površine

Na površini tla se duž profila definiranih programom istražnih radova ugrađuju geofoni. Ako se koriste 2 geofona, riječ je o metodi spektralne analize posmičnih valova (SASW), a ako se radi o više geofona riječ je o metodi multikanalne analize posmičnih valova (MASW). Osim razlike u broju korištenih geofona, između metoda nema razlike.

Koriste se vertikalno polarizirani geofoni koji se ugrađuju na razmaku predviđenim programom istražnih radova i mjere brzinu prolazećeg vala. Potrebno je koristiti geofone s niskom frekvencijom (npr. 4,5 Hz). Ako se koriste na asfaltiranim/betonskim površinama, potrebno je na dno geofona postaviti adekvatan nastavak koji će omogućiti njegovu vertikalnost. Ako se koriste na zemljanim/zatravnjenim površinama, šiljak geofona se utiskuje u tlo.

Nakon pozicioniranja geofona i spajanja opreme, slijedi nametanje mehaničkih udaraca duž profila, na razmacima definiranih programom istražnih radova, pri čemu je potrebno generirati val sa što većim frekventnim opsegom i što većom valnom energijom. Najčešće se koristi udarac čekićem po čeličnoj ploči. Za generiranje nižih frekvencija, a time i pobuđivanje dubljih slojeva, potrebna je jača pobuda nego za slojeve bliže površini za koje su potrebne više frekvencije. Pri tome se mogu koristiti padajući uteg ili eksplozivi, što mora biti definirano programom istražnih radova.

U pravilu se vrši više udaraca (bar 3) na pojedinoj poziciji te se vrši njihovo uprosječavanje.

Nakon prikupljanja podataka, slijedi uredski dio obrade, analize i interpretacije podataka, pri čemu se Fourier-ovom analizom primljeni signal transformira iz vremenske u frekventnu domenu i na transformiranom signalu provodi se daljnja spektralna analiza.

Izvedba u bušotinama

Mjerenje seizmičkih brzina kroz bušotinu je seizmička metoda koja koristi vertikalnu bušotinu za snimanja vremena nailaska prvih valova.

Kod „*down-hole*” metode, geofoni se nalaze u bušotini, a generator seizmičkih valova je na površini. Pri tome se bušotina izvodi u skladu s poglavljem 4-03.1.2. Istražne bušotine kao prospektorska bušotina te se u nju ugrađuje PVC cijev

promjera jednakog promjeru bušotine. Slijedi ugradnja geofona u bušotinu na dubini predviđenoj programom istražnih radova te generiranje seizmičkog vala na površini.

Kod „*cross-hole*” metode, geofoni i generator seizmičkih valova se nalaze u bušotinama. Valovi se generiraju u pobudnoj bušotini, a registracija geofonima se vrši istovremeno u jednoj ili više bušotina. Pri tome se bušotine izvode u skladu s poglavljem 4-03.2. Istražne bušotine kao prospektorske bušotine te se u iste ugrađuje PVC cijev promjera jednakog promjeru bušotine. Slijedi ugradnja geofona u bušotinu (ili više njih) na dubini predviđenoj programom istražnih radova te generiranje seizmičkog vala u drugoj bušotini nametanjem udarca generatorom koji se nalazi na istoj dubini kao i geofon.

Nakon prikupljanja podataka, slijedi uredski dio obrade, analize i interpretacije podataka, pri čemu se Fourierovom analizom primljeni signal transformira iz vremenske u frekventnu domenu i na transformiranom signalu provodi se daljnja spektralna analiza.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Način mjerenja i obračuna radova

Ako se izvode s ispitivanja izvode s površine (SASW ili MASW) rad na geofizičkim ispitivanjima se mjeri u metrima dužnim izvedenih ispitivanja prema programu dodatnih istražnih radova ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na geofizičkim ispitivanjima s površine se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje pozicioniranje opreme, provedbu ispitivanja s nametanjem udarca i prikupljanjem podataka, kao i izradu izvještaja o provedenom ispitivanju u kojem su evidentirani svi podaci zahtijevani uvjetima kvalitete.

Ako se ispitivanja izvode iz bušotine (CH ili DH) rad na geofizičkim ispitivanjima se mjeri po broju izvedenih ispitivanja prema projektu ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na geofizičkim ispitivanjima iz bušotine se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje pozicioniranje opreme, provedbu ispitivanja s nametanjem udarca i prikupljanjem podataka, kao i izradu izvještaja o provedenom ispitivanju u kojem su evidentirani svi podaci zahtijevani uvjetima kvalitete.

Bušotine, u koje se ugrađuje oprema, se mjere i obračunavaju zasebno, kao prospektorske bušotine prema poglavlju 4-03.2. Istražne bušotine. U jediničnu cijenu je uključena nabava, dovoz i ugradnja zaštitnih plastičnih cijevi bušotine.

Dodatno vrijede odredbe dane u poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

4-04. RADOVI MONITORINGA I OPAŽANJA

Opis rada

Radovi na monitoringu i opažanju tla, stijene i geotehničkih konstrukcija obuhvaćaju ugradnju opreme i provedbu mjerenja tijekom izvedbe i u eksploataciji. Radovi obuhvaćaju ugradnju i mjerenje geodetskim reperima (Poglavlje 4-04.1.), deformetrima (Poglavlje 4-04.2.), inklinometrima (Poglavlje 4-04.3.), klinometrima (Poglavlje 4-04.4.), piezometrima (Poglavlje 4-04.5.) i mjernim ćelijama (Poglavlje 4-04.6.).

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

-

Uvjet kvalitete

Svi podaci prikupljeni radovima monitoringa i opažanja bit će tekstualno, tablično i grafički prikazani u privremenim i završnim izvješćima.

Rezultate mjerenja obrađuje izvoditelj mjerenja neposredno po mjerenjima, a zatim parcijalna izvješća (nakon svakog mjerenja) predaje nadzornom inženjeru, projektantu i investitoru. U završnom izvješću daje se prikaz svih parcijalnih rezultata i zbirna obrada te se izvješće predaje nadzornom inženjeru, projektantu i investitoru.

Način mjerenja i obračuna radova

-

4-04.1. GEODETSKI REPERI

Opis rada

Rad na ugradnji i mjerenju geodetskih repera obuhvaća ugradnju geodetskih repera (bolcni) uranjanjem u svježi beton ili ugradnjom u prethodno izbušenu rupu s naknadnim injektiranjem te provedbu mjerenja.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Pomoću ugrađenih geodetskih kontrolnih točaka – repera, određuje se stanje apsolutnih vertikalnih i/ili horizontalnih komponenata pomaka (prostorni $x - y - z$ pomak) točaka konstrukcije ili temeljnog tla. Projektom mora biti jasno definirano koja se vrsta pomaka mjeri.

Ako se geodetski reperi uranjaju u svježi beton, tada je nužno ugradnju obaviti dok beton još nije dostigao čvrstoću koja bi onemogućila ugradnju. Pri tome glava (vrh) repera mora ostati dostupna na površini za provedbu mjerenja.

Ako se geodetski reperi izvode nakon što je beton očvrstnuo, tada je potrebno u betonu izbušiti rupu promjera minimalno 5 – 10 mm većeg od promjera repera i duljine minimalno 5 – 10 mm veće od duljine repera. Nakon bušenja se rupa ispuše od prašine, u nju se ugradi geodetski reper i ugradi se dvokomponentno lijepilo (smjesa). Pri tome glava (vrh) repera mora ostati dostupna na površini za provedbu mjerenja.

Ako se reperi ugrađuju na temeljnom tlu, prethodno ih je potrebno stabilizirati na način da se izvede betonski blok, ili betonom ispunjena cijev, u koji se zatim ugrađuje geodetski reper ili uranjenjem u svježi beton ili navedenim postupkom bušenja i injektiranja.

Pozicije ugradnje geodetskih repera i dinamika mjerenja moraju biti definirani projektom.

Poligonske točke geodetske osnove, s kojih se vrši mjerenje, definira izvođač uz suglasnost nadzornog inženjera.

Mjerenje se vrši instrumentima za tu predviđenu namjenu. Pomaci i smjerovi pomaka točaka mogu se izračunati iz razlike izmjerenih koordinata u dva uzastopna mjerenja.

Prvo mjerenje ujedno je i referentno (nulto) mjerenje.

Uvjet kvalitete

Zahtijevana preciznost mjerenja prostornog pomaka je prema projektu, a uobičajeno nije veća od 1 mm.

Kada se reperi ugrađuju u prethodno izbušene bušotine, mora se koristiti dvokomponentno ljepilo koje je otporno na vremenske uvjete.

Poligonska mreža mora biti izvedena tako da su mjerne pozicije stabilne, prilagođene uvjetima na terenu i iskoristive u vremenu mjerenja koje je predviđeno projektom.

Način izvještavanja je sukladno poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na ugradnji geodetskih repera se mjeri po broju građenih repera.

Rad na ugradnji geodetskih repera se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju materijala geodetskog repera. U jediničnu cijenu je uključeno i nulto, referentno, mjerenje.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- bušenje rupe za reper te nabava, dovoz i ugradnja dvokomponentnog ljepila, ako se reperi izvode bušenjem i injektiranjem
- nabava i dovoz svog materijala za izradu betonskog bloka ili betonom ispunjene cijevi, ako se reperi izvode ugradnjom u betonski blok ili betonom ispunjenu cijev.

Rad na mjerenju geodetskih repera se mjeri po broju provedenih mjerenja prema definiranom u projektu ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje izlazak na teren, provedbu mjerenja predviđenih projektom, izradu parcijalnih i konačnog izvještaja o provedenim mjerenjima.

4-04.2. DEFORMETRI

Opis rada

Rad na ugradnji i mjerenju deformetara obuhvaća ugradnju deformetarskih cijevi u prethodno izbušenu bušotinu i naknadno injektiranje ili ugradnju deformetarskih cijevi polaganjem na prethodno nasuti sloj i po potrebi vezanje za element horizontalnog ojačanja (zatege gabionskog zida, geomreže i sl.), odnosno za armaturni koš temeljne ili potporne konstrukcije te provedbu mjerenja.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Deformetrima se mjere relativne deformacije čvorova deformatarskih cijevi, a čijom integracijom se dobije pomak u smjeru ugradnje cijevi.

Kada se deformetar ugrađuje u bušotinu, prvo se buši vertikalna ili horizontalna bušotina, što mora biti definirano projektom, ovisno o tome mjeri li se vertikalni ili horizontalni pomak. Bušotina se izvodi na jednaki način kao i prospektorske bušotine u skladu s poglavljem 4-03.2. Istražne bušotine. Nakon bušenja se u bušotinu ugrađuju deformatarske cijevi pojedinačne duljine 1 m koje se spajaju specijalnim teleskopskim spojnicama, a koje se, uslijed deformacije tla, stijene ili konstrukcije, teleskopski deformiraju i omogućavaju mjerenje relativnih deformacija. Nakon ugradnje do projektom definirane dubine, i na projektom definiranoj poziciji, slijedi injektiranje cementnom smjesom međuprostora između bušotine i deformatarske cijevi.

Kada se deformetar ugrađuje na nasuti sloj radi mjerenja horizontalnih deformacija, kao što je primjerice za potrebe izvedbe gabionskog zida sa zategama (Knjiga VI – Potporni i obložni zidovi: poglavlje 6-05.2. Gabionski zid sa zategama) ili za potrebe izvedbe nasute građevine ojačane geomrežama (poglavlje 4-10. Radovi na ojačanju nasutih građevina geomrežama), deformatarska cijev se polaže i spaja na mjestu teleskopskih spojnica. Nakon polaganja i spajanja cijevi, slijedi njihovo spajanje na element zatege / geomreže, najčešće paljenom žicom.

Kada se deformetrima žele opažati i mjeriti vertikalni pomaci temeljne ili potporne konstrukcije, deformatarske cijevi se paljenom žicom vežu za formirani armaturni koš (pilota ili dijafragme) te se zatim spuštaju s armaturnim košem u iskopani dio.

Nakon izvedbe radova, a ako projekt to zahtijeva, na vrhu se izvodi čelična kapa s lokotom koja će spriječiti oštećenje vrha cijevi, odnosno omogućiti pristupačnost mjernim cijevima tijekom vremena u kojem su projektom predviđena mjerenja.

Pozicije ugradnje deformetara te njihova dubina i promjer, kao i dinamika mjerenja, moraju biti definirani projektom. Uobičajeni promjer deformatarske cijevi iznosi oko 70 mm, dok je uobičajeni promjer bušotine u koju se ugrađuje cijev oko 100 mm.

S obzirom da deformetar mjeri relativne deformacije po dubini, a time i pomak u smjeru ugradnje cijevi, nužno je na površini, kraj zaštitne čelične kape, ugraditi reper za mjerenje apsolutnog prostornog pomaka. Ovi radovi se izvode u skladu s poglavljem 4-04.1. Geodetski reperi.

Tijekom mjerenja, deformatarska sonda se klizanjem uvlači u mjernu cijev do prvog para teleskopskih spojnica te se zatim zakreće za 45° da bi došla u mjerni položaj. Povlačenjem deformatarske sonde aktivira se mjerni senzor kojim se mjeri razmak između spojnica. Nakon očitavanja, deformetar se zaokreće u klizni položaj i pomjera do sljedećeg para spojnica. Na taj način očitavaju se razmaci između svih ugrađenih spojnica.

Prvo mjerenje ujedno je i referentno (nulto) mjerenje.

Uvjet kvalitete

Zahtijevana preciznost mjerenja deformacija je prema projektu, a uobičajeno nije veća od ± 0.03 mm/m. Ako se projektom zahtijeva veća preciznost, moguće je koristiti mikrometerske sonde koje imaju i do 10 puta veću preciznost, a kod kojih je princip ugradnje cijevi i mjerenja isti kao i za deformetre.

Način izvještavanja je sukladno poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na ugradnji deformetara se mjeri po metru dužnom izvedenih deformetara prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na ugradnji deformetara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu, ugradnju i spajanje deformatarskih cijevi. U jediničnu cijenu je uključeno i nulto, referentno, mjerenje.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- bušenje bušotine s utovarom, odvozom i deponiranjem nabušenog materijala te nabava, dovoz i ugradnja cementne injekcijske smjese za ispunu prostora između bušotine i deformetarske cijevi, ako se izvode deformetri u bušotini
- nabava i dovoz svog pomoćnog materijala za spajanje sa zategama/geomrežama, ako se izvode deformetri polaganjem na nasuti sloj
- vezanje cijevi za armaturni koš uz nabavu, dopremu i ugradnju paljene žice, ako se izvode deformetri vezanjem za armaturni koš
- nabava, dovoz i ugradnja zaštitne čelične kape s lokotom, ako je tako definirano projektom

Rad na mjerenju deformetara se mjeri po broju provedenih mjerenja na pojedinoj deformetarskoj cijevi prema definiranom u projektu ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na mjerenju deformetara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje izlazak na teren, provedbu mjerenja predviđenih projektom te izradu parcijalnih i konačnog izvještaja o provedenim mjerenjima.

4-04.3. INKLINOMETRI

Opis rada

Rad na ugradnji i mjerenju inklinometara obuhvaća ugradnju inklinometarskih cijevi u prethodno izbušenu bušotinu i naknadno injektiranje, ili ugradnju inklinometarskih cijevi u prethodno izvedeni rov s njegovim naknadnim zasipavanjem, odnosno za armaturni koš temeljne ili potporne konstrukcije te provedbu mjerenja.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Inklinometrima se mjere relativni kutevi zaokreta u smjeru okomitom na smjer ugradnje cijevi.

Kada se inklinometar ugrađuje u bušotinu, prvo se buši vertikalna ili horizontalna bušotina, što mora biti definirano projektom, ovisno o tome mjeri li se horizontalni ili vertikalni pomak. Bušotina se izvodi na jednaki način kao i prospektorske bušotine u skladu s poglavljem 4-03.2. Istražne bušotine. Nakon bušenja se u bušotinu ugrađuju inklinometarske cijevi pojedinačne duljine 1 m koje se spajaju spojnicama koje se, uslijed horizontalnog pomaka tla, stijene ili konstrukcije, zaokreću u odnosu na vertikalnu. Nakon ugradnje do projektom definirane dubine, i na projektom definiranoj poziciji, slijedi injektiranje cementnom smjesom međuprostora između bušotine i inklinometarske cijevi.

Kada se inklinometar ugrađuje u rov, primjerice za potrebe određivanja slijeganja tla ispod građevina kao što su nasipi ili upornjaci mostova, rad na izvedbi rova se izvodi u skladu s Knjigom III – Zemljani radovi: poglavlje 3-07. Iskop rovova. Na dno rova se polaže podložni beton prema projektu, a minimalno razreda C12/15 i debljine 5 cm. Inklinometarske cijevi se polažu na podložni beton i spajaju spojnicama. Slijedi zatrpavanje rova materijalom predviđenim projektom, a ako projekt ne definira navedeno, preporuka je koristiti materijal granulacije 0 – 63 mm. Važan dio predstavlja izvedba pristupne građevne jame ušću cijevi. Za te potrebe se izvodi armirano-betonska građevna jama, dimenzija i dubine prema projektu, pri čemu su radovi na betoniranju izvode u skladu s Knjigom VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i radovi na armiranju u skladu s Knjigom VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi, radovi na izvedbi oplate u skladu s Knjigom VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate, a radovi na iskupu građevne jame u skladu s Knjigom III – Zemljani radovi: poglavlje 3-06. Iskopi građevnih jama.

Kada se inklinometrima žele opažati i mjeriti horizontalni pomaci temeljne ili potporne konstrukcije, inklinometarske cijevi se paljenom žicom vežu za formirani armaturni koš (pilota ili dijafragme) te se zatim spuštaju s armaturnim košem u

iskopani dio.

Nakon izvedbe radova, a ako projekt to zahtijeva, na vrhu se izvodi čelična kapa s lokotom koja će spriječiti oštećenje vrha cijevi, odnosno omogućiti pristupačnost mjernim cijevima tijekom vremena u kojem su projektom predviđena mjerenja.

Pozicije ugradnje inklinometara te njihova dubina i promjer, kao i dinamika mjerenja, moraju biti definirani projektom. Uobičajeni promjer inklinometarske cijevi iznosi oko 70 mm, dok je uobičajeni promjer bušotine u koju se ugrađuje cijev oko 100 mm.

S obzirom da inklinometar mjeri zaokrete cijevi po dubini, a time i pomak okomito na smjer ugradnje cijevi, nužno je na površini, kraj zaštitne čelične kape, ugraditi reper za mjerenje apsolutnog prostornog pomaka. Ovi radovi se izvode u skladu s poglavljem 4-04.1. Geodetski reperi.

Tijekom mjerenja, inklinometarska sonda se pomoću ojačanog električnog kabela spušta na dno bušotine, odnosno uvlači se na kraj rova. Ugrađeni gravitacijski senzor mjeri kut zaokreta inklinometarske sonde u odnosu na prostornu vertikalnu. Povlačenjem sonde prema vrhu te očitavanjem na svaki metar dobivaju se kutevi zaokreta inklinometarske cijevi u odnosu na vertikalnu, odnosno horizontalnu ako se radi o horizontalnom ugrađenim inklinometrima. Integriranjem kuteva zaokreta dobivaju se pomaci inklinometarske cijevi.

Zbog dva para vodilica mjernih cijevi, mjerenje se mora izvoditi u dva međusobno okomita smjera.

Prvo mjerenje ujedno je i referentno (nulto) mjerenje.

Uvjet kvalitete

Zahtijevana preciznost inklinometarskih mjerenja je prema projektu, a uobičajeno nije veća od ± 0.1 mm/m.

Način izvještavanja je sukladno poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na ugradnji inklinometara se mjeri po metru dužnom izvedenih inklinometara prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na ugradnji inklinometara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu, ugradnju i spajanje inklinometarske cijevi. U jediničnu cijenu je uključeno i nulto, referentno, mjerenje.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- bušenje bušotine s utovarom, odvozom i deponiranjem nabušenog materijala te nabava, dovoz i ugradnja cementne injekcijske smjese za ispunu područja između bušotine i inklinometarske cijevi, ako se inklinometri izvode bušenjem i injektiranjem
- vezanje cijevi za armaturni koš uz nabavu, dopremu i ugradnju paljene žice, ako se izvode inklinometri vezanjem za armaturni koš
- nabava, dovoz i ugradnja zaštitne čelične kape s lokotom, ako je tako definirano projektom

Rad na izvedbi rova u koji se polaže inklinometar se mjeri i obračunavaju skladu s Knjiga III – Zemljani radovi: poglavlje 3-07. Iskop rovova. U jediničnu cijenu je uključena i nabava, dovoz i ugradnja materijala zatrpavanja.

Rad na izvedbi građevne jame pristup inklinometarskim cijevima se mjeri i obračunava u skladu s poglavljem 8-06. Ugradnja i zbijanje za betonske radove, u skladu s poglavljem 8-14. Armirački radovi za armiračke radove, u skladu s poglavljem 8-13.3. Oplate za rad na izvedbi oplate te u skladu s Knjiga III – Zemljani radovi: poglavlje 3-06. Iskopi građevnih jama za radove na iskopu.

Rad na mjerenju inklinometara se mjeri po broju provedenih mjerenja na pojedinoj inklinometarskoj cijevi prema definiranom u projektu ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na mjerenju inklinometara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje izlazak na teren, provedbu mjerenja predviđenih projektom te izradu parcijalnih i konačnog izvještaja o provedenim mjerenjima.

4-04.4. KLINOMETRI

Rad na ugradnji i mjerenju klinometra obuhvaća ugradnju klinometarskog nosača bušenjem rupe i njezinim naknadnim injektiranjem te provedbu mjerenja.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Klinometrima se mjere kutevi inklinacije (naginjanja) građevina na koji su klinometri ugrađeni. Najčešća im je primjena u evaluaciji učinka geotehničkih radova na susjedne građevine, osim ako drugačije nije projektom predviđeno.

Nosači klinometra se ugrađuju postupkom bušenja rupe u konstrukciju na koju se klinometar postavlja, ugradnje nosača i injektiranja dvokomponentnim ljepilom. Nakon bušenja, a prije ugradnje nosača i ugradnje ljepila, se rupa ispuše od prašine. Nosači klinometra duljine su 20 cm.

Položaj i smjer ugradnje klinometara, kao i dinamika mjerenja, mora biti dana projektom.

U fazi mjerenja, klinometarski uređaj se postavlja na nosač i mjeri se kut naginjanja. Razlika očitnog rezultata između dva mjerenja predstavlja zaokret nosača klinometra izražen u mm/m.

Prvo mjerenje ujedno je i referentno (nulto) mjerenje.

Uvjet kvalitete

Zahtijevana preciznost klinometarskih mjerenja je prema projektu, a uobičajeno nije veća od ± 0.003 mm/m.

Način izvještavanja je sukladno poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na ugradnji klinometara se mjeri prema broju izvedenih klinometara.

Rad na ugradnji klinometara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju klinometarskog nosača, uključivo bušenje rupe, njezino čišćenje te nabavu, dopremu i ugradnju dvokomponentnog ljepila. U jediničnu cijenu je uključeno i nulto, referentno, mjerenje.

Rad na mjerenju klinometara se mjeri po broju provedenih mjerenja na pojedinom klinometarskom položaju definiranom u projektu ili prema odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na mjerenju klinometara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje izlazak na teren, provedbu mjerenja predviđenih projektom te izradu parcijalnih i konačnog izvještaja o provedenim mjerenjima.

4-04.5. PIEZOMETRI

Opis rada

Rad na ugradnji i mjerenju piezometara obuhvaća ugradnju piezometarskih cijevi u prethodno izbušenu bušotinu, zasipavanje međuprostora cijevi i bušotine, izvedbu bentonitnog čepa iznad filterskog materijala, bentonitno-cementne smjese do vrha bušotine te provedbu mjerenja.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Ovim OTU-ima su obrađeni piezometri koji se koriste za mjerenje razina podzemne vode ili pornih tlakova u tlu. Za mjerenje razine vode koriste se piezometri otvorenog tipa. Od više vrsta piezometara koje postoje na tržištu za mjerenje pornih tlakova, ovim OTU-ima će se obraditi piezometri tipa Casagrande koji su najčešće prisutni, radi svoje jednostavnosti i efikasnosti.

Kao prvi korak, buši se vertikalna bušotina, na poziciji i u dubini definiranoj projektom. Bušotina se izvodi na jednak način kao i prospektorske bušotine u skladu s poglavljem 4-03.2. Istražne bušotine.

Nakon bušenja bušotine slijedi ugradnja piezometarske cijevi, materijala prema projektu, a s obzirom na zahtjeve svrhe piezometra i njegove dubine (cijev može biti od čelika, željeza zaštićenog antikorozivnim premazom ili od PVC-a). Cijev se sastoji od segmenata te se spaja na terenu uz brtvljenje spojeva trakom ili ljepilom.

Ako se ugrađuju piezometri za mjerenje pornog tlaka, nakon ugradnje piezometarske cijevi u međuprostor između cijevi i bušotine se ugrađuje filterski zasipani materijal, granulacije (uobičajeno pijesak ili šljunak) i visine zasipavanja (uobičajeno minimalno 2 m iznad filterskog dijela) prema projektu. Iznad zasipanog materijala se ugrađuje bentonitni čep od kvalitetne gline, uz dodavanje vode za hidrataciju bentonita. Zatim slijedi ugradnja bentonitno-cementne smjese sve do površine terena kako bi se spriječila infiltracija površinskih voda u zonu mjerenja.

Ako se ugrađuju piezometri otvorenog tipa za mjerenje razine podzemne vode, u izbušenu bušotinu se postavlja otvorena perforirana cijev (često omotana geotekstilom, što mora biti definirano projektom) te se vrši ugradnja filterskog zasipanog materijala, kao i kod piezometara za mjerenje pornog tlaka. Razlika je što se ovaj zasip kod piezometara otvorenog tipa izvodi praktički do površine terena, a ako projekt to zahtijeva, na površini se izvodi čep od bentonita u visini definiranoj projektom.

Nakon izvedbe radova, a ako projekt to zahtijeva, na vrhu se izvodi ventilirana zaštitna kapa s lokotom koja će spriječiti oštećenje vrha cijevi, odnosno omogućiti pristupačnost mjernim cijevima tijekom vremena u kojem su projektom predviđena mjerenja.

Piezometri se očitavaju ručno s mjerачem razine vode ili automatski pomoću posebnih sondi.

Dinamika mjerenja mora biti definirana projektom.

Uvjet kvalitete

Način izvještavanja je sukladno poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na ugradnji piezometara se mjeri prema metru dužnom izvedenih piezometara prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na ugradnji piezometara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje bušotine s utovarom, odvozom i deponiranjem nabušenog materijala, nabavu, dopremu i ugradnju piezometarske cijevi sa svim elementima definiranim projektom, zasipanog materijala te materijala bentonitnog čepa.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava i dovoz komponentni, te miješanje s ugradnjom bentonitno-cementne smjese, ako se izvode piezometri za mjerenje pornog tlaka
- nabava, dovoz i ugradnja ventilirane zaštitne kape s lokotom, ako je tako definirano projektom.

Rad na mjerenju piezometara se mjeri po broju provedenih mjerenja na pojedinoj piezometarskoj lokaciji prema definiranom u projektu ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na mjerenju piezometara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje izlazak na teren, provedbu mjerenja predviđenih projektom te izradu parcijalnih i konačnog izvještaja o provedenim mjerenjima.

4-04.6. MJERNE ČELIJE

Opis rada

Rad obuhvaća ugradnju mjerne ćelije na uređenu glavu prednapetih sidara (poglavlje 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima), čavala (poglavlje 4-09.1.2. Stabilizacija kosina čavlima), stijenskih sidara (poglavlje 4-09.2.1. Stabilizacija kosina stijenskim sidrima) te provedbu mjerenja.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Mjerne ćelije (tzv. *load cells*) se ugrađuju za potrebe mjerenja sila u sidrima i čavlima te se sastoje od prstenastog čeličnog cilindra koji je opremljen mjeracima deformacije. Vrsta mjerne ćelije, njihove pozicije te specifikacije moraju biti definirani projektom.

Prije ugradnje mjerne ćelije potrebno je pripremiti kontaktnu površinu oko bušotine sidra na način da se uklanjanju veće nepravilnosti na ušću bušotine, a po potrebi je, uz suglasnost nadzornog inženjera, nužno izvesti tanji sloj (bar 2 cm) cementne smjese kako bi se osigurala ravnost površine.

Mjerne ćelije moraju se pažljivo ugraditi, a površine koje su u kontaktu sa ćelijom moraju biti ravne i krute jer se jedino tako može osigurati ispravan prijenos opterećenja na ćeliju.

Ako dodirna površina s ćelijom nije dovoljno ravna i kruta, moguće je postaviti ćeliju na dodatnu podložnu čeličnu ploču čiji promjer mora biti minimalno 20 mm veći od promjera mjerne ćelije.

Nakon polaganja mjerne ćelije, i eventualne dodatne podložne čelične ploče, na uređenu površinu, provodi se kontrolno očitavanje mjerne ćelije, nakon čega slijedi prednapinjanje sidara (ako se radi o prednapetim sidrima) te završno uređenje glave prednapetih sidara (poglavlje 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima), čavala (poglavlje 4-09.1.2. Stabilizacija kosina čavlima) ili stijenskih sidara (poglavlje 4-09.2.1. Stabilizacija kosina stijenskim sidrima).

Projektom mora biti definirana i dinamika mjerenja.

Uvjet kvalitete

Prije ugradnje, potrebno je kontrolno očitavanje mjernih ćelija. Razlika između očitane vrijednosti i one na atestima o umjeravanju koji se isporučuje s mjernom ćelijom, ne smije biti veći od 1 % pune skale.

Način izvještavanja je sukladno poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na ugradnji mjernih ćelija se mjeri prema broju ugrađenih mjernih ćelija.

Rad na ugradnji mjernih ćelija se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja obuhvaća nabavu, dopremu i ugradnju mjerne ćelije sa svim radovima pripreme glave sidra.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja dodatnih podložnih pločica mjerne ćelije, ako ju je potrebno ugraditi radi postizanja ravne i krute površine ugradnje.

Rad na mjerenju sile se mjeri po broju provedenih mjerenja na pojedinoj mjernoj ćeliji prema definiranom u projektu ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na mjerenju sile se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje izlazak na teren, provedbu mjerenja predviđenih projektom te izradu parcijalnih i konačnog izvještaja o provedenim mjerenjima.

4-05. RADOVI NA POBOLJŠANJU TLA I STIJENE

4-05.1. ZAMJENA TLA I UTISKIVANJE KAMENOG MATERIJALA

Opis rada

Rad na zamjeni lošeg tla materijalom boljih karakteristika obuhvaća metodu zamjene tla (poglavlje 4-05.1.1.) i metodu utiskivanja kamenog materijala (poglavlje 4-05.1.2.).

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

-

Uvjet kvalitete

-

Način mjerenja i obračuna radova

-

4-05.1.1. ZAMJENA TLA

Opis rada

Rad obuhvaća iskop i odvoz nepovoljnog tla ispod građevina čija je dubina utjecaja na tlo značajno veća nego li je to izvedba prometnica te na njegovom mjestu ugradnju i zbijanje tla bolje kvalitete.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.1. Materijali za sanaciju temeljnog tla zamjenom materijala

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-17.1. Geotekstili

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-17.2. Polimerne geomreže.

Zahtjev izvođenja rada

Radovi na zamjeni tla ispod prometnica se obično izvode u pripovršinskoj zoni, a obuhvaćeni su u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-10.2. Sanacija slabonosivog temeljnog tla zamjenom materijala.

Radovi iskopa lošijeg tla moraju biti u skladu s Knjiga III – Zemljani radovi: poglavlje 3-06. Iskopi građevnih jama. Ovisno o tome izvodi li se zamjena u suhom ili ispod razine podzemne vode, potrebno je primijeniti adekvatnu tehnologiju.

Ako se radovi izvode ispod razine podzemne vode, a projekt predviđa izvođenje radova u suhom, projektom će se definirati sniženje razine podzemne vode prema posebnim postupcima za takve radove, sve u skladu s poglavljem 4-08. Radovi na zaštiti od djelovanja podzemne vode.

Radovi prijevoza iskopanog materijala moraju biti u skladu s Knjigom III – Zemljani radovi: poglavlje 3-09. Prijevoz materijala.

Radovi odlaganja iskopanog materijala moraju biti u skladu s Knjigom III – Zemljani radovi: poglavlje 3-15. Odlaganje materijala.

Radovi uređenja temeljnog tla, nakon provedenog iskopa, moraju biti u skladu s Knjigom III – Zemljani radovi: poglavlje 3-10.1. Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem.

Radovi ugradnje tla bolje kvalitete moraju biti u skladu s Knjiga III – Zemljani radovi: poglavlje 3-11. Izrada nasipa. Za materijal zamjene se koriste dobro građirani pijesci, šljunci ili ispune od lomljenog kamenja („A” kategorija materijala). Materijali koji se uzimaju na nalazištu će biti u rastresitom stanju, te će prilikom ugradnje biti potrebno njihovo zbijanje. U nekim slučajevima se zamjena može vršiti i koherentnim materijalom, međutim njihova primjena mora biti definirana projektom.

Ako se zamjena materijala vrši u suhome, zamjenski materijal se mora ugrađivati u slojevima pomoću odgovarajućih sredstava za zbijanje. Ako se zamjena materijala vrši ispod razine podzemne vode, kao zamjenu uvijek treba koristiti krupnozrnati materijal.

Ako je definirano projektom, zamjena tla i zbijanje se izvode zajedno s geosinteticima, na način opisan u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-10.3. Uređenje slabo nosivog temeljnog tla upotrebom geotekstila odnosno Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-10.4. Uređenje slabo nosivog temeljnog tla upotrebom polimernih geomreža. Polaganjem geomreža se povećava nosivost tla na kontaktu temeljnog tla i zamjenskog materijala, kao i nosivost na kontaktu slojeva zamjenskog tla, a polaganjem geotekstila osim povećane nosivosti sprječava se miješanje zamjenskog materijala i temeljnog tla.

Uvjet kvalitete

Uvjeti kvalitete radova na iskopu su prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-06. Iskopi građevnih jama.

Uvjeti kvalitete radova na uređenju temeljnog tla su prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-10.2. Sanacija slabonosivog temeljnog tla zamjenom materijala.

Uvjeti kvalitete radova na zamjeni tlom boljih karakteristika su prema poglavlju 3-11. Izrada nasipa.

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. Ugradnja, plan i program mjerenja se definira u projektu. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na iskopu se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-06. Iskopi građevnih jama. Veće količine iskopanih materijala od projektiranih ili neodobrenih od nadzornog inženjera, tj. nastale pogreškom izvođača, ne plaćaju se.

Rad na uređenju i zbijanju temeljnog tla se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-10.1. Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem.

Rad na ugradnji materijala zamjene se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-11. Izrada nasipa.

Rad na ugradnji geotekstila i geomreža mjeri se i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-10.3. Uređenje slabo nosivog temeljnog tla upotrebom geotekstila odnosno Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-10.4. Uređenje slabo nosivog temeljnog tla upotrebom polimernih geomreža.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-05.1.2. UTISKIVANJE KAMENOG MATERIJALA

Opis rada

Rad obuhvaća strojno nasipavanje kamenog materijala, što rezultira njegovom penetracijom u mekano tlo i istiskivanje mekanog tla uz ugradnju novog kamenog materijala.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.7.1. Krupni kamen za izradu posebnih nasipa

Zahtjev izvođenja rada

S obzirom da se na površini mekog tla često nalazi prosušeni sloj ili vegetacija čije korijenje ojačava površinu tla, takve pojave je potrebno ukloniti prije početka radova na utiskivanju, u svemu prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-3.2. Iskop trošnog površinskog tla.

Slijedi nasipavanje i razastiranje krupnog kamenog nasipa na način da on svojom masom uzrokuje kontinuirano prekoračenje nosivosti postojećeg (in-situ) tla, izgurava ga i dolazi na njegovo mjesto.

Pri tome se kameni nasip mora izvesti od dva dijela, donjeg koji služi kao stabilna radna platforma i kojega nije nužno zbijati osim ako drugačije nije zahtijevano projektom, i gornjeg dijela koji se zbija (u debljini i na zbijenost danu projektom) i po kojem prometuje mehanizacija za izvedbu radova. Dimenzije, odnosno visina i nagibi pokosa gornjeg i donjeg dijela moraju biti definirani projektom.

Radi napredovanja ugradnje izvođač mora kontinuirano uklanjati prednje blatne („muljne”) valove koji se stvara ispred i sa strane kamenog nasipa, a koji se ponašaju slično stabilizirajućim bermama.

Vrlo je važno kontrolirati „muljne” valove, najvećim dijelom da bi se izbjegao zaostanak mekog tla ispod nasipa, što bi uzrokovalo nejednolika slijeganja nasipa.

Uvjet kvalitete

Prije početka radova, mora se definirati način ugradnje materijala izvedbom na probnim poljima. Izvještaj s probnog polja se mora dati na uvid projektantu koji će dati eventualne dodatne kriterije za nastavak radova.

Tijekom radova Izvođač mora kontinuirano kontrolirati da:

- velike površine nisu poremećene uslijed utjecaja izguranog tla
- se nasip ne sliježe nakon završetka radova zbog zarobljenog mekog tla ispod ili unutar kamenog materijala, što se kontrolira kontinuiranim geodetskim mjeranjima
- ne dođe do utjecaja na susjedne građevine uslijed proširenja blatnih valova.

Izvođač mora tijekom radova kontrolirati brzinu ugradnje da ne dođe do formiranja nepravilnih blatnih valova ili prekomjernog utiskivanja materijala. Smjer blatnih valova se može korigirati načinom utiskivanja kamenog materijala, što mora biti definirano projektom.

Prilikom ugradnje potrebno je kontrolirati kvalitetu kamenog materijala, sve u skladu s uvjetima danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.7.1. Krupni kamen za izradu posebnih nasipa, Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi.

Kontrola kvalitete izvedenih radova se vrši na temelju prospektorskih bušotina. Nakon završetka radova na utiskivanju kamenog materijala, izvođač mora izvesti naknadna prospektorska bušenja na lokacijama i u dubini definiranim projektom. Način provedbe radova na prospektorskom bušenju mora biti u svemu s danim u poglavlju 4-03.2. Istražne bušotine. Nadzorni inženjer može zahtijevati dodatne prospektorske bušotine u odnosu na one definirane projektom, ako ima nedoumice o kvaliteti izvedenog poboljšanja tla ili „zarobljavanju” lošijeg materijala ispod zamijenjenog materijala. Uz prospektorsko bušenje, kao informacija o izvedenim količinama, projekt može definirati i geofizička ispitivanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na utiskivanju kamenog materijala se mjeri u metrima kubnim ugrađenog kamenog materijala prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na utiskivanju kamenog materijala se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju kamenog materijala, kao i utovar, odvoz i trajno deponiranje materijala muljnog vala. U jediničnu cijenu je uključena izvedba probnog polja sa svim materijalima i radovima predviđenim projektom.

Rad na prospektorskom bušenju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-03.2. Istražne bušotine.

4-05.2. SMANJENJE OPTEREĆENJA

Opis rada

Rad obuhvaća ugradnju laganih nasipa od klinker blokova od ekspandiranog polistirena, i sličnih materijala, na tlu, umjesto standardnih zemljanih ili kamenih nasipa, čime oni imaju povećanu stabilnost i manje se sliježu.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.2.5. Blokovi od ekspandiranog polistirena.

Zahtjev izvođenja rada

Prvi sloj klinker blokova se postavlja na sloj pijeska debljine oko 0,5 m, koji se ugrađuje prema danom u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-11. Izrada nasipa.

Na ugrađeni sloj pijeska se ugrađuju klinker blokovi zapremine težine 0,3-10 kN/m³.

Prvi red blokova se polaže u uzdužnom smjeru nasipa (paralelno s osi ceste), a na njega dolazi drug red blokova koji se polaže u poprečnom smjeru nasipa (okomito na os ceste).

Svi ostali redovi se slažu dalje u navedenom *cik-cak* rasporedu.

Konačna visina laganih nasipa, kao i nagib pokosa, određuje se projektom.

Treba imati na umu da se ne dopušta uporaba teških valjaka za zbijanje materijala.

Sve stranice nasipa od lakog materijala se moraju posebno zaštititi, gdje rješenje mora biti dano projektom, a radovi se provode prema danom u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-16. Zaštita pokosa drugih površina izloženih eroziji.

Debljina slojeva kolničke konstrukcije na ovakvom laganom nasipu mora biti određena projektom.

Uvjet kvalitete

Kako bi se moglo pratiti slijeganje temeljnog tla u vremenu ispod laganog nasipa, potrebno je ugraditi odgovarajuću mjernu opremu (geodetski reperi, deformetri, horizontalno postavljeni inklinometri) i sustavno vršiti mjerenja. Ugradnja, plan i program mjerenja se definira u projektu. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi laganih nasipa se mjeri u metrima kubnim ugrađenih laganih blokova prema dimenzijama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi laganih nasipa se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju laganih blokova. U jediničnu cijenu je uključena nabava, dovoz, ugradnja i zbijanje temeljnog sloja pijeska.

Rad na zaštiti pokosa nasipa od laganih materijala se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-16. Zaštita pokosa drugih površina izloženih eroziji.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-05.3. POVEĆANJE EFEKTIVNIH NAPREZANJA U TLU

Opis rada

Tehnologije povećanja efektivnih naprezanja u tlu obuhvaćaju predopterećenje tla (poglavlje 4-05.3.1.), predopterećenje tla pomoću vakuma (poglavlje 4-05.3.2.), preopterećenje tla (poglavlje 4-05.3.3.), ugradnju vertikalnih drenova (poglavlje 4-05.3.4.), ugradnju horizontalnih drenova (poglavlje 4-05.3.5.) te isušivanje tla (poglavlje 4-05.3.6.).

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

-

Uvjet kvalitete

-

Način mjerenja i obračuna radova

-

4-05.3.1. PREDOPTEREĆENJE TLA

Opis rada

Rad obuhvaća predopterećenje tla nasipavanjem materijala, radi ciljanog opterećivanja tla prije postavljanja konačne konstrukcije (nasip ili građevina), pri čemu 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 (poglavlje 4-05.3.3.).

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.2 Materijali i proizvodi za nasipe i posteljice.

Zahtjev izvođenja rada

Radovi obuhvaćaju ugradnju materijala na velikim površinama, gdje površina koja se predopterećuje mora biti veća od konačne površine na kojoj se izvodi izgradnja građevine, a gdje površina koja se opterećuje mora biti definirana projektom. Za veću ekonomičnost rješenja, izvođač može višekratno koristiti materijal predopterećenja.

Materijal koji se koristi za predopterećenje je najčešće materijal „A”, „B” ili „C” kategorije, što je i obrađeno ovim poglavljem. Pri tome se preporuča koristiti nekoherentne materijale. U nekim slučajevima se može koristiti i voda ili neki drugi materijal zadovoljavajuće zapreminske težine koji se lako transportira.

Materijal se izvodi do visine predviđene projektom, pri čemu nije nužno vršiti zbijanje nasutog materijala kako je dano u poglavlju 3-11. Izrada nasipa.

Inkrementalno opterećenje, tj. izvedbu u slojevima, izvođač može koristiti tamo gdje je tlo vrlo slabo pa se dodavanjem opterećenja u svakom inkrementu povećava krutost i čvrstoća. Nužnost inkrementalnog opterećenja mora biti definirana projektom, a može je predložiti i izvođač, za što mora dobiti odobrenje nadzornog inženjera.

Vremensko trajanje predopterećenja određuje se projektom i usklađuje se s ocjenom stanja u tlu mjerenjem ostvarenih slijeganja i (ili) razvoja pornih pritisaka tijekom predopterećivanja tla.

Ako je projektom definirano da se izvodi u kombinaciji s vertikalnim drenovima, za njihovu izvedbu treba koristiti odredbe dane u poglavlju 4-05.3.4. Ugradnja vertikalnih drenova.

Uvjet kvalitete

Ako je projektom traženo, prije početka radova je nužna izvedba probnog polja kako bi se utvrdila efikasnost metode. Uvjeti izvedbe probnog polja i kriteriji koje je potrebno ispuniti moraju biti definirani projektom.

Kontrola kvalitete izvedenih radova treba biti definirana projektom na temelju nekih od in-situ penetracijskih ispitivanja (standardni penetracijski test (SPT), statički penetracijski test (CPT) ili na temelju geofizičkih seizmičkih metoda (spektralna analiza posmičnih valova (SASW) ili multikanalna analiza posmičnih valova (MASW)). Vrsta ispitivanja, učestalost, kao i točne lokacije ispitivanja, koja se moraju provesti prije i nakon radova na istim lokacijama (ili duž istih profila) kako bi se rezultati mogli usporediti i donijeti zaključak o uspješnosti poboljšanja, moraju biti definirane projektom. Rad na angažmanu opreme, ispitivanju i obradi rezultata se provodi u svemu prema poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Kako bi se moglo pratiti slijeganje temeljnog tla u vremenu potrebno je ugraditi odgovarajuću mjernu opremu (geodetski reperi, deformetri) i sustavno vršiti mjerenja. Za potrebe mjerenja pornih tlakova u tlu moraju se ugraditi piezometri. Ugradnja, plan i program mjerenja se definira u geotehničkom projektu. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Raspored pozicija mjerenja slijeganja mora biti takav da se može izmjeriti slijeganje nasipa na cijeloj površini koja se predopterećuje, kako radi verifikacije projektnog rješenja, tako i radi obračuna dodatnih izvedenih količina utisnutog materijala predopterećenja u temeljno tlo, radi njegovog slijeganja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na predopterećenju se mjeri u metrima kubnim ugrađenog materijala za predopterećenje prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera. Izvođaču se odobrava eventualna dodatna količina u odnosu na projektom definiranu, ako mjerenja slijeganja definirana uvjetima kvalitete to dokazuju.

Rad na predopterećenju se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju materijal predopterećenja, kao i njegov naknadni iskop, odvoz, prijevoz i deponiranje. U jediničnu cijenu su uključeni i svi radovi na kontroli kvalitete izvedenih radova definirani projektom.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- zbijanje materijala predopterećenja, ako je to predviđeno projektom
- izvedba i uklanjanje probnog polja sa svim materijalima i radovima, ako je to predviđeno projektom
- rad na vertikalnim drenovima se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-05.3.4. Ugradnja vertikalnih drenova.

Rad na kontroli kvalitete izvedenih radova se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-05.3.2. PREDOPTEREĆENJE TLA POMOĆU VAKUUMA

Opis rada

Rad obuhvaća ugradnju nepropusne membrane na površinu tla koje se treba poboljšati te nametanje atmosferskog tlaka pomoću vakuumskih crpki, prilikom čega dolazi do stvaranja podtlaka u tlu te posljedično do smanjenja pornog tlaka i povećavanja efektivnog naprezanja.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.7.6. Zrnati kameni materijali za izradu plitkih i dubokih drenaža (temeljni filterski sloj)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.2 Materijali i proizvodi za nasipe i posteljice (materijal eventualnog dodatnog predopterećenja)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-17.1 Geomembrane

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12.5. Plastične drenažne cijevi

Zahtjev izvođenja rada

Prvi korak obuhvaća izvedbu pješčanog ili šljunčanog filtra na temeljnom tlu, debljine prema projektu, a minimalno 20 cm. U ovaj sloj se horizontalno postavljaju korugirane fleksibilne plastične cijevi promjera prema projektu, a minimalno 50 mm, koje će povezivati izvedene vertikalne drenove s glavnom vakuumskom cijevi. Ove korugirane fleksibilne plastične cijevi mogu biti, ako je projektom traženo, omotane u netkani geotekstil.

Zatim slijedi izvedba vertikalnih drenova u tlu, u kvadratnom ili trokutastom rasteru prema projektu, a sve u skladu s uvjetima danim u poglavlju 4-05.3.4. Ugradnja vertikalnih drenova.

Nakon izvedbe vertikalnih drenova, slijedi polaganje PVC geomembrane na pješčani ili šljunčani filter. Nakon toga se geomembrana zabrtvi na rubovima, uz mogućnost dodatnog izvođenja obodne brtvljene vertikalne zavjese.

Geomembrana, uobičajeno debljine od 0,5 do 4,0 mm, se dovozi na gradilište u rolama širine 4,0 - 15,0 m. S rolama mase do 150 kg manipulira se ručno. Ako su role veće mase, polaganje treba izvesti pomoću pogodnih građevinskih strojeva ili vozila. Geomembrane dostavljene u rolama se polažu na način da je njihovo premještanje po gradilištu svedeno na minimum, a samo odmotavanje geomembrane vrši se na način da se izbjegne prekomjerno naprezanje. Tijekom polaganja geomembrana treba uzeti u obzir njihovo toplinsko (termalno) skupljanje i širenje te je stoga nužno na gradilištu odmotati samo one role koje će istoga dana biti spojene. Tijekom polaganja, geomembrane se ne smiju presavijati, bacati, povlačiti ili podizati na jednom kraju. Prilikom postavljanja geomembrane mora se osigurati njezina ravnost te se ne smiju pojaviti nabori i pregibi.

Role geomembrane se moraju spajati u skladu s normom ONORM S 2076-1. Postoji više načina spajanja geomembrane: spajanje vrućim varenjem, butil gumenom trakom, šivanjem, preklapanjem i bentonitom. U cilju osiguranja vodonepropusnosti, potrebno je koristiti metodu vrućeg varenja, koja obuhvaća metodu ekstrudiranja i metodu varenja vrućim zrakom. Postupkom se može postići visoka kvaliteta varova, gdje strojevi za varenje proizvode dva paralelna vara između kojih se nalazi prazan, zrakom ispunjen, kanal.

Ispod i iznad membrane se dodatno postavlja netkani geotekstil kao zaštita membrane.

Po potrebi se, što treba biti definirano projektom, na geomembranu izvodi dodatni nasip predopterećenja, u skladu s uvjetima danim u poglavlju 4-05.3.1. Predopterećenje tla, sve kako bi se ubrzao postupak. S obzirom da se predopterećenje tla vakuumom koristi za povećanje efektivnih naprezanja u mekanim glinovitim tlima, za dodatni nasip se koristi postupak inkrementalnog opterećenja, tj. izvedba dodatnog nasipa predopterećenja u slojevima.

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).

Nakon što je završeno tretiranje tla i nakon što su postignuti projektom traženi kriteriji, geomembrana i eventualno izvedeni nasip predopterećenja se uklanjaju.

Uvjet kvalitete

Prva razina kontrole kvalitete je provjera je li cijela površina pod vakuumom i utječe li na tlo do potrebne dubine. Probna polja se izvode, ako su definirana projektom, da se uspostavi kvalitetna nepropusnost prekrivke i da se osigura efikasnost vakuumskih crpki.

Tijekom varenja geomembrane, hladno vrijeme može utjecati na kvalitetu varenja, pa nije dopušteno varenje pri temperaturama ispod 5 °C. Međutim, više od same temperature zraka, prisustvo vlage može biti puno veći problem. Sama provjera kvalitete vara se izvodi varenjem kanala s početne i sa završne strane vara, gdje se trak pod tlakom upumpava i provjerom na manometru se kontrolira pad tlaka.

Potrebna je i izvedba probnih spojeva, i to u terenskim uvjetima prije stvarnog spajanja. Probni spojevi se mogu izvesti na dijelovima koji se odstranjuju kao višak geomembrane. Same probne spojeve je potrebno izvoditi svaki dan prije nego se izvodi stvarno spajanje, uvijek kada dođe do promjena u osoblju koje izvodi spajanje ili u opremi kojom se izvodi spajanje te najmanje jednom u svaka četiri sata za svakog izvođača spajanja i za svaki dio opreme za spajanje koji se koristi tog dana.

Kontrola kvalitete izvedenih radova treba biti definirana projektom na temelju nekih od in-situ penetracijskih ispitivanja (standardni penetracijski test (SPT), statički penetracijski test (CPT) ili na temelju geofizičkih seizmičkih metoda (spektralna analiza posmičnih valova (SASW) ili multikanalna analiza posmičnih valova (MASW)). Vrsta ispitivanja, učestalost, kao i točne lokacije ispitivanja, koja se moraju provesti prije i nakon radova na istim lokacijama (ili duž istih profila) kako bi se rezultati mogli usporediti i donijeti zaključak o uspješnosti poboljšanja, moraju biti definirane projektom. Rad na angažmanu opreme, ispitivanju i obradi rezultata se provodi u svemu prema poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Kako bi se moglo pratiti slijeganje temeljnog tla u vremenu potrebno je ugraditi odgovarajuću mjernu opremu (geodetski reperi, deformetri) i sustavno vršiti mjerenja. Za potrebe mjerenja pornih tlakova u tlu moraju se ugraditi piezometri. Ugradnja, plan i program mjerenja se definira u geotehničkom projektu. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na predopterećenju tla pomoću vakuma se mjeri u metrima kvadratnim tretirane površine prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na predopterećenju tla pomoću vakuma se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje angažman sve opreme za implementaciju rada i njezin naknadni odvoz, uključivo nepropusnu geomembranu i zaštitni geotekstil, zajedno sa svim radovima na njihovoj ugradnji, probnom spajanju, spajanju u izvedbi, kontroli kvalitete membrane te rad vakuumske crpke. Preklopi geomembrana i zaštitnog geotekstila se ne obračunavaju. U jediničnu cijenu je uključena i nabava, dovoz i ugradnja filterskog sloja, kao i njegovo uklanjanje i odvoz s deponiranjem, nakon radova na poboljšanju tla. U jediničnu cijenu su uključeni i svi radovi na kontroli kvalitete izvedenih radova definirani projektom.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja dodatnog materijala predopterećenja, kao i njegov naknadni utovar, odvoz i deponiranje, ako je predviđeno projektom
- izvedba i uklanjanje probnog polja sa svim materijalima i radovima, ako je to predviđeno projektom

Rad na vertikalnim drenovima se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-05.3.4. Ugradnja vertikalnih drenova.

Rad na kontroli kvalitete izvedenih radova se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-05.3.3. *PREOPTEREĆENJE TLA*

Opis rada

Rad obuhvaća preopterećenje tla nasipavanjem materijala, radi ciljanog opterećivanja tla prije postavljanja konačne konstrukcije (nasip ili građevina), pri čemu je intenzitet opterećenja veći od konačnog opterećenja, čime se namjerno uzrokuju slijeganja veća od projektom očekivanih. Ako je intenzitet opterećenja manji ili jednak konačnom opterećenju, radi se o tehnologiji predopterećenja (poglavlje 4-05.3.1.).

Reference na materijale

Poglavlje 4-05.3.1. Predopterećenje tla

Zahtjev izvođenja rada

Zahtjev izvođenja radova je u svemu u prema poglavlju 4-05.3.1. Predopterećenje tla osim što se ovom metodom na temeljno tlo nameće opterećenje koje je veće od konačnog.

Dodatni zahtjevi izvođenja radova metodom preopterećenja uključuju sljedeće navedeno.

Veličina konačnog opterećenja se propisuje projektom, ali ne bi smjela biti manja od 1/3 naprezanja preopterećenja.

Vrijeme trajanja preopterećenja se propisuje projektom, ali ne bi smjelo biti manje od vremena u kojem je stupanj konsolidacije manji od 75 %.

Ako je projektom definirano da se izvodi u kombinaciji s vertikalnim drenovima, za njihovu izvedbu treba koristiti odredbe dane u poglavlju 4-05.3.4. Ugradnja vertikalnih drenova.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-05.3.1. Predopterećenje tla

Način mjerenja i obračuna radova

Rad se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-05.3.1. Predopterećenje tla.

4-05.3.4. *UGRADNJA VERTIKALNIH DRENOVA*

Opis rada

Rad obuhvaća ugradnju predgotovljenih vertikalnih drenova od polipropilena u tlo, tzv. *wick-drenovi*, za ubrzanja konsolidacije stišljivih koherentnih tala zasićenih vodom (gline, prahovi, organska tla).

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.7.8. Predgotovljeni vertikalni drenovi

Dodatni zahtjevi koji se postavljaju na vertikalne drenove u cilju povećanja efektivnih naprezanja u tlu su:

- visoka propusnost koja će omogućiti brzu disipaciju poreznog tlaka
- dovoljna fleksibilnost da dozvoli velike vertikalne i horizontalne pomake tla
- mogućnost funkcioniranja u traženom periodu
- trajnost i otpornost na promjene stanja naprezanja
- filteri se neće začepiti okolnim sitnozrnim materijalom.

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.7.6. Zrnati kameni materijali za izradu plitkih i dubokih drenaža (temeljni drenažni sloj).

Zahtjev izvođenja rada

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

Postoje dva načina ugradnje vertikalnih drenova:

- statički utisnuta ovojnica s drenom u tlo
- uvibrirana cijev s drenom u tlo – ne preporučuje se ovim OTU-ima zbog mogućnosti oštećenja drena prilikom ugradnje.

Kod statički utisnutih drenova, ovojnica (cijev) mora biti malih dimenzija, neznatno većih od samog drena, zbog lakšeg prodiranja u tlo i da bi se što manje poremetilo tlo oko drena.

Drenovi se ugrađuju u trokutnom ili pravokutnom rasporedu na osnovu razmaku danih geotehničkim projektom.

Ugradnja drenova statičkim utiskivanjem podrazumijeva sljedeće navedene korake.

Ako na površini tla postoji prosušeni, krući sloj, isti je potrebno ukloniti prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla.

Nakon toga slijedi izvedba drenažnog sloja debljine i granulometrije prema projektu (minimalna debljina $d=30$ cm i preporučena granulometrija 2 – 16 mm) i ugradnja uz zbijanje do $M_s > 30$ MPa, sve prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-11. Izrada nasipa.

Na izvedenom drenažnom sloju se vrši iskolčenje pozicije svakog drena.

Sljedeći korak je montiranje role na koju je namotan dren i uvlačenje drena u zaštitnu ovojnicu. Slijedi strojno utiskivanje zaštitne ovojnice s drenom u tlo. Sila utiskivanja ovisi o mehaničkim karakteristikama tla i dubini ugradnje drenova.

Nakon dostizanja projektirane dubine drena, slijedi izvlačenje zaštitne ovojnice. Na površini se dren reže i prelazi se na ugradnju sljedećeg drena.

Treba izbjegavati naknadni iskop ispod kote s koje se izvođe drenovi. Iskustva pokazuju da se naknadnim iskopom oštećuje i čupa veliki broj drenova.

Uvjet kvalitete

U smislu osiguranja kvalitete trebaju se od strane ovlaštenog tijela provoditi ispitivanja materijala drena kako je dano u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-7.7.8 Predgotovljeni vertikalni drenovi.

Uvjeti kvalitete izvođenja koji se postavljaju na vertikalne drenove su kontinuitet duž cijele duljine i dobra hidraulička povezanost s drenažnim slojem na površini te odabir postupka instalacije (navedeni postupak statičkog utiskivanja) koji neće dovesti do značajnih poremećaja u okolnom tlu.

Pri tome položajno odstupanje ugrađenog drena mora biti najviše ± 5 cm ili manje, ili drugačije ako je tako definirano projektom.

Tijekom svake faze radova nadzorni inženjer vodi evidenciju sukladno normi HRN EN 15237 (Uspravne drenaže).

Kako bi se mogli pratiti tlakovi vode u vremenu, potrebno je ugraditi odgovarajuću mjernu opremu (točkasti piezometri) i sustavno vršiti mjerenja. Ugradnja, plan i program mjerenja se definiraju u geotehničkom projektu. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi vertikalnih drenova se mjeri u metrima dužnim ugrađenih vertikalnih drenova prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi vertikalnih drenova se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju statičkim utiskivanjem vertikalnih drenova. U jediničnu cijenu je uključena i nabava, dovoz, ugradnja i zbijanje drenažnog sloja.

Rad na iskopu površinskog tla se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-05.3.5. UGRADNJA HORIZONTALNIH DRENOVA***Opis rada***

Rad obuhvaća bušenje horizontalne bušotine na pokosu i postavljanje perforirane cijevi u nju, čime se snižava razina podzemne vode.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12.5. Plastične drenažne cijevi

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-17.1. Geotekstili

Zahtjev izvođenja rada

Kao prvi korak vrši se izvedba bušotina minimalnog promjera 75 mm na pokosima, pri čemu raster, duljina i nagib bušotina (uobičajeno 5 – 10° u odnosu na horizontalu), a time i horizontalnih drenova, mora biti određen geotehničkim projektom.

Izvedba bušotine na pokosu vrši se posebnim strojem sa svrdlom. Tijekom bušenja, potrebna je tekućina za ispiranje (najčešće voda) kako bi se smanjilo trenje tijekom bušenja i pomoglo u uklanjanju iskopanog tla.

U slučaju potrebe, a radi urušavanja bušotine, mogu se koristiti privremene čelične zaštitne kolone, koje se uklanjaju nakon postavljanja horizontalnih drenova.

U bušotinu se postavlja perforirana PVC cijev promjera (uobičajeno oko 50 mm) i debljine (minimalno 5 mm) definiranih projektom. Sama cijev mora biti omotana netkanim geotekstilom (mase minimalno 100 g/m²) radi sprečavanja ispiranja sitnih čestica. Pričvršćenje geotekstila se vrši omatanjem galvaniziranom žicom na najviše svakih 10 cm' cijevi.

U nožici pokosa se izvodi kanal/jarak koji vodu prikupljenu horizontalnim drenovima odvodi izvan zone pokosa. Ovaj jarak se izvodi u skladu sa zahtjevima izvođenja radova danim u Knjizi V – Odvodnja: poglavlje 5-03. Površinska odvodnja.

Uvjet kvalitete

U smislu osiguranja kvalitete trebaju se od strane ovlaštenog tijela provoditi ispitivanja materijala horizontalnog drena kako je dano u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12.5. Plastične drenažne cijevi.

Zahtjevi izvođenja koji se postavljaju na horizontalne drenove su kontinuitet duž cijele duljine te odabir postupka instalacije koji neće dovesti do značajnih poremećaja u okolnom tlu.

Pri tome položajno odstupanje na pokosu mora biti najviše ± 5 cm ili manje, ili drugačije ako je tako definirano projektom.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi horizontalnih drenova se mjeri u metrima dužnim ugrađenih horizontalnih drenova prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi horizontalnih drenova se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje bušotina s primjenom tekućine za ispiranje, utovar, odvoz i deponiranje izbušenog materijala, nabavu, dopremu i ugradnju PVC cijevi te geotekstila kojim se omotavaju cijevi, zajedno s pričvrstnim materijalom geotekstila na cijev.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- primjena privremenih čeličnih zaštitnih cijevi radi sprečavanja urušavanja bušotine, ako je to definirano projektom.

Rad na izvedbi odvodnog jarka se mjeri i obračunava prema Knjizi V – Odvodnja: poglavlje 5-03. Površinska odvodnja.

4-05.3.6. ISUŠIVANJE TLA**Opis rada**

Rad obuhvaća isušivanje, odnosno grijanje tla bušenjem vertikalnih bušotina i kroz njih infiltracijom komprimiranog, grijanog, zraka, sve radi uklanjanja vode iz tla i povećanja efektivnih naprezanja u tlu.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Proces grijanja tla se odvija pomoću zacijevljene bušotine promjera 100 – 200 mm uz konstantu kontrolu temperature grijanja i kemikalija koje se dodaju da bi se povećala efikasnost postupka.

Raster i duljina bušotina mora biti određena geotehničkim projektom.

Izvođač može koristiti kruto, plinovito ili tekuće gorivo. Gorivo sagorijeva na ulazu u bušotinu i, s obzirom da nema drugi izlaz, infiltrira se u pore tla.

Izvođač može kontrolirati temperaturu plinova mijenjanjem količine zraka koji se upušta u bušotinu.

Uvjet kvalitete

Da bi se pratio učinak i napredovanje postupka grijanja tla, tri varijable se moraju mjeriti:

- temperature na različitim pozicijama u tlu
- izdizanje tla za radove blizu površine kontinuiranim geodetskim praćenjem radova te
- piezometarska mjerenja uvjeta podzemne vode.

Vrsta opreme za mjerenje, njezin položaj i učestalost mjerenja moraju biti propisani geotehničkim projektom.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na isušivanju tla se mjeri u metrima dužnim izvedenih bušotina za isušivanje tla prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na isušivanju tla se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje bušotina, nabavu, dopremu i ugradnju elementa zacijevljenja te grijanje tla u vremenu dok se ne zadovolje projektni kriteriji, uključivo nabavu i primjenu kemikalija za povećanje efikasnosti. U jediničnu cijenu su uključena i sva projektom predviđena mjerenja učinka i napredovanja, uključivo nabava, doprema i ugradnja opreme za mjerenje temperature tla, mjerenje izdizanja tla i piezometarska mjerenja, kao i provedba samih mjerenja.

4-05.4. UDARNE METODE

Opis rada

Udarne tehnike poboljšanja 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 uključuju dinamičko zbijanje (poglavlje 4-05.4.1.) i brzo udarno zbijanje (poglavlje 4-05.4.2.), dok tehnika ojačanja tla udarnim postupcima u dubini tla obuhvaća zbijanje miniranjem (poglavlje 4-05.4.3.).

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

-

Uvjet kvalitete

Kontrola kvalitete izvedenih radova treba biti definirana projektom na temelju nekih od in-situ penetracijskih ispitivanja (standardni penetracijski test (SPT), statički penetracijski test (CPT) ili na temelju geofizičkih seizmičkih metoda (spektralna analiza posmičnih valova (SASW) ili multikanalna analiza posmičnih valova (MASW)). Vrsta ispitivanja, učestalost, kao i točne lokacije ispitivanja, koja se moraju provesti prije i nakon radova na istim lokacijama (ili duž istih profila) kako bi se rezultati mogli usporediti i donijeti zaključak o uspješnosti poboljšanja, moraju biti definirane projektom. Rad na angažmanu opreme, ispitivanju i obradi rezultata se provodi u svemu prema poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na kontroli kvalitete izvedenih radova se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

4-05.4.1. DINAMIČKO ZBIJANJE

Opis rada

Rad obuhvaća sustavno nabijanje površine tla teškim utegom koji pada s određene visine.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Ako na površini tla postoji prosušeni, krući sloj, potrebno ga je ukloniti prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla.

Na površinu terena potrebno je položiti sloj materijala odgovarajuće debljine i granulometrije (minimalna debljina $d=50$ cm i preporučena granulometrija 0-63 mm) uz zbijanje na $M_s > 30$ MPa.

Za zbijanje se obično koriste utezi od 5 – 20 tona, koji padaju s visine od 20 m ili drugačije ako je projektom definirano. Utezi su obično od masivnog betona ili zavarene čelične ploče, kvadratnog tlocrta, dimenzije 2 m.

Uglavnom se primjenjuje 5 do 10 udaraca na jednom mjestu. Moguće je više prolaza po pojedinoj točki zbijanja, tj. metodu je moguće ponoviti više puta na istoj lokaciji dok se ne dobiju projektom traženi kriteriji.

Ovisno o vrsti tla, dubina kratera koji se formira tijekom dinamičkog zbijanja varira od 0,5 – 2,0 m. Nakon svakog prolaza, te nakon konačne provedbe radova na zbijanju, ovi se krateri popunjavaju miješanim ili kamenim materijalom i zbijaju, kako je dano u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-11. Izrada nasipa.

Ukupan broj tretiranih lokacija, kao i raster tretiranih lokacija, mora biti dan geotehničkim projektom.

Ako nije definirano projektom, teren se uobičajeno obrađuje u kvadratnom rasteru 5 – 10 m.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-05.4. Udarne metode.

Tijekom radova je kontinuirano potrebno bilježiti broj udaraca po pojedinoj lokaciji, kao i količinu materijala potrebnu za popunjavanje formiranih kratera.

Dinamičkim zbijanjem se generiraju velike vibracije u temeljnom tlu pa je tijekom zbijanja potrebno vršiti monitoring vibracija ako se radovi izvode u blizini postojećih građevina. Nužnost mjerenja vibracija i traženi kriteriji moraju biti definirani geotehničkim projektom.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na dinamičkom zbijanju se mjeri u metrima kvadratnim površine poboljšanog tla dinamičkim zbijanjem prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na dinamičkom zbijanju se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje zbijanje tla na pozicijama definiranim projektom, sve do postizanja projektom traženog kriterija, u onom broju prolaza sve dok se ne ostvare traženi projektni kriteriji poboljšanja tla. U jediničnu cijenu je uključena i nabava, dovoz i ugradnja materijala za popunjavanje nastalih kratera/šupljina, kao i njihovo zbijanje.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi dinamičkim zbijanjem, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- kontinuirano mjerenje vibracija izazvanih dinamičkim zbijanjem, ako je to predviđeno projektom

Rad na iskopu površinskog tla se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla.

4-05.4.2. BRZO UDARNO ZBIJANJE

Opis rada

Rad obuhvaća sustavno nabijanje površine tla nametanjem udarne energije preko nakovnja u stopi stroja, generirane visokofrekventnim hidrauličkim čekićem.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Koraci izvedbe su sljedeći:

- uklanjanje površinskog sloja

- izvedba kamenog nabačaja
- 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 se ne ostvare projektom traženi kriteriji
- stopa i čekić se podižu i gusjeničar se prebacuje na sljedeću lokaciju.

Ako na površini tla postoji prosušeni, krući sloj, potrebno ga je ukloniti prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla.

Na površinu terena potrebno je položiti sloj materijala odgovarajuće debljine i granulometrije (minimalna debljina $d=50$ cm i preporučena granulometrija 0-63 mm) uz zbijanje na $M_s > 30$ MPa.

Specijalno dizajnirani hidraulični čekić mase 7 tona ima visinu pada od oko 1,2 m. Količina utrošene energije za zbijanje iznosi oko 150 – 250 t-m/m² i na jednoj tretiranoj točki se može izvesti i do 100 udaraca. Izvođač može koristiti dvije vrste stopa za nabijanje: kružna (promjera 1,5 m) i kvadratna (veličine stranice 1,8 m).

Ukupan broj tretiranih lokacija, kao i raster tretiranih lokacija, mora biti dan geotehničkim projektom.

Ako nije dano projektom, postupak se uobičajeno izvodi na trokutnom ili četverokutnom rasteru od 2 m.

Ako je projektom tako definirano, nakon prvog prolaza (primarnog rastera tretiranih lokacija) moguća je i provedba drugog prolaza (sekundarni raster na mjestima između obrađenih točaka primarnog rastera). Radove kontrole kvalitete je potrebno provesti nakon prvog prolaza te je rezultate potrebno dati na uvid projektantu i nadzornom inženjeru prije početka radova na drugom prolazu. Radove kontrole kvalitete je potrebno provesti i nakon drugog prolaza te je rezultate potrebno dati na uvid projektantu i nadzornom inženjeru.

Nakon provedenih radova, potrebno je zaravnati površinu tla, najčešće pomoću valjaka.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-05.4. Udarne metode.

Postupak se prekida kada udarac uzrokuje slijeganja manja od projektom definiranih, uobičajeno od 5 do 10 mm.

Tijekom radova je kontinuirano potrebno bilježiti broj udaraca po pojedinoj lokaciji te vršiti radove mjerenja vibracija, sve u skladu s geotehničkim projektom.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na brzom udarnom zbijanju se mjeri u metrima kvadratnim površine poboljšanog tla udarnim zbijanjem prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na brzom udarnom zbijanju se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje udarno zbijanje tla na pozicijama definiranim projektom. U jediničnu cijenu je uključeno i zaravnanje površine tla valjcima nakon izvedbe radova na poboljšanju tla.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi brzog udarnog zbijanja, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- kontinuirano mjerenje vibracija izazvanih brzim udarnim zbijanjem, ako je to predviđeno projektom

Rad na iskopu površinskog tla se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla.

4-05.4.3. MINIRANJE

Opis rada

Rad obuhvaća poboljšanje tla primjenom kontroliranog miniranja, i to bušenjem bušotina s nabavom dopremom i ugradnjom cijevi, postavljanjem eksploziva u njih i njegovom detonacijom, čime se postiže povećanje gustoće rahlog, nekoherentnog, tla.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Uobičajena je sljedeća procedura miniranja kao tehnologije ojačanja:

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

Ukupan broj i dubina bušotina, njihov raster, kao i količina eksploziva mora biti dan geotehničkim projektom.

Cijevi se ugrađuju bušenjem te se nakon bušenja u njih postavljaju eksplozivna punjenja na $\frac{1}{2}$ do $\frac{3}{4}$ dubine do zadnjeg sloja koji se tretira. Ako projektom nije definirano, raster na kojem se postavljaju eksplozivna punjenja iznosi 5 – 15 m, pri čemu količina korištenog eksploziva iznosi 0,008 – 0,15 kg/m³.

Slijedi izvlačenje cijevi iz tla te zatrpavanje rupe iskopanim materijalom.

Slijedi detonacija eksploziva, gdje se obično izvodi 1 – 5 serija u jednom nizu (uobičajeno je 2 ili 3 u razmacima od nekoliko sati ili dana, što mora biti definirano projektom).

Ako je projektom definirano da se izvodi u kombinaciji s vertikalnim drenovima, za njihovu izvedbu treba koristiti odredbe dane u poglavlju 4-05.3.4. Ugradnja vertikalnih drenova.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-05.4. Udarne metode.

Tijekom radova je uvijek nužno kontinuirano vršiti radove mjerenja vibracija, sve u skladu s geotehničkim projektom.

Ako je geotehničkim projektom zahtijevano, za vrijeme miniranja potrebno je koristiti piezometre za praćenje pornog tlaka vode. Rad na ugradnji i mjerenju piezometrima se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na miniranju se mjeri u metrima dužnim izvedenih bušotina prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na miniranju se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje bušotina s nabavom, dopremom i ugradnjom cijevi, privremeno deponiranje izbušenog materijala te naknadno uklanjanje cijevi nakon ugradnje eksploziva i zatrpavanje rupe prethodno izbušenim materijalom. U jediničnu cijenu je uključena nabava, dovoz i ugradnja eksploziva

te njegova detonacija u onom broju serija dok se ne ostvare projektom definirani kriteriji poboljšanja tla. U jediničnu cijenu je uključeno i kontinuirano mjerenje vibracija izazvanih miniranjem.

Rad na vertikalnim drenovima se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-05.3.4. Ugradnja vertikalnih drenova.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-05.5. VIBRACIJSKE METODE

Opis rada

Tehnike dubinskog poboljšanja (ojačanja) tla vibracijom uključuju vibro-zbijanje (poglavlje 4-05.5.1.) i metodu šljunčanih stupnjaka (poglavlje 4-05.5.2.).

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

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).

Uvjet kvalitete

Za potrebe kontinuiranog nadzora tijekom izvedbe vibracijskog poboljšanja tla 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 u skladu s programom danim u projektu i to:

- neposredno, ispitivanjem probnim opterećenjem (npr. ispitnim nasipom) u velikom mjerilu, tj. na površini ili zoni koja obuhvaća tretirano tlo kod kojih izvođač provodi ispitivanja na površini, u inkrementima i u odgovarajućem periodu, sve što mora biti definirano projektom i/ili
- posredno, na temelju nekih od in-situ penetracijskih ispitivanja (standardni penetracijski test (SPT), statički penetracijski test (CPT) ili na temelju geofizičkih seizmičkih metoda (spektralna analiza posmičnih valova (SASW) ili multikanalna analiza posmičnih valova (MASW)). Vrsta ispitivanja, učestalost, kao i točne lokacije ispitivanja koja se moraju provesti prije i nakon radova na istim lokacijama (ili duž istih profila) kako bi se rezultati mogli usporediti i donijeti zaključak o uspješnosti poboljšanja, moraju biti definirane projektom. Rad na angažmanu opreme, ispitivanju i obradi rezultata se provodi u svemu prema poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Kako bi se moglo pratiti slijeganje temeljnog tla u vremenu, tijekom i nakon izvedbe građevina, potrebno je ugraditi odgovarajuću mjernu opremu (geodetski reperi, deformetri) i sustavno vršiti mjerenja. Ugradnja, plan i program mjerenja se definira u geotehničkom projektu. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad neposredne kontrole kvalitete nasipom se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-11. Izvedba nasipa.

Radovi naknadnog iskopa nasipa za neposrednu kontrolu kvalitete se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-04. Široki iskop tla.

Radovi prijevoza iskopanog materijala nasipa za neposrednu kontrolu kvalitete moraju biti prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-09. Prijevoz materijala.

Radovi odlaganja iskopanog nasipa za neposrednu kontrolu kvalitete moraju biti prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-15. Odlaganje materijala.

Rad posredne kontrole kvalitete se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-05.5.1. VIBRO-ZBIJANJE

Opis rada

Rad obuhvaća primjenu vibro-zbijanja utiskivanjem dubinskog vibracijskog uređaja, pomoću komprimiranog zraka ili mlaza vode, s nametanjem vibracija, kao tehnike kojom se povećava gustoća tla.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Za ovu tehniku, izvođač mora koristiti tešku vibrirajuću sondu ili vibrator kojim unosi u tlo pretežno horizontalne vibracije. Moraju se primijeniti frekvencije vibriranja 30 Hz – 50 Hz koje daju amplitude 5 – 10 mm.

Ako na površini tla postoji prosušeni, krući sloj, potrebno ga je ukloniti sukladno danom u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla.

Na površinu terena potrebno je položiti sloj materijala odgovarajuće debljine i granulometrije (minimalna debljina $d=50$ cm i preporučena granulometrija 0 – 63 mm) uz zbijanje na $M_s > 30$ MPa.

Nakon pozicioniranja stroja na predviđenu lokaciju, slijedi penetracija uređaja do projektom definirane dubine. Kako bi se olakšalo prodiranje uređaja u tlo, izvođač može koristiti komprimirani zrak ili mlaz vode.

Zatim slijedi izvlačenje uređaja uz smanjenje tlaka zraka ili vode. Zbijanje tla se postiže nametanjem vibracija tijekom podizanja vibracijskog uređaja u koracima po 30 cm uz potrebno vremensko zadržavanje, kako bi se osigurala zadovoljavajuća razina zbijenosti na svakoj dubini.

Uređaj se zatim povlači na površinu tla gdje se formira zona zbijenog tla oko ulazne penetracijske točke. Dodatno, ako se na površini formirala depresija tla, mora se ispuniti dodatnim pijeskom uz zbijanje.

Razmak i raster vibrobušotina, kao i dubina tretiranja, treba biti definiran geotehničkim projektom, a može se odrediti prema empirijskim grafikonima.

Ako nije definirano projektom, razmak vibrobušotina je 1,8 – 3,0 m u trokutastom ili kvadratnom rasporedu.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-05.5. Vibracijske metode.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na vibro-zbijanju se mjeri u metrima kvadratnim površine poboljšanog tla vibro-zbijanjem prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na vibro-zbijanju se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje vibro-zbijanje tla na pozicijama definiranim projektom. U jediničnu cijenu je uključena i nabava, dovoz i ugradnja pijeska za popunjavanje depresija nastalih uslijed izvedbe radova.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi vibro-zbijanjem, osim kada je to drugačije definirano ugovorom

Rad na iskopu površinskog tla se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla.

4-05.5.2. ŠLJUNČANI STUPNJACI

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu šljunčanih stupnjaka (dubinsko vibracijsko punjenje) utiskivanjem kamenog materijala u mekše tlo, čime se stvaraju novi nosivi i vrlo propusni volumeni u obliku stupa, sve u cilju poboljšanja mehaničkih karakteristika temeljnog tla i poboljšanja uvjeta dreniranja.

Ugradnjom kamenog materijala (šljunka ili drobljenog kamena) poboljšavaju se mehanička svojstva temeljnog tla (ukupni parametri čvrstoće i prosječni modul stišljivosti tla). Šljunčani stupnjaci ujedno djeluju i kao vertikalni drenovi u tlu omogućavajući pornoj vodi da teče vodoravno (radijalno) prema najbližem drenu/šljunčanom stupnjaku 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.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-5.3 Agregat za nevezane i hidraulički vezane materijale (za materijal šljunčanih stupnjaka)

Kao alternativu šljunku ili drobljenom kamenom materijalu, moguće je koristiti i zguru, ako je tako definirano projektom. Kriteriji zgure kao materijala šljunčanih stupnjaka su definirani u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-5.3 Agregat za nevezane i hidraulički vezane materijale.

Zahtjev izvođenja rada

Prvi korak je skidanje humusnog pokrova (prema potrebi) prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla.

Na površinu terena potrebno je položiti sloj materijala odgovarajuće debljine i granulometrije (minimalna debljina $d=50$ cm i preporučena granulometrija 0-63 mm) uz zbijanje na $M_s > 30$ MPa.

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 (iskolčene) točke. Izvođač tijekom izvođenja radova mora kontinuirano pratiti silu utiskivanja i parametre vibriranja.

Posebni utovarivač puni spremnik postrojenja kamenim materijalom. Pod kamenim 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.

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.

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

Raster, dubina i promjer šljunčanih stupnjaka trebaju biti definirani geotehničkim projektom.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-05.5. Vibracijske metode

Postizanje zbijenosti ugrađenog materijala po dubini provjerava se tijekom izvedbe praćenjem odgovarajućih parametara izvedbe i rada stroja npr. potrošnje energije.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi šljunčanih stupnjaka se mjeri u metrima dužnim izvedenih šljunčanih stupnjaka prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi šljunčanih stupnjaka se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju materijala šljunčanog stupnjaka na pozicijama definiranim projektom.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi šljunčanih stupnjaka, osim kada je to drugačije definirano ugovorom.

Rad na iskopu površinskog tla se mjeri i obračunava u skladu s Knjigom III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla.

4-05.6. INJEKTIRANJE

Opis rada

Tehnike poboljšanja (ojačanja) tla injektiranjem uključuju injektiranje pod niskim tlakom (poglavlje 4-05.6.1.) te injektiranje pod visokim tlakom metodom mlaznog injektiranja (poglavlje 4-05.6.2.).

Ovim poglavljem je obuhvaćeno injektiranje tla radi poboljšanja tla/stijene i popunjavanja šupljina, dok su za smanjenje propusnosti i/ili izvedbu vodoodržive barijere mjerodavni radovi navedeni u poglavlju 4-08.1.6. Injektirane vodonepropusne zavjese.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.7. Smjesa za injektiranje

U ovom poglavlju se obrađuju cementne injekcijske smjese, koje se sastoje od vode, cementa i raznih punila i dodataka u različitim omjerima miješanja.

Zahtjev izvođenja rada

-

Uvjet kvalitete

Prilikom izvedbe injektiranja se bilježe podaci izvedbe, gdje se kontinuirano prati utrošak cementa, pritisak pumpanja i protoka injekcijske smjese i gustoće. Ove podatke potrebno bilježiti za svaki pojedinu točku injektiranja kako bi se kasnije po potrebi mogli analizirati uvjeti izvedbe.

Kontrola kvalitete smjese za injektiranje se definira u skladu s Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-8.7. Smjesa za injektiranje. U sklopu tekućih ispitivanja provodi se:

- kontrola gustoće injekcijske suspenzije
- kontrola tlačne čvrstoće očvrslje cementne suspenzije.

Učestalost uzrokovanja i tekućih ispitivanja mora biti definirana projektom, a preporuka je da se uzorci iz miješalice uzimaju 2 puta dnevno. Za provedbu ispitivanja treba uzimati uzorke za tekuća ispitivanja injekcijske smjese i formirati ih u valjke promjera 100 mm. Nadzorni inženjer će odrediti 3 reprezentativna uzorka koji će se tjedno davati na laboratorijsko ispitivanje.

Nakon izvedbe injektiranja izvođač mora dokazati da je stupanj poboljšanja temeljnog tla minimalno jednak traženom u projektu. Postupci za navedeno moraju biti dani projektom, a uobičajeno se za navedeno koriste geofizičke metode (primarno seizmičke SASW i MASW metode), gdje se ispitivanja 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. Položaj, broj i duljina profila geofizičkih ispitivanja propisuje se geotehničkim projektom. Rad na angažmanu opreme, ispitivanju i obradi rezultata se provodi prema poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Kako bi se moglo pratiti slijeganje temeljnog tla u vremenu, potrebno je ugraditi odgovarajuću mjernu opremu (geodetski reperi, deformetri) i sustavno vršiti mjerenja. Ugradnja, plan i program mjerenja se definira u geotehničkom projektu. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad posredne kontrole kvalitete se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-05.6.1. INJEKTIRANJE POD NISKIM TLAKOM**Opis rada**

Rad obuhvaća poboljšanje temeljnog tla injektiranjem pod niskim tlakom te primjenu metoda veznog injektiranja, konsolidacijskog injektiranja, kompaksijskog injektiranja ili hidrofrakturnog injektiranja, na način da se prvo izvode bušotine kroz koje se zatim injektira injekcijska smjesa.

Reference na materijale

Poglavlje 4-05.6. Injektiranje

Zahtjev izvođenja rada

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 12715 (Injektiranje).

Procjena mogućnosti injektiranja pod niskim tlakom 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.

S obzirom na specifičnosti pojedinih metoda injektiranja pod niskim tlakom, one će se u nastavku zasebno elaborirati, nakon čega slijede uvjeti izvedbe koji su u najvećem dijelu univerzalni za sve metode injektiranja pod niskim tlakom.

Vezno injektiranje

U cilju uspostavljanja što bolje veze između konstrukcije građevine i tla/stijene, kako bi se one što bolje povezale u jednu konstrukcijsku cjelinu, izvođač ubrizgava injekcijsku smjesu u područje između tla/stijene i konstruktivnog elementa građevine koja se na nju oslanja.

Tlakovi veznog injektiranja su uobičajeno u rasponu 0,3 do 0,5 MPa.

Za injektiranje se koriste guste smjese. Zadovoljavaju smjese omjera od 0,8 (voda) : 1 (cement) do 0,8 (voda) : 1 (cement) : 2 (sitni pijesak) i 2 % bentonita. Karakteristike injekcijske smjese i parametri injektiranja moraju biti dani geotehničkim projektom.

Veznim injektiranjem se obuhvaća samo kontakt tla/stijene i konstruktivnog elementa i zonu tla/stijene do dubine od oko 0,5 – 1,0 m.

Razmak bušotina je prema geotehničkom projektu, a uobičajeno iznosi 1,5 – 3,0 m.

Konsolidacijsko injektiranje

Konsolidacijskim injektiranjem izvođač obuhvaća dublju zonu stijene, gdje se injektiranjem zatvaraju pukotine čvrstom masom i uspostavlja se homogeniji masiv, boljih deformacijskih karakteristika. Karakteristike injekcijske smjese i parametri injektiranja, kao i dubina zone obuhvaćene konsolidacijskim injektiranjem, moraju biti dani geotehničkim projektom.

Tlakovi konsolidacijskog injektiranja su uobičajeno u rasponu 0,5 do 0,7 MPa.

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. 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 prema geotehničkom projektu, a uobičajeno iznosi 1,5 – 3,0 m.

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.

Tlakovi kompakcijskog injektiranja su uobičajeno u rasponu 1 do 7 MPa.

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 oko 3 MPa, a moguća je i primjena ekspandirajućih smola koje kemijskom reakcijom zbijaju okolno tlo. Karakteristike injekcijske smjese i parametri injektiranja, kao i dubina zone obuhvaćene konsolidacijskim injektiranjem, moraju biti dani geotehničkim projektom.

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.

Razmak bušotina je prema geotehničkom projektu, a uobičajeno iznosi 1,0 – 3,0 m.

Hidrofrakturno injektiranje

Hidrofrakturnim injektiranjem izvođač namjerno izaziva i širi nove pukotine u stijeni, i to injektiranjem smjese pod tlakom većim nego kod kompakcijskog injektiranja.

Tlakovi hidrofrakturnog injektiranja su uobičajeno veći od 15 MPa.

Postupak se sastoji od izvedbe bušotine do predviđene dubine te injektiranje od dna bušotine prema površini na nekoliko visina, što se ostvaruje postavljanjem jednog pakera na unaprijed određenim visinama. Karakteristike injekcijske smjese i parametri injektiranja, kao i dubina zone obuhvaćene konsolidacijskim injektiranjem, moraju biti dani geotehničkim projektom.

Razmak bušotina je prema geotehničkom projektu, a uobičajeno iznosi 1,0 – 3,0 m.

Pripremni radovi

Program injektiranja mora biti dan u geotehničkom projektu i treba se oslanjati na informaciju o tlu koje se nalazi na lokaciji, o položaju pojedinih slojeva i njihovoj debljini.

Ako se radovi izvode na visini, i ako projekt to predviđa, za provođenje radova potrebno je osigurati kvalitetnu podlogu (izvedba radnog platoa ili radne skele) s dovoljnim prostorom za radnu garnituru.

Prije početka radova, izvođač mora osigurati ispravnu opremu za bušenje i injektiranje, koja se sastoji od:

- bušilice s odgovarajućim priborom za izradu bušotina rotacionom ili udarno-rotacionom tehnikom
- uređaja za pripremanje injekcijskih smjesa – miješalice i injektori
- pumpi
- odgovarajućih brtvila
- cijevi za smjesu, manometara.

Pri tome oprema treba biti odabrana tako da omogućiti rad s projektiranim mješavinama. S tim u vezi, najveća dužina voda za injektiranje, od injektora do bušotine, ne smije biti veća od oko 200 m.

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. Mehанизacija i uređaji za pripremanje i ugradnju smjese trebaju biti međusobno usklađeni i pod uvjetima najvećih intenziteta ubrizgavanja smjese putem jednog ili više injektora.

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.

Pritisci injektiranja

Završni pritisci injektiranja definiraju se geotehničkim projektom.

Izvođač mora kontinuirano mjeriti pritiske 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, ako je protok injektiranja veći.

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

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:

- izbijanje smjese na površinu
- utrošci veći od propisanih za dotičnu etažu (gdje je propisan utrošak definiran geotehničkim projektom)
- viša sila u smislu ugovora između izvođača i investitora.

Nakon provedbe radova, izvođač mora očistiti lokaciju od smjese koja je izbila na površinu.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-05.6. Injektiranje.

Dodatno se u okviru tekućih ispitivanja provode ispitivanja odnosa suhe tvari prema vodi (uzorci se vade iz miješalice za konačnu smjesu), viskozitet prema Marsh-u te sedimentacijski volumen, učestalosti uzorkovanja i broja ispitivanja prema projektu.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na bušenju se mjeri po komadu izvedenih bušotina prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na bušenju se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje angažman opreme za bušenje i izvedbu bušotina duljine i promjera prema projektu. U cijenu je uključen utovar izbušenog materijala, njegov prijevoz i deponiranje.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi injektiranja pod niskim tlakom, osim kada je to drugačije definirano ugovorom

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radne skele te njezino uklanjanje i odvoz nakon radova na izvedbi injektiranja pod niskim tlakom, osim kada je to drugačije definirano ugovorom.

Rad na injektiranju se mjeri po kilogramima utrošene suhe tvari za pripremu injekcijskih smjesa, prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na injektiranju se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju suhe tvari, nabavu i dopremu vode, miješanje komponenti te radove na injektiranju do potpunog završetka radova. U jediničnu cijenu je uključeno i uklanjanje i čišćenje otpadnog materijala smjese nastalog povratom uslijed injektiranja, njegov utovar, prijevoz i deponiranje. U cijenu su uključena tekuća ispitivanja injekcijske smjese.

4-05.6.2. MLAZNO INJEKTIRANJE

Opis rada

Rad uključuje izvedbu mlazno injektiranih stupnjaka bušenjem tla do projektirane dubine i povratnim injektiranjem, pri čemu se posve razbija struktura tla injektiranjem pod visokim tlakom, te se čestice tla miješaju (in-situ) s vezivnim sredstvom.

Reference na materijale

Poglavlje 4-05.6. Injektiranje.

Dodatni zahtjev je da injekcijska smjesa koja se koristi mora imati malu viskoznost kako bi se uspješno mogao provesti postupak injektiranja. Stoga se koriste smjese visokog vodocementnog faktora prema projektu (uobičajeno od 0,5 do čak 2).

Abrazivni fileri kao što je pijesak bi se trebali izbjegavati.

Zahtjev izvođenja rada

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 12716 (Mlazno injektiranje).

Danas su u primjeni tri osnovna postupka izvedbe mlaznog injektiranja: jednofluidni sustav (injekcijska smjesa), dvofluidni sustav (injekcijska smjesa + zrak, odnosno injekcijska smjesa + voda) te trofluidni sustav (injekcijska smjesa + voda + zrak).

Jednofluidni postupak

Kod jednofluidnog postupka izvođač upumpava injekcijsku smjesu pod velikim brzinama u okolno tlo, pri čemu je tlak injektiranja injekcijske smjese u rasponu od 300 – 550 bara.

Dvofluidni postupak

Dvofluidnim postupkom izvođač istovremeno 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.

Trofluidni postupak

Kod trofluidnog postupka izvođač istovremeno upumpava injekcijsku smjesu, zrak i vodu 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.

Pripremni radovi

Prije početka radova, izvođač mora osigurati ispravnu opremu koja se sastoji od silosa za cement, miješalice, visokotlačne pumpe i bušilice. Dodatno se za dvofluidni i trofluidni postupak koristi kompresor za zrak, a kod trofluidnog dodatno i pumpa za vodu.

Projektom moraju biti definirani parametri koji utječu na izvedbu mlaznog injektiranja, uključivo raspored slojeva tla, kemizam vode i tla te razinu podzemne vode i brzinu toka vode (ako je brzina toka vode veća od 6 cm/s, treba projektirati gušće smjese, odnosno pogodnim aditivima spriječiti ispiranje cementa iz injektiranog volumena tla).

Radovi na injektiranju

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

- izvedba bušotine do predviđene dubine bez injektiranja
- povratna operacija koja uključuje mlazno injektiranje.

Za pristup i kretanje mehanizacije, prvo se ugrađuje šljunčani radni plato na uređenoj površini terena. Najčešće se na površinu osnovnog terena postavlja geotekstil primjerenih svojstava, a nakon toga sloj kamenog materijala minimalne debljine $d=50$ cm i preporučene granulacije 0 – 63 mm, ugrađen uz zbijanje na $M_s > 30$ MPa, osim ako projektom nije drugačije navedeno.

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 energetskog tekućeg mlaza. Višak smjese, tj. zemljanog morta (voda – tlo – cement) teče uz prstenasti otvor bušotine na površinu.

Sav materijal koji je povratom došao na površinu izvođač mora očistiti, utovariti, prevesti i deponirati.

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.

Promjene kuta okretanja pribora (ali i trajanja vrtnje na nekom horizontu, inkrementa podizanja pribora i dr.) trebaju biti kompjuterski kontrolirane.

Vrsta postupka, raster i dubina mlazno injektiranih stupnjaka trebaju biti definirani geotehničkim projektom.

Uobičajeno, ugrađuju se u trokutnom ili pravokutnom rasporedu na osnovnom razmaku danom u odgovarajućem projektu.

Utrošak suhe tvari injekcijske, v/c faktor, gustoća suspenzije, protok injekcijske smjese, broj i promjer mlaznica, brzina rotacije pribora, brzina i inkrement podizanja pribora te trajanje injektiranja jednog inkrementa moraju biti propisani geotehničkim projektom.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-05.6. Injektiranje.

Kontrolna ispitivanja čvrstoće i krutosti uzoraka izvađenih iz gotovih stupnjaka trebaju biti definirana projektom, kao i pozicije i dubine uzorkovanja.

Prije početka radova na izvedbi, ako to definira projekt, nužna je izvedba probnog polja kako bi se optimizirala kombinacija pritiska injektiranja, brzine podizanja pribora, protoka injekcijske smjese i dr., a u cilju postizanja valjaka injektiranog tla odgovarajućeg promjera i čvrstoće. Osim toga, projektom će se definirati potrebna ispitivanja, koja uobičajeno obuhvaćaju jezgrovanje stupnjaka probnog polja, transport uzoraka u laboratorij i provedbu laboratorijskih ispitivanja. Nadalje, uobičajeno se na probnom polju iskopava vrh određenog broja izvedenih valjaka i mjeri se njihov promjer.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi mlazno injektiranih stupnjaka se mjeri u metrima dužnim izvedenih mlazno injektiranih stupnjaka prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi mlazno injektiranih stupnjaka se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju svih komponenti za mlazno injektiranje, njihovo miješanje, sve radove na bušenju, rezanju, injektiranju, proširenju mlazno injektiranih stupnjaka. U jediničnu cijenu je uključeno i uklanjanje i čišćenje otpadnog materijala smjese nastalog povratom uslijed injektiranja, njegov utovar, prijevoz i deponiranje. U cijenu su uključena tekuća ispitivanja injekcijske smjese.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi injektiranja pod visokim tlakom, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- jalovo bušenje (bušenje kroz slojeve kroz koje se ne injektira u povratu garniture prema površini) u dubini predviđenoj projektom, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz i primjena bušaćih kruna za bušenje kroz betonske i armirano betonske konstrukcije, ako se radovi izvode kroz postojeće betonske i armirano betonske konstrukcije.

Radovi na probnom polju se mjere i obračunavaju zasebno, prema troškovniku u projektu. U njega je uključena izvedba probnih stupnjaka i radovi kontrole kvalitete prema projektu.

4-05.7. DUBOKO MIJEŠANJE TLA

Opis rada

Rad obuhvaća dubinsko miješanje tla bušenjem i injektiranjem cementne ili vapnene smjese, čime se formiraju stupovi u tlu, sve u cilju povećanja njegove stabilnosti, čvrstoće, naponsko-deformacijskih svojstava te smanjenja propusnosti.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.7. Smjesa za injektiranje

Pri tome se kao vezivo koristi cement (Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-3. Cement) ili vapno (Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: 14-23.1. Vapno).

Zahtjev izvođenja rada

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).

Vapnenački stupovi

Izvedba vapnenačkih stupova dubinskim miješanjem se naziva i „švedskom metodom”.

Vapnenački stupovi se projektiraju i izvode na način da se oni ne ponašaju kao „slabi piloti” nego tvore kompozit s okolnim tlom.

Promjer, duljina i raster moraju biti definirani geotehničkim projektom.

Na površinu terena potrebno je položiti sloj materijala odgovarajuće debljine i granulometrije (minimalna debljina $d=50$ cm i preporučena granulometrija 0 – 63 mm) uz zbijanje na $M_s > 30$ MPa.

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

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

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.

Cementni stupovi

Izvedba cementnih stupova dubinskim miješanjem se naziva i „japanskom metodom”.

Vrijedi isti princip izvedbe kao i kod metode vapnenačkih stupova.

Razlika je u tome da brzina prodiranja iznosi 1 – 2 m/min, a brzina izvlačenja 0,5 – 1,5 m/min.

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

Očvršćavajući aditivi se također koriste, gdje njihova vrsta i sastav moraju biti definirani projektom, jer povećavaju očvršćivanje mješavine tlo – cement.

Promjer, duljina i raster moraju biti definirani geotehničkim projektom.

Uvjet kvalitete

Prije početka radova na izvedbi, ako to definira projekt, nužna je izvedba probnog polja kako bi se optimizirali parametri izvedbe (brzine prodiranja, brzine izvlačenja, količina smjese itd.), a sve u cilju postizanja vapnenačkih ili cementnih stupova odgovarajućeg promjera i čvrstoće. Osim toga, projektom će se definirati potrebna ispitivanja, koja uobičajeno obuhvaćaju jezgrovanje stupova probnog polja, transport uzoraka u laboratorij i provedbu laboratorijskih ispitivanja. Osim toga, uobičajeno se na probnom polju iskopava vrh određenog broja izvedenih stupova i mjeri se njihov promjer.

Prilikom izvedbe se bilježe podaci izvedbe, gdje se kontinuirano prati utrošak cementa, pritisak pumpanja, protoka injekcijske smjese i gustoće. Ove je podatke potrebno bilježiti za svaku pojedinu točku injektiranja kako bi se kasnije po potrebi mogli analizirati uvjeti izvedbe.

Kontrola kvalitete smjese za injektiranje se definira u skladu s Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-8.7. Smjesa za injektiranje. U sklopu tekućih ispitivanja provodi se:

- kontrola gustoće injekcijske suspenzije
- kontrola tlačne čvrstoće očvrslе cementne suspenzije.

Učestalost uzrokovanja i tekućih ispitivanja mora biti definirana projektom, a preporuka je da se uzorci iz miješalice uzimaju 2 puta dnevno. Za provedbu ispitivanja treba uzimati uzorke za tekuća ispitivanja injekcijske smjese i formirati ih u valjke promjera 100 mm. Nadzorni inženjer će odrediti 3 reprezentativna uzorka koji će se tjedno davati na laboratorijsko ispitivanje.

Nakon izvedbe dubokog miješanja izvođač mora dokazati da je stupanj poboljšanja temeljnog tla minimalno jednak traženom u projektu. Postupci za navedeno moraju biti dani projektom, a uobičajeno se za navedeno koriste geofizičke metode (primarno seizmičke SASW i MASW metode), gdje se ispitivanja provode na terenu prije radova na dubokom

miješanju te nakon radova na dubokom miješanju, duž istih profila. Usporedbom krutosti tla pri malim deformacijama, određene na temelju mjerenih brzina posmičnih valova, može se odrediti stupanj poboljšanja tla. Položaj, broj i duljina profila geofizičkih ispitivanja propisuje se geotehničkim projektom. Rad na angažmanu opreme, ispitivanju i obradi rezultata se provodi u svemu prema poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

Kontrolna ispitivanja čvrstoće i krutosti uzoraka izvađenih iz gotovih stupova trebaju biti definirana projektom, kao i pozicije i dubine uzorkovanja.

Kako bi se moglo pratiti slijeganje temeljnog tla u vremenu, potrebno je ugraditi odgovarajuću mjernu opremu (geodetski reperi, deformetri) i sustavno vršiti mjerenja. Ugradnja, plan i program mjerenja se definira u geotehničkom projektu. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na dubinskom miješanju se mjeri u metrima dužnim stupova izvedenih dubinskim miješanjem prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na dubinskom miješanju se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju svih komponenti za dubinsko miješanje te njihovo miješanje. U jediničnu cijenu je uključeno i uklanjanje i čišćenje otpadnog materijala smjese nastalog povratom uslijed dubokog miješanja, njegov utovar, prijevoz i deponiranje. U cijenu su uključena tekuća ispitivanja injekcijske smjese.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi injektiranja pod niskim tlakom, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- predbušenje, ako je predviđeno projektom.

Radovi na probnom polju se mjere i obračunavaju zasebno, prema troškovniku u projektu. U njega je uključena izvedba probnih stupova i radovi kontrole kvalitete prema projektu.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Rad kontrole kvalitete se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-03. Dodatni geotehnički istražni radovi na gradilištu.

4-06. RADOVI NA TEMELJENJU

4-06.1. PLITKO TEMELJENJE

Opis rada

Rad na plitkom temeljenju obuhvaća izradu plitkih temelja (samci, trake, roštilji, ploče) kao dijela konstruktivnog sklopa građevine, i to monolitno (poglavlje 4-06.1.1. Monolitna izvedba plitkih temelja) ili kao predgotovljene elemente (poglavlje 4-06.1.2. Predgotovljeni plitki temelji).

Reference na materijale

Ako se plitki temelji izvode kao monolitni –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.1 Običan beton (za podložni beton i za beton monolitnog temelja)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1 Čelik za armiranje.

Ako se plitki temelji izvode kao predgotovljeni –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-9.1. Konstrukcijski predgotovljeni elementi.

Za monolitne i predgotovljene plitke temelje -

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-5.3. Agregat za nevezane i hidraulički vezane materijale (za podložni šljunčani sloj i za drenažni materijal)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-15.2. Materijali i proizvodi za hidroizolacije betonskih cestovnih objekata (za hidroizolaciju temelja).

Zahtjev izvođenja rada

Radovi na izvedbi temelja su dani u okviru poglavlja 4-06.1.1. Monolitna izvedba plitkih temelja odnosno poglavlja 4-06.1.2. Predgotovljeni plitki temelji. Ovim poglavljem su dani radovi na:

- iskopu i uređenju temeljnog tla
- izvedbi podložnog sloja
- izvedbi drenaže i hidroizolacije
- zatrpavanju oko plitkog temelja.

Iskop te uređenje i sanacija temeljnog tla

Iskop za temelje obavlja se u tlu kategorije „A”, „B” ili „C” prema dimenzijama iz projekta, a u skladu sa smjernicama danim u Knjizi III – Zemljani radovi i to u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla za radove skidanja humusa i trošnog površinskog tla, odnosno u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-06. Iskopi građevnih jama za radove na iskopu.

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, dok se bočne strane iskopa mogu zapuniti betonom, kamenim materijalom ili nabijenom zemljom, ovisno o terenskim okolnostima, a prema odluci nadzornog inženjera.

Ako nije moguć široki iskop tla te ako to zahtijeva projekt i/ili terenski uvjeti (veća dubina iskopa, nestabilnost terena), iskop treba razuprijeti i osigurati odgovarajućom oplatom (ako se za razupiranje koristi drvena oplata, ona treba biti u skladu s odredbama danim u Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate ili složenijom konstrukcijom (prema poglavljem 4-

07. Radovi na zaštiti građevnih jama). Iskop se vrši do dubine predviđene projektom, uvažavajući minimalnu dubinu ukopavanja temelja radi smrzavanja tla.

Nakon iskopa slijedi uređenje i sanacija temeljnog tla, gdje se radovi izvode u svemu prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-10. Uređenje i sanacija temeljnog tla. Dodatno, ako se temelji izvode 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. Podloga temelja mora biti horizontalna, a ako prilikom iskopa dno jame nije savršeno ravno, neravnine je potrebno popuniti betonom, a nikako zdrobljenim kamenom iz iskopa ili drobinom.

Ugradnja podloznog sloja

Nakon iskopa slijedi lijevanje podloznog svježeg betona u pripremljenu jamu u tlu.

Ako se temelj izvodi u krupnozrnatom tlu, podloga se dodatno zbija na krutost definiranu projektom, na što se izvodi podložni beton.

Ako se temelj izvodi u sitnozrnatom tlu, dno jame se pripremi na način da se na svježe iskopano tlo nasipava i zbija tanji sloj pijeska, šljunka ili lomljenog kamena. Debljina takvog sloja mora biti definirana projektom, a uobičajeno je u rasponu od 10 – 25 cm. To se izvodi kako se svježi beton ne bi lijevao na razmočenu i mekanu izloženu površinu tla te kako bi se dobila uredna ravna površina. Ujedno takav sloj služi i za prekid kapilarnog dizanja u sitnozrnatom tlu.

Podložni beton se izvodi u debljini definiranoj projektom, uobičajeno u rasponu od 5 – 10 cm za temelje manjih dimenzija, pa do 15 – 20 cm za temelje većih dimenzija. Širina postavljanja podloznog betona je otprilike 30 – 50 cm više od same širine temelja ispod kojeg se postavlja.

Podložni beton se uobičajeno izvodi kao nearmirani beton, razreda čvrstoće C12/15 ili C16/20, osim ako nije drugačije navedeno projektom.

Kod izvedbe temeljne ploče podložni beton je ujedno i osnova za postavu vodoravne hidroizolacije. Podloga mora biti potpuno ravna i horizontalna ako projektom nije drugačije naznačeno. Na postavljeni podložni beton armiranobetonske ploče se postavlja hidroizolacija. Također se podložni sloj može izvesti u više slojeva, gdje se na prvi sloj očvrstlog podloznog betona danas najčešće postavlja hidroizolacijska PVC membrana (ili bitumenska ljepenka) koja se zavaruje na preklopima. U pojedinim slučajevima, ako je tako definirano projektom, prije postavljanja drugog sloja podloznog betona, preko hidroizolacije se može postaviti i zaštitni geotekstil.

Izvedba drenaže i hidroizolacije

Kod građevina čiji su temelji povremeno ili stalno ispod razine podzemne vode mogu se identificirati dva problema – zaštita gradilišta od podzemne vode za vrijeme izvedbe građevine (obuhvaćeno poglavljem 4-08. Radovi na zaštiti od djelovanja podzemne vode) te zaštita gotove građevine od prodora podzemne vode koji se rješava trajnim dreniranjem tla oko temelja i hidroizolacijom.

Trajno dreniranje se izvodi sustavom obodnih drenažnih rovova koji se izvode oko građevine. Ovi radovi se provode u svemu prema Knjizi V – Odvodnja: poglavlje 5-04.2. Plitka drenaža. Drenažni sustav se najčešće izvodi kao prstenasti sustav oko građevine, ako su plitki temelji samci ili temeljne trake, odnosno kao plošni (površinski) sustav ako su plitki temelji temeljne ploče. Dubina drenažnog rova, promjer drenažnih cijevi i njihov nagib, kao i materijal zatrpavanja, moraju biti definirani projektom. U kutevima građevine, na mjestu loma drenažnih kanala se uobičajeno izvode revizijska okna, sukladno Knjizi V – Odvodnja: poglavlje 5-06.3. Revizijska (kontrolna) okna.

Drenažni rovovi koji se ispunjanju dobropropusnim šljunkom ili lomljenim kamenom trebaju biti široki minimalno pola metra mjereno od vanjskog dijela temelja i bar 15 – 20 cm iznad dna temelja.

Hidroizolaciju treba odabrati uvažavajući termičku postojanost (bitumenska do 40°C) u odnosu na termičko opterećenje. Hidroizolacija treba biti sa svih strana kontinuirano obuhvaćena čvrstim dijelovima temelja na način da sile koje se prenose na hidroizolaciju trebaju biti ravnomjerno raspoređene.

Ako projektom nije naznačeno, hidroizolacija se može nanijeti kao hladni premaz tekućeg bitumena u potrebnom broju slojeva koji se ojačavaju mrežom od staklenih vlakana.

Ako se koriste bitumenske trake, one se izvode nanošenjem bitumenske mase na matricu koja može biti poliesterski filc, aluminijska folija i papir. Najčešće su debljine 4 – 5 mm. Postavljaju se na krutu podlogu zavarivanjem ili mogu biti samoljepljive.

Može se, ako je projektom definirano, koristiti i polimerna emulzija prskanjem (špricanjem) na izvedene površine temelja.

Mogu se, ako je projektom definirano, ugraditi i sintetičke membrane (folije) izrađene na bazi polivinil klorida (PVC), polietilena (PE), polipropilena (PP), u debljinama od 0,5 do 4 mm. One se postavljaju u jednom sloju, a spojevi i preklopi se zavaruju vrućim zrakom. U ovom slučaju se mogu koristiti i čepaste HDPE membrane gdje se čepovi postavljaju prema betonu temelja, a preklopi su međusobno zabrtvljeni posebnim samoljepljivim trakama na bazi butila.

Mogu se, ako je projektom definirano, koristiti i hidroizolacijske cementne mase, gdje debljina pojedinog sloja premaza varira između 1 i 2 mm. Da bi se postigla puna vodonepropusnost mora biti izvedena u više slojeva. Radi povećanja elastičnosti cementnih hidroizolacijskih sustava te se mase armiraju primjenom mrežice izrađene od staklenih vlakana otpornih na alkalije.

Zatrpavanje oko plitkih temelja

Prostor oko izvedenih temelja se uobičajeno zatrpava materijalom iz iskopa temeljne jame nasipavanjem i zbijanjem u slojevima debljine po 30 cm uz odstranjivanje viška materijala. Ovi radovi se provode prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-11. Izvedba nasipa.

Uvjet kvalitete

Kontrola kvalitete materijala temeljnog tla provodi se na način da je po završetku iskopa temeljne jame na projektiranu dubinu potrebno ustanoviti odgovara li materijal u kojem će se izvoditi temelji projektom predviđenom materijalu.

Ako se ustanovi da materijal temeljnog tla ne odgovara materijalu predviđenom u projektu, ili mu je nosivost manja od potrebne, u suradnji s projektantom treba poduzeti mjere da se osigura adekvatnost temeljnog tla.

Kvalitetu svih korištenih materijala treba kontrolirati sukladno odredbama ovih OTU-a i normama danim u pripadajućim poglavljima Knjige XIV – Građevinski materijali i proizvodi, a vezano za beton, armaturu, hidroizolaciju i drenažu.

Izvođač je dužan izvoditi radove prema projektu, odredbama ovih OTU-a, uputi nadzornog inženjera te normama.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na iskopu površinskog tla se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla.

Rad na iskopu za plitki temelj se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-06. Iskopi građevnih jama.

Rad na uređenju temeljnog tla nakon radova na iskopu se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-10. Uređenje i sanacija temeljnog tla.

Rad na betoniranju plitkih temelja i na betoniranju podložnog sloja se mjeri i obračunava prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje. U jediničnu cijenu betona je uključeno i crpljenje vode, uključivo sve troškove vezane za crpljenje, osim u slučajevima kada je to predviđeno posebnom troškovničkom stavkom projekta. U jediničnu cijenu su uključena sva predviđena ispitivanja betona.

Rad na armiranju plitkih temelja se mjeri i obračunava prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi.

Rad na ugradnji oplata se mjeri i obračunava prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate.

Rad na drenažnom sustavu se mjeri i obračunava prema Knjizi V – Odvodnja: poglavlje 5-04.2 Plitka drenaža.

Rad na revizijskim oknima se mjeri i obračunava prema Knjizi V – Odvodnja: poglavlje 5-06.3. Revizijska (kontrolna) okna.

Hidroizolacija plitkih temelja mjeri se u metrima kvadratnim izvedene hidroizolacije prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera. Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu, ugradnju, varenje i spajanje hidroizolacije.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- eventualno preklapanje hidroizolacije, pri čemu se preklopi ne obračunavaju, ako je tako definirano projektom
- nabava, dovoz i ugradnja zaštitnog geotekstila hidroizolacije, ako je tako definirano projektom.

4-06.1.1. MONOLITNA IZVEDBA PLITKIH TEMELJA

Opis rada

Rad na monolitnoj izvedbi plitkih temelja obuhvaća radove na pripadajućim iskopima, uređenju i sanaciji temeljnog tla, izradi podložnog sloja, izradi oplata, armiranju, betoniranju, drenažama, postavi hidroizolacije te zatrpavanju.

Reference na materijale

Poglavlje 4-06.1. Plitko temeljenje.

Zahtjev izvođenja rada

Radovi na iskopu, uređenju temeljnog tla, izvedbi drenaže i hidroizolacije te zatrpavanju oko izvedenog temelja su prema poglavlju 4-06.1. Plitko temeljenje.

Dubina izvedbe temelja, njegove dimenzije te oplata, beton, armatura, drenaža i izolacija moraju biti definirani projektom.

Ugradnja oplata

Oplata temelja mora biti pravilno postavljena tako da može izdržati pritisak betona, da ne curi, da omogućuje ljudima da rade i hodaju po njoj te da nema nedostataka u konstrukciji, ali i da se mogu jednostavno demontirati bez štetnih posljedica za temelj. To znači da svi spojevi moraju biti zabrtvljeni i osigurani.

Potrebno je da visina ugradnje oplata bude minimalno jednaka visini vrha betonskog temelja.

Ugradnja oplata se vrši prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate.

Oplata plitkih temelja u pravilu nije vidna te stoga nisu bitni aspekti njezine vidne (glatke) površine.

Ugradnja armature

Nakon oplata, postavlja se armatura temelja, sve u skladu s projektnim zahtjevima.

Radovi na armiranju se vrše prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi.

Armatura temeljnih ploča se u pravilu sastoji od čelične mreže (po potrebi ojačano s dodatnim šipkama) koja se postavlja u betonsku masu. Pojedini se dijelovi čelične mreže fiksiraju i međusobno povezuju veznom žicom.

Armatura temeljnih traka i temelja samaca se u pravilu sastoji od čeličnih šipki.

Armatura ne smije sadržavati labavu hrđu, ulje, masnoću, blato i bilo koje druge onečišćenja koja mogu utjecati na trajnost betona.

Uz armaturu se postavljaju distanceri koji će omogućiti ravnost armaturnog koša te traženu debljinu zaštitnog sloja betona koja je zahtijevana projektom. Distanceri mogu biti od plastike, čelika ili betona.

Kod temeljnih ploča kod kojih se izvodi armatura u gornjoj i donjoj zoni, one se povezuju s kutnim vilicama, odnosno jahačima u polju, što mora biti definirano projektom.

Preklopi armaturnih mreža i šipki moraju biti u svemu u skladu s projektom.

Ugradnja betona

Betoniranje temelja može se početi tek nakon što su se nadzorni inženjer uvjerio u ispravnost izvedbe oplata i armaturnog koša.

Radovi na betoniranju se vrše prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje. Beton se ugrađuje vibracijskim sredstvima.

Uvjeti agresivnosti okoline i debljine zaštitnog sloja betona moraju biti određeni projektom.

Moguće betoniranje pod vodom može se izvoditi ako je predviđeno projektom konstrukcije i ako je to odobrio nadzorni inženjer. U tom slučaju se radovi izvode u skladu s Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-10. Ugradnja i zbijanje u vodi. Pri tome ne smije biti ispiranja betona, a isprani površinski sloj betona treba ukloniti. Količina cementa u betonu koji se ugrađuje pod vodom ne smije biti manja od 350 kg/m³ ugrađenog betona.

Izvedba drenaže i hidroizolacije

Poglavlje 4-06.1. Plitko temeljenje.

Zatrpavanje oko plitkih temelja

Poglavlje 4-06.1. Plitko temeljenje.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-06.1. Plitko temeljenje.

Način mjerenja i obračuna radova

Poglavlje 4-06.1. Plitko temeljenje.

4-06.1.2. PREDGOTOVLJENI PLITKI TEMELJI

Opis rada

Radovi na izvedbi predgotovljenih plitkih temelja kao dijela konstruktivnog sklopa građevine, obuhvaćaju iste radove kao one navedene u poglavlju 4-06.1.1. Monolitna izvedba plitkih temelja uz razliku da se postavljanje oplata, armiranje i betoniranje ne izvodi u in-situ uvjetima, nego se na podložni sloj postavljaju predgotovljeni armiranobetonski elementi.

Reference na materijale

Poglavlje 4-06.1. Plitko temeljenje.

Zahtjev izvođenja rada

Radovi na iskupu, uređenju temeljnog tla, izvedbi drenaže i hidroizolacije te zatrpavanju oko izvedenog temelja su prema poglavlju 4-06.1. Plitko temeljenje.

Razlika u odnosu na monolitnu izvedbu plitkih temelja je u činjenici da na ugrađeni podložni sloj od betona polaže prethodno izvedeni temelj (u tvornici ili na gradilištu).

Dimenzije i karakteristike predgotovljenih elemenata moraju biti definirane projektom.

Pri tome treba osigurati adekvatne kuke od povijenog armaturnog čelika, kako bi se predgotovljeni element mogao na siguran način prenositi. Broj, položaj i promjer kuka trebaju biti definirani projektom.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-06.1. Plitko temeljenje.

Način mjerenja i obračuna radova

Poglavlje 4-06.1. Plitko temeljenje.

4-06.2. DUBOKO TEMELJENJE

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu pilota kao najčešćeg načina dubokog temeljenja te bunara.

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), poglavlje 4-06.2.1.
- piloti koji razmiču tlo tijekom izvedbe (npr. uvrtni piloti ili zabijeni piloti s manjom površinom presjeka koji malo razmiču tlo, odnosno zabijeni piloti veće površine presjeka koji puno razmiču tlo tijekom izvedbe), poglavlje 4-06.2.2.

U poglavlju će se dati i tehnički uvjeti izvedbe mikropilota (poglavlje 4-06.2.3.), kao i radovi na pokusnom opterećenju pilota (poglavlje 4-06.2.4.).

Osim pilota, duboko temeljenje se može ostvariti izvedbom bunara čiji su tehnički uvjeti izvedbe dani u poglavlju 4-06.2.5.

Ostala posebna duboka temeljenja na kesonima, panelima ili složenim temeljno-potpornim konstrukcijama se definiraju posebnim tehničkim uvjetima i projektom te nisu dio ovih OTU-a.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

-

Uvjet kvalitete

-

Način mjerenja i obračuna radova

-

4-06.2.1. BUŠENI PILOTI (PILOTI BEZ RAZMICANJA TLA)

Opis rada

Rad obuhvaća iskop tla ili stijene bušenjem, ugradnju armaturnog koša i betoniranje pilota, kao i završne radove na uređenju glave pilota.

Bušeni piloti izvode se za potrebe dubokog temeljenja građevina kao pojedinačni piloti ili grupe pilota, ali i kao pilotne stijene (ukopani pilotni zidovi) koje služe kao potporne konstrukcije (poglavlje 4-07.2.2 Pilotne stijene) ili brtvene zavjese (poglavlje 4-08.1.5 Vodonepropusne armiranobetonske i glinobetonske dijafragme ili pilotne stijene).

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.1 Običan beton

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-23.9. Bentonit (sastavnica isplake za zaštitu bušotine od urušavanja).

Zahtjev izvođenja rada

Tehnički uvjeti za izvedbu bušenih pilota određuju se geotehničkim projektom, a sve u skladu s normom HRN EN 1536 (Bušeni piloti). Prema navedenoj normi, pod pojmom bušenih pilota 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). Za temeljenje su najčešće su u uporabi bušeni piloti promjera 60 – 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.

Pripremni radovi

Prije početka radova potrebno je, na osnovu plana iskolčenja, precizno geodetski odrediti i označiti poziciju svakog pojedinog pilota, neposredno prije bušenja. 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 pilota na gradilište, osiguranje kontinuirane dostave potrebnih količina betona pilota za predviđenu dinamiku izvedbe, formiranje bazena i opreme za pripremu i recirkulaciju isplake (ako je predviđena takva tehnologija), provjeru i dopremu potrebnih strojeva te nazočnost potrebne radne snage i nadzorne službe.

Piloti se izvode bušenjem (iskopom) posebnim strojem s površine terena. Na površinu terena potrebno je položiti sloj materijala odgovarajuće debljine i granulometrije (minimalna debljina $d=50$ cm i preporučena granulometrija 0 – 63 mm) uz zbijanje na $M_s > 30$ MPa.

Bušenje (iskop)

Bušeći 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) i/ili isplakom (stabilizirajućom tekućinom), odnosno tlom ispunjenim zavojitom spiralom (kod svrdlanih, CFA pilota).

Ako se za pridržanje bušotine koriste čelične cijevi, one se mogu ukloniti tijekom radova na betoniranju pilota, gdje treba paziti da se pri prebrzom izvlačenju zaštitne kolone tijelo pilota ne ošteti.

Ako 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 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) se izvode bušenjem u jednom koraku pomoću beskonačne spirale. Tijekom bušenja, tlo i spirala drže bokove bušotine stabilnim od zarušavanja.

Armiranje i betoniranje

Za armiranje bušenih pilota koristi se najčešće betonski čelik ili pak 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 dovoze 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. Broj i promjer šipki glavne armature mora biti određen projektom, ali njihov broj ne smije biti manji od šest (6).

Spiralna armatura, obavijena oko armaturnog koša, mora biti zavarena za glavnu armaturu zbog potrebne krutosti armaturnog koša u postupku manipulacije pri ugradnji.

Na armaturni se koš zavaruju posebne vodilice – razmaknice (distanceri) izrađene od armaturnih šipki, koje osiguravaju centrični položaj i potreban zaštitni sloj betona definiran projektom.

Kod većih dubina i profila pilota, kad je iz tehnoloških razloga nužno predvidjeti nastavljanje koševa prilikom ugradnje u bušotinu, nastavke treba izvesti preklapanjem armature (duljine preklopa prema projektu) konstruktivnim zavarivanjem ili primjenom spojnica za nastavljanje armature.

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, ili vode ili mora ako se nalaze u bušotini, što bi vrlo nepovoljno djelovalo na kvalitetu budućeg betona.

Imajući u vidu da se betoniranje pilota treba izvesti bez prekida, izvođač treba osigurati pravovremenu isporuku kvalitetnog betona u dovoljnoj količini.

Sastav betona, razred čvrstoće, razred konzistencije, vodocementni faktor, količina cementa, razred izloženosti, debljina zaštitnog sloja, kao i sva nužna ispitivanja betona, moraju biti definirani projektom. Uobičajeno se za bušene pilote koristi beton razreda čvrstoće između C25/30 i C35/45, vodocementni faktor manji od 0,6. Za beton pilota koji je stalno potopljen treba minimalno 400 kg cementa na 1 m³ gotovog betona.

Kod CFA postupka izvedbe pilota, nakon što se bušenjem dođe do projektirane kote, potrebno je izvući spiralnu 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. Vrijednost *slump* testa betonske mješavine treba biti 200 mm ± 25 mm. S ugradnjom betona treba započeti odmah nakon bušenja do projektirane dubine. U protivnom može doći do zaglave bušačkog pribora. 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. Izvlačenje spirale više od 15 cm prije ugradnje betona nije dopušteno jer dolazi do relaksacije u tlu i smanjenja nosivosti pilota na vrhu, a može doći i do zarušavanja bušotine te miješanja tla i betona.

Također je bitno spiralnu 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.

Nakon završetka betoniranja pripremljeni armaturni koš se uvibrira u ispunjenu bušotinu neposredno nakon bušenja i betoniranja. Kod CFA pilota potreban je deblji zaštitni sloj betona (~ 75 – 100 mm). Distancere, izrađene od armaturnih šipki, 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 koševe. Armaturne šipke se, također zbog lakše ugradnje, mogu poviti na vrhu pilota na način da čine šiljak.

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 ako se pokaže potrebnim).

U ovoj fazi vrši se poravnanje glave pilota do projektirane kote odbijanja betona, odnosno do donjeg ruba naglavne grede, vodeći pri tome brigu da su uklonjeni svi dijelovi nekvalitetnog betona. Da bi ovo bilo moguće, potrebno je pilot betonirati više za (minimalno) predviđenu visinu uklanjanja lošeg betona.

Dodatni aspekt – piloti kao sastavni dio geotermalnog sustava

Osim svoje osnovne zadatke 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.

Kod bušenih pilota se 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, pri čemu je raspored cijevi određen projektom. Cijevi se vežu za armaturne koševe pilota.

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.

Uvjet kvalitete

Prilikom izvođenja bušenih pilota potrebno je kontrolirati:

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

Piloti trebaju biti izvedeni položajno s preciznošću 10 cm, a odstupanje od vertikale smije biti do najviše 2 %, ako nije drugačije propisano projektom.

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).

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 bentonitne 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.

Radovi tekućih i kontrolnih ispitivanja betona bušenih pilota trebaju u svemu biti s danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-8.1 Običan beton. U slučajevima kada se drugim ispitivanjima ne može dokazati kvaliteta izvedenog betona pilota, mogu se provesti dodatna ispitivanja kvalitete betona ispitivanjem uzoraka izvađenih iz gotovih pilota sukladno projektu.

Radovi kontrole kvalitete armature trebaju u svemu biti s danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje. Za svaku isporuku betonskog čelika na gradilište izvođač radova je dužan nadzornom inženjeru dati na uvid atest o kvaliteti čelika. Armatura se mora prije ugradnje koševa očistiti od hrđe, masnoća, tla i drugih nečistoća koje mogu biti uzrok slabijega prijanjanja betona. Osim toga, gotove armaturne 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.

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*). Kada se provode kao tekuća ispitivanja, o trošku izvođača radova, potrebno je dokazati kvalitetu ispitivanja na svim izvedenim pilotima. Kada se provode kao kontrolna ispitivanja, o trošku investitora, potrebno je dokazati kvalitetu ispitivanja na 30 % izvedenih pilota, pri čemu lokacije ispitivanja definira nadzorni inženjer.

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.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na iskopu pilota se mjeri u metrima dužnim bušenja za projektirani promjer pilota i za pripadajuću kategoriju tla („A” „B” i „C” kategorija, sukladno klasifikaciji tla danoj u Knjizi III – Zemljani radovi) prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na iskopu pilota se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje sve radove i materijale potrebne za potpuno dovršenje stavke, uključivo i primjenu zaštitne kolone te nabavu, dopremu i ugradnju bentonitne isplake za stabilizaciju bušotine, kao i njezino naknadno prikupljanje na površini i čišćenje. U jediničnu cijenu je uključen utovar iskopanog materijala u vozilo.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi pilota, osim kada je to drugačije definirano ugovorom.

Rad na prijevozu iskopanog materijala se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-09 Prijevoz materijala.

Rad na odlaganju iskopanog materijala se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-15 Odlaganje materijala.

Rad na armiranju pilota se mjeri i obračunava prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- spojnice za nastavljavanje armature, ako su predviđene projektom

Rad na betoniranju pilota kontraktor postupkom se mjeri u metrima dužnim betoniranja za projektirani promjer pilota, prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na betoniranju pilota se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu, i ugradnju betona kontraktor postupkom (klasični bušen pilot) ili CFA postupkom (CFA piloti). Dodatni beton nadvišenja pilota, koji se naknadno uklanja kao loši beton, sadržan je u jediničnoj u cijeni. U jediničnu cijenu betona temelja su uključena i sva prethodna i tekuća ispitivanja materijala u skladu s uvjetima danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.1. Običan beton, kao i tekuća ispitivanja kvalitete izvedbe (integriteta) pilota. U jediničnu cijenu je uključeno i odbijanje ili uklanjanje lošeg betona u glavi pilota s uključenim utovarom i odvozom odbijenog materijala na deponiju sa svim troškovima deponiranja.

Eventualne geotermalne cijevi se mjere u metrima dužnim cijevi prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera. Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu, i ugradnju cijevi, kao i sve spojne materijale cijevi i armaturnog koša te ispitivanje integriteta cijevi nakon ugradnje.

4-06.2.2. ZABIJENI I UVRTANI PILOTI (PILOTI S RAZMICANJEM TLA)**Opis rada**

Rad obuhvaća ugradnju pilota zabijanjem (udarom, vibracijski, pritiskom) ili uvrtnjem ili njihovom kombinacijom, bez iskopa ili odstranjivanja materijala tla (osim ako je potrebno za ograničenje izdizanja tla, vibracija ili uklanjanja zapreka penetraciji).

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 poglavlju 4-07.2.2 Pilotne stijene.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-9.1. Konstrukcijski predgotovljeni elementi (ako se piloti izvode kao armirano-betonski)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-18.2. Zabijeni piloti (ako se piloti izvode kao čelični).

Za trajne čelične pilote potrebne su odgovarajuće zaštitne mjere od korozije ili agresivnih sastojaka tla. Zaštitni premazi, boje ili košuljice (plaševi) te druge mjere za zaštitu od korozije ili agresivnih sredina trebaju zadovoljiti specifikacije iz projekta, trebaju se izvoditi prema uputama proizvođača te trebaju zadovoljiti odgovarajuće propise i certifikate za građevne proizvode.

Zahtjev izvođenja rada

Tehnički uvjeti za izvedbu zabijenih i uvrtnih pilota te 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.

Načelno, radovi na izvedbi ove vrste pilota uključuju:

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

Prije početka radova potrebno je osnovu plana iskolčenja precizno geodetski odrediti i označiti poziciju svakog pojedinog pilota, neposredno prije njegovog zabijanja. 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 čeličnih profila ili armirano-betonskih predgotovljenih pilota, provjeru i dopremu potrebnih strojeva te nazočnost potrebne radne snage i nadzorne službe.

Piloti se izvode zabijanjem posebnim strojem s površine terena. Na površinu terena potrebno je položiti sloj materijala odgovarajuće debljine i granulometrije (minimalna debljina $d=50$ cm i preporučena granulometrija 0 – 63 mm) uz zbijanje na $M_s > 30$ MPa.

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 dvije suprotno rotirajuće ekscentrične mase gdje se vibracijski uređaj pričvrsti za pilot) ili utiskivajući.

Kako bi pilot pri zabijanju svladao otpor tla, a da pri tome ne bude napregnut preko granice oštećenja, izvođač mora unaprijed izabrati makaru pogodnih karakteristika.

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

Prije zabijanja se pilot mora centrirati ispod šljema pilota i čekić se spušta na vrh pilota. Ako se za zabijanje koristi čekić, potrebno je u ovom koraku otpustiti (otkačiti) šljem od čekića. Nakon toga se čekić podiže i ispušta da zabije pilot. Zabijanje treba započeti polako, podižući čekić samo nekoliko centimetara dok pilot ne bude čvrsto postavljen.

Visina pada se postupno povećava do projektom maksimalno definirane visine. Treba primijeniti udarce što je brže moguće. Trebalo bi izbjegavati ponovljene duge padove jer skloni su oštetiti vrh pilota. Pri zabijanju čekić mora biti postavljen centrično u odnosu na presjek pilota.

U slučaju da je tlo velike krutosti i čvrstoće, ili sadrži određene prepreke u vidu kamenih gromada, nailaskom na kosu plohu temeljne stijene ili slično, tijekom zabijanja može doći do oštećenja dna pilota pa je potrebno dodatno ojačati dno pilota, najčešće dovarivanjem I ili H profila. Za navedeno treba dobiti suglasnost nadzornog inženjera.

Uvjet kvalitete

Tijekom zabijanja pilota izvođač mora pratiti širenje elastičnih valova u pilotu radi potrebe kontrole naprezanja, ali i za procjenu buduće nosivosti pilota.

Uobičajene tolerance za zabijene pilote su dane normom HRN EN 12699 (Piloti s razmicanjem tla) ili su definirane projektom.

Uvjeti kvalitete za materijale su za predgotovljene armiranobetonske pilote u skladu s Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-9.1. Konstrukcijski predgotovljeni elementi.

Uvjeti kvalitete za materijale za čelične pilote su u skladu s Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-18.2. Zabijeni piloti. Antikorozivna zaštita čeličnih pilota mora biti u skladu s danim u Knjizi IX – Mostovi: poglavlje 9-11 Zaštita protiv korozije.

Prije početka izvedbe izvođač mora predati nadzornom inženjeru i investitoru plan izvedbe koji sadrži opis opreme, način ugradnje i kontrole ugradnje, redoslijed izvedbe te ocjenu utjecaja izvedbe na već izvedene pilote ili okolne konstrukcije. Ovu dokumentaciju treba odobriti nadzorni inženjer.

Prilikom ugradnje prati se tijek izvedbe prema specifikacijama ili posebnim tehničkim uvjetima iz geotehničkog projekta i 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 planom izvedbe. Ovim dokumentima određuje se i način i učestalost instrumentiranog praćenja izvedbe. 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.

Prilikom izvedbe prati se i zapisuje stanje prethodno izvedenih pilota, susjednih građevina osjetljivih na vibracije ili potencijalno nestabilnih kosina. Popis potrebnih zapisa praćenja izvedbe i stanja prethodno izvedenih pilota ili susjednih građevina za različite tehnologije izvedbe pilota s razmicanjem tla nalazi se u normi HRN EN 12699 (Piloti s razmicanjem tla).

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na ugradnji pilota se mjeri u metrima dužnim pilota odgovarajućeg profila prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na ugradnji pilota se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje sve radove na izvedbi predgotovljenog armirano-betonskog, odnosno čeličnog pilota, te dovoz i ugradnju sa svim radovima do potpunog dovršenja stavke. U

jediničnu cijenu je uključena i nabava, dovoz i ugradnja kape koja se postavlja na vrh pilota radi ublažavanja udarca te praćenje vibracija tijekom zabijanja i njihov utjecaj na susjedne građevine.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi pilota, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz i ugradnja antikorozivne zaštite čeličnih pilota sa svim potrebnim radovima, sukladno danom u uvjetima kvalitete, ako je predviđeno projektom.

4-06.2.3. MIKROPILOTI

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu mikropilota bušenjem i injektiranjem, odnosno izvedbu mikropilota zabijanjem.

Rad na injektiranim mikropilotima obuhvaća izradu mikropilota bušenjem, ugradnju čelične armature ili čeličnih profila te injektiranje.

Rad na čeličnim mikropilotima obuhvaća zabijanje različitih čeličnih profila.

Uporaba uključuje temeljenje građevina (ovo poglavlje), zaštitu građevine od uzgona (poglavlje 4-08.2.2.) te stabilizaciju pokosa (poglavlje 4-09.1.3.)

Reference na materijale

Za injektirane mikropilote –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13. Čelik za armiranje (za armaturu mikropilota)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-19. Proizvodi od konstrukcijskog čelika (za čelično ojačanje, kao alternativa klasičnom armaturnom košu)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.7. Smjesa za injektiranje

Za čelične mikropilote –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: i proizvodi: poglavlje 14-19. Proizvodi od konstrukcijskog čelika.

Zahtjev izvođenja rada

Za izvedbu mikropilota je mjerodavna norma HRN EN 14199 (Mikropiloti).

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.

Bušenje se vrši svrdlom, a nakon postizanja unaprijed određene dubine svrdlo se uklanja. Bušenje se vrši najčešće sa zaštitnom kolonom kako bi se izbjeglo urušavanje bušotine. Ako se pak za bušenje koristi stabilizacija bentonitnom isplakom, način izvedbe te uvjeti kvalitete u svemu moraju prema poglavlju 4-06.2.1. Bušeni piloti.

Nakon bušenja slijedi ispuna bušotine injekcijskom smjesom od cementa i finog pijeska s vodocementnim omjerom prema projektu (uobičajeni vodocementni omjer je 0,50) te ugradnja armaturnog koša ili čeličnog profila (najčešće su to „I” ili „H”

čelični profili). Nakon toga se vadi zaštitna kolona, a po potrebi se, paralelno s izvlačenjem zaštitne kolone, vrši dodatno injektiranje pod niskim tlakom.

Ako je projektom tako definirano, čelična kolona može se koristiti kao trajni element, da u kombinaciji s čeličnom ispunom mikropilota osigura dodatni bočni, kao i aksijalni kapacitet te tada nije potrebno njezino izvlačenje.

Mikropiloti se mogu izvesti i tehnologijom samobušivih sidara gdje šipka kojom se vrši bušenje ostaje kao trajno čelično ojačanje. Međutim ovakav koncept mora biti jasno definiran i provjeren projektom. U tom slučaju se radovi izvode u svemu u skladu s poglavljem 4-09.1.2. Stabilizacija kosina čavlima.

Ako se pak mikropiloti ugrađuju zabijanjem čeličnih profila, tehnički uvjeti izvedbe su u svemu u skladu s poglavljem 4-06-2.2. Zabijeni i uvtani piloti (piloti s razmicanjem tla) samo uz primjenu manjih zabijala koji generiraju manju energiju na vrh mikropilota.

Uvjet kvalitete

Popis potrebnih zapisa praćenja izvedbe i stanja prethodno izvedenih mikropilota ili susjednih građevina nalazi se u normi HRN EN 14199 (Mikropiloti).

Prilikom izvođenja mikropilota potrebno je kontrolirati:

- poziciju (iskolčenje) mikropilota
- vertikalnost zaštitne kolone kod bušenih mikropilota
- sastav i karakteristike slojeva tla po dubini iskopa
- kotu dna iskopa bušenih mikropilota.

Mikropiloti trebaju biti izvedeni položajno s preciznošću 5 cm, a odstupanje od vertikale smije biti do najviše 2 %, ako nije drugačije propisano projektom.

Radovi tekućih i kontrolnih ispitivanja injekcijske smjese bušenih mikropilota trebaju u svemu biti s danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.7. Smjesa za injektiranje, a radovi kontrole kvalitete armature trebaju u svemu biti s danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje. Uvjeti kvalitete za materijale su za zabijene mikropilote u skladu s Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-19. Proizvodi od konstrukcijskog čelika.

Antikorozivna zaštita čeličnih mikropilota mora biti u skladu s danim u Knjizi IX – Mostovi: poglavlje 9-11 Zaštita protiv korozije.

Prema zahtjevima geotehničkog projekta ili kad postoji sumnja u kvalitetu pojedinih izvedenih bušenih mikropilota (prekidi injektiranja ili zarušavanje tla i sl.), predviđaju se ispitivanja cjelovitosti (integriteta) PIT metodom (*Pile Integrity Test*). Kada se provode kao tekuća ispitivanja, o trošku izvođača radova, potrebno je dokazati kvalitetu ispitivanja na svim izvedenim mikropilotima. Kada se provode kao kontrolna ispitivanja, o trošku investitora, potrebno je dokazati kvalitetu ispitivanja na 30 % izvedenih mikropilota, pri čemu lokacije ispitivanja definira nadzorni inženjer.

Provedenim se ispitivanjima dokazuje da su bušeni mikropiloti izvedeni u kontinuitetu bez prekida injektiranja te da ne postoje zone slabije kvalitete ili smanjenog promjera u odnosu na projektirane dimenzije mikropilota. 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 injektiranja značajnih dimenzija pristupit će se sanaciji mikropilota bušenjem i injektiranjem pod tlakom odgovarajućom injekcijskom smjesom.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi bušenih mikropilota se mjeri u metrima dužnim mikropilotima prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi bušenih mikropilota se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje te utovar, prijevoz i deponiranje nabušenog materijala. U jediničnu cijenu su uključeni svi potrebni radovi na pregledu, čišćenju, razvrstavanju prije ugradnje, sječenju, savijanju, spajanju, varenju i preklapanju armature mikropilota te samoj ugradnji armature. U slučaju ugradnje čeličnog profila u jediničnu cijenu su uključeni radovi na nabavi, dopremi i ugradnji čeličnog profila. U jediničnu cijenu je uključena i nabava, dovoz i ugradnja injekcijske smjese te sva prethodna i tekuća ispitivanja materijala injekcijske smjese u skladu s uvjetima danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.7 Smjese za injektiranje, kao i tekuća ispitivanja kvalitete izvedbe (integriteta) mikropilota.

Rad na izvedbi zabijenih mikropilota se mjeri u metrima dužnim mikropilota prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi zabijenih mikropilota se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju (zabijanje) čeličnih elemenata.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja antikorozivne zaštite sa svim potrebnim radovima, sukladno danom u uvjetima kvalitete, ako je predviđeno projektom.

4-06.2.4. POKUSNO OPTEREĆENJE PILOTA

Opis rada

Rad obuhvaća statičko i dinamičko ispitivanje bušenih pilota (poglavlje 4-06.2.1. Bušeni piloti (piloti bez razmicanja tla) te zabijenih i uvrtnih pilota (poglavlje 4-06.2.2. Zabijeni piloti (piloti s razmicanjem tla)).

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

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

Statičko ispitivanje pilota

Sukladno odredbama HRN EN 1997-1, postupak statičkog pokusnog opterećenja pilota, posebno u pogledu broja koraka opterećenja, trajanja tih koraka i primjene ciklusa opterećenja, mora biti definiran izvedbenim projektom ispitivanja pilota.

Statičko ispitivanje pokusnih pilota provodi se sukladno normi HRN EN ISO 22477-1.

Samo ispitivanje uključuje sljedeće aktivnosti:

- nabavu i dovoz konstrukcijskog sklopa za ispitivanje
- izvedbu ispitnih pilota, kontrola kvalitete materijala
- dobavljanje i postavljanje mjerne opreme, provedba mjerenja
- izradu izvješća o mjerenju sukladno odredbama HRN EN 1997-1 i HRN EN ISO 22477-1 te
- interpretaciju i ocjenu rezultata.

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

- s reakcijskim (sidrenim) pilotima ili geotehničkim sidrima ili
- balastom.

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

Dinamičko ispitivanje pilota

Sukladno odredbama HRN EN 1997-1 postupak dinamičkog pokusnog opterećenja pilota mora biti definiran izvedbenim projektom ispitivanja pilota. Broj i pozicije ispitnih pilota moraju biti definirane glavnim geotehničkim projektom.

Dinamičko ispitivanje nosivosti pilota obuhvaćeno je normom HRN EN ISO 22477-4.

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 varijabilnom visinom 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.

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

Uvjet kvalitete

Preduvjet za kvalitetnu izvedbu radova statičkog ispitivanja pilota je odgovarajući izvedbeni projekt ispitivanja pilota. On mora sadržavati sljedeće:

- 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
- način prikazivanja i interpretacije rezultata ispitivanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Izvedba ispitnih pilota koji će se ispitati statičkim ili dinamičkim postupkom te kontrola kvalitete se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-06.2.1. Bušeni piloti (piloti bez razmicanja tla) ako se piloti izvode bušenjem, odnosno poglavlju 4-06.2.2. Zabijeni i uvtani piloti (piloti s razmicanjem tla) ako se piloti izvode zabijanjem ili uvtanjem.

Rad na statičkom ispitivanju pilota se mjeri po broju ispitanih pilota statičkim postupkom.

Rad na statičkom ispitivanju pilota se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju konstrukcijskog sustava za preuzimanje sile, kao i njegovo uklanjanje i odvoz nakon provedenih ispitivanja. U jediničnu cijenu je uključena i izrada izvedbenog projekta te provedba samog ispitivanja prema definiranom protokolu. U

jediničnu cijenu je ugrađena nabava, dovoz i ugradnja opreme te provedba mjerenja pomaka vrha pilota i nametnute sile s interpretacijom rezultata i izradom konačnog izvještaja o provedenim ispitivanjima.

Rad na mjerenju ponašanja pilota po dubini inklinometrima i deformetrima, uslijed statičkog ispitivanja pilota, se mjeri i obračunava u skladu s poglavljem 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Rad na dinamičkom ispitivanju pilota se mjeri po broju ispitanih pilota dinamičkim postupkom.

Rad na dinamičkom ispitivanju pilota se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i primjenu sustava za nametanje opterećenja. U jediničnu cijenu je uključena i izrada izvedbenog projekta te provedba samog ispitivanja prema definiranom protokolu. U jediničnu cijenu je ugrađena nabava, dovoz i ugradnja opreme te provedba mjerenja brzina i deformacija, s interpretacijom rezultata i izradom konačnog izvještaja o provedenim ispitivanjima.

4-06.2.5. BUNARI

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu bunara kao sustava dubokog temeljenja kojeg karakterizira istovremeni (paralelni) iskop materijala unutar građevne jame (tlo unutar bunara) s utiskivanjem (prodirlanjem) bunara u tlo.

Reference na materijale

Za armiranobetonske bunare –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.1. Običan beton

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13. Čelik za armiranje i prednapinjanje betona

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-23.9. Bentonit.

Za čelične bunare –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-19. Proizvodi od konstrukcijskog čelika

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-23.9. Bentonit.

Zahtjev izvođenja rada

Razlika između armiranobetonskog i čeličnog bunara je u tome da se armiranobetonski bunar izvodi u kliznoj ili segmentnoj (podiznoj ili samopodiznoj) oplati, dok se čelični bunar vari (nastavljanje varenjem novih čeličnih segmenata iznad površine tla). Ostali radovi na izvedbi su isti te će se u nastavku opisati kroz zahtjeve izvođenja armiranobetonskih bunara.

Armiranobetonski bunar se započinje izvoditi na uređenom platou (oko 1 m ispod razine terena).

Dimenzije bunara, kao i karakteristike betona i čelika se propisuju projektom pri čemu razred betona ne bi smio biti manji od C30/37.

Izvedba bunara je u kliznoj ili segmentnoj oplati, gdje se okno dograđuje u odsječcima visine do 2 m, sukladno napredovanju spuštanja bunara.

Na površinu terena potrebno je položiti sloj materijala odgovarajuće debljine i granulometrije (minimalna debljina $d=50$ cm i preporučena granulometrija 0 – 63 mm) u vidu radnog platoa.

Tijekom ugradnje bunara, na razini od oko 1 m iznad proširenja noža bunara, utiskuje se bentonitna suspenzija. Suspenzija se utiskuje pomoću cijevi promjera 40 – 50 mm ugrađenih u stijenku bunara. Razmak cijevi iznosi 2 – 3 m. Na proširenje noža se pričvršćuje 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.

Ako se iskop tla unutar bunara vrši ispod razine vode, potrebno je koristiti odgovarajuću mehanizaciju, sukladno tehničkim uvjetima danim u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-06. Iskopi građevnih jama.

Radovi iskopa unutar bunara se moraju izvoditi simetrično, što je naročito važno na konturi iskopa, kako ne bi došlo do nekontroliranog naginjanja bunara.

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. Kako 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. Nužnost ugradnje piezometra mora biti definirana glavnim geotehničkim projektom.

Nakon spuštanja bunara na projektiranu kotu, kroz cijevi za isplaku se ubacuje 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 radove izvoditi sukladno projektu na način da daljnjim iskopom, do projektiranog dna, ne dolazi do daljnjeg spuštanja bunara.

Ako je tako projektom definirano kako bi se osigurao rad u suhom, moguća je izvedba građevne jame pomoću armiranobetonskog bunara uz podvodnu izvedbu betonskog čepa na dnu 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 projektom odabranom rješenju.

Na dno bunara se ugrađuje 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.

Uvjet kvalitete

Radovi tekućih i kontrolnih ispitivanja betona bunara trebaju u svemu biti s danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.1. Običan beton.

Radovi kontrole kvalitete armature trebaju u svemu biti s danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13. Čelik za armiranje i prednapinjanje betona. Za svaku isporuku betonskog čelika na gradilište izvoditelj radova je dužan nadzornom inženjeru dati na uvid atest o kvaliteti čelika. Armatura se mora prije ugradnje koševa očistiti od hrđe, masnoća, tla i drugih nečistoća koje mogu biti uzrok slabijega prijanjanja betona.

Radovi kontrole kvalitete čelika za čelične bunare trebaju u svemu biti usklađeni s danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-19. Proizvodi od konstrukcijskog čelika. Antikorozivna zaštita čeličnih bunara mora biti u skladu s danim u Knjizi IX – Mostovi: poglavlje 9-11. Zaštita protiv korozije.

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 biti definirana projektom, a uobičajeno je u rasponu 1,08 – 1,10 g/cm³.

Vrsta ispitivanja, lokacije i učestalost ispitivanja moraju biti definirani u projektu.

Kako bi se moglo pratiti slijeganje i naginjanje bunara u vremenu te njegov horizontalni pomak u vremenu, ali i razina voda u tlu, sve tijekom i nakon izvedbe bunara, potrebno je ugraditi odgovarajuću mjernu opremu (geodetski reperi, klinometri, deformetri, inklinometri, piezometri) i sustavno vršiti mjerenja. Ugradnja, plan i program mjerenja i opažanja se definira u

geotehničkom projektu. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na iskopu unutar bunara se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-06. Iskopi građevnih jama. Dodatno je u jediničnu cijenu uključena nabava, dovoz i ugradnja cijevi, kao i upumpavanje bentonitne smjese te sva predviđena ispitivanja bentonitne smjese. U jediničnu cijenu iskopa je uključena i nabava, dovoz i ugradnja cementne injekcijske smjese za ostvarivanje čvrste veze između betona bunara i okolnog tla.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi bunara, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz i upumpavanje vode radi održavanja razine vode i sprečavanja hidrauličkog sloma.

Rad na prijevozu iskopanog materijala se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-09. Prijevoz materijala.

Rad na odlaganju iskopanog materijala se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-15. Odlaganje materijala.

Rad na betoniranju armiranobetonskih bunara se mjeri i obračunava prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje. U jediničnu cijenu su uključena sva predviđena ispitivanja betona.

Rad na armiranju armiranobetonskih bunara se mjeri i obračunava prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi.

Rad na ugradnji oplata armiranobetonskih bunara se mjeri i obračunava prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate.

Rad na izvedbi čeličnih bunara se mjeri u kilogramima ugrađenog čelika prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera. Rad na izvedbi čeličnih bunara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju čeličnih elemenata bunara, zajedno sa svim radovima na pregledu i varenju profila, kao i radovi ispitivanja materijala prema Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-19. Proizvodi od konstrukcijskog čelika, za čeličnu konstrukciju bunara. U jediničnu cijenu je uključena nabava, dovoz i ugradnja antikorozivne zaštite sa svim potrebnim radovima, sukladno danom u uvjetima kvalitete.

Rad na podvodnom betoniranju betonskog čepa se mjeri i obračunava prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-10. Ugradnja i zbijanje u vodi. U jediničnu cijenu je uključen angažman crpki te crpljenje vode.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-07. RADOVI NA ZAŠTITI GRAĐEVNIH JAMA

Opis rada

Rad obuhvaća zaštitu iskopa građevnih jama s vertikalnim stjenkama za rad u ograničenom prostoru izvedbom tankih potpornih stijena (ukopane, uložene, zagatne stijene) koje se ugrađuju u tlo s površine terena prije iskopa građevne jame.

Ukopane stijene su potporne konstrukcije privremenog karaktera (npr. za zaštitu građevnih jama) ili trajne potporne konstrukcije. Najčešće se izvode kao armiranobetonske dijafragme (poglavlje 4-07.1.), pilotne stijene (poglavlje 4-07.2.), zidovi od zabijenog čeličnog žmurja i čeličnih profila (poglavlje 4-07.3.), bunari (poglavlje 4-07.4.).

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

-

Uvjet kvalitete

-

Način mjerenja i obračuna radova

-

4-07.1. ARMIRANOBETONSKE DIJAFRAGME

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu armiranobetonskih dijafragmi u tlu, iskopom tla, armiranjem i betoniranjem, za potrebe zaštite vertikalnih stijenki građevne jame.

Prema potrebi koriste se i kao vododržive konstrukcije. Za tu primjenu su tehnički uvjeti izvedbe dani u poglavlju 4-08.1.5. Vodonepropusne armiranobetonske i glinobetonske dijafragme ili pilotne stijene.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.1 Običan beton

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-23.9. Bentonit (sastavnica isplake za zaštitu iskopa od urušavanja).

Zahtjev izvođenja rada

Radovi na izvedbi dijafragme obavljaju se prema normi HRN EN 1538 (Dijafragme).

Radovi na izvedbi dijafragme sastoje se od:

- pripremnih 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.

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 preporučene granulacije 0 – 63 mm podobnim za ugradnju i zbijanje u okvirnoj debljini od minimalno 50 cm. Zbijenost podloge mora biti takva da omogućava nesmetano kretanje predviđene mehanizacije neovisno o vremenskim prilikama ($M_s \geq 30$ MPa). Radni plato se treba 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 zbiti sukladno projektnim zahtjevima, 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 prema projektu i mrežaste armature prema projektu.

Stjenke uvodnog kanala potrebno je razuprijeti dok se provodi nabijanje materijala u zaleđu stjenke unutarnje strane uvodnice. Ugrađene razupore, materijala, dimenzija i razmaka definiranih u projektu ostaju do izvedbe konkretne kampade dijafragme.

Tehnički uvjeti izvedbe uvodnog kanala su prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje za radove na betoniranju, prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi za radove na armiranju i prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate za radove na izvedbi oplate

Iskop za dijafragmu izvodi se u kampadama pomoću namjenskog stroja, uz stalnu zaštitu iskopa bentonitnom isplakom.

Za osiguranje od urušavanja stijenki iskopa, ali i oštećenja okolnih građevina, nužno je da se svi radovi odvijaju prema projektu.

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.

Kako 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.

Kod iskopa pojedine kampade potrebno je provjeriti:

- odgovara li iskop projektnoj dubini
- odgovaraju li sastav i karakteristike slojeva tla po dubini geotehničkom izvještaju i projektu.

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. Ako dođe do taloženja, odnosno zagađenja isplake, može doći do otežanog tečenja betona iz kontraktor cijevi.

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 za dijafragmu najčešće se izrađuju u armiračkom pogonu i dovoze na gradilište u skladu s dinamikom izvođenja dijafragme, a moguće je i formiranje armaturnih koševa na samoj lokaciji na unaprijed pripremljenom platou.

Na armaturni se koš zavaruju posebne vodilice – razmaknice (distanceri) izrađene od armaturnih šipki, koje osiguravaju centrični položaj i potreban zaštitni sloj betona definiran projektom. Dno armaturnog koša mora biti udaljeno od dna iskopa kampade za minimalno 20 cm, sukladno normi HRN EN 1538.

Ako se kroz dijafragmu ugrađuju sidra, potrebno je izbjeći bušenje kroz beton i armaturu dijafragme na način da se na mjestima prodora sidara ugrade uvedna kućišta od PVC cijevi, koja se pričvršćuju za armaturni koš sukladno projektu.

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

Sastav betona, razred čvrstoće, vodocementni faktor, razred konzistencije, količina cementa, razred izloženosti, debljina zaštitnog sloja, kao i sva nužna ispitivanja betona, moraju biti definirani projektom.

Betoniranje dijafragme je najosjetljivija 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.

Preklapanje pojedinih kampada dijafragme, kako bi se osigurao njezin kontinuitet u uzdužnom smjeru, mora biti sukladno smjernicama norme HRN EN 1538 ili zahtjevima projekta.

U pravilu je spoj između dvije kampade dijafragme nearmiran, tj. ne spajaju se armaturni koševi dvije susjedne kampade. Međutim, ako projekt to definira, potrebno je izvesti i posmični spoj između dvije kampade, sve prema danom u projektu.

Nakon završetka betoniranja i postizanja odgovarajuće čvrstoće potrebno je odstraniti nekvalitetan beton na vrhu dijafragme koji je posljedica tehnologije betoniranja kontraktor postupkom, u prosječnoj visini od oko 40 cm (ili više ako se pokaže potrebnim).

U ovoj fazi vrši se poravnanje vrha dijafragme do projektirane kote odbijanja dijafragme, odnosno do donjeg ruba naglavne grede, vodeći pri tome brigu da su uklonjeni svi dijelovi nekvalitetnog betona. Da bi ovo bilo moguće, potrebno je dijafragmu betonirati više za (minimalno) predviđenu visinu uklanjanja lošeg betona.

Da bi naglavna greda mogla ostvariti svoju projektom predviđenu funkciju, treba je izvesti prije iskopa materijala unutar građevne jame.

Tehnički uvjeti izvedbe armiranobetonske naglavne grede su u skladu s poglavljem 8-06. Ugradnja i zbijanje za radove na betoniranju, u skladu s poglavljem 8-14. Armirački radovi za radove na armiranju te u skladu s poglavljem 8-13.3. Oplate za radove na izvedbi oplate.

Sve radove treba izvesti u skladu s projektom te uputama nadzornog inženjera i projektanta.

Važno je naglasiti da iskop građevne jame 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).

Ako se dijafragma pridržava pomoću prednapetih geotehničkih sidara ili štapnih sidara (sidra od armaturnih šipki, samobušiva sidra tipa IBO, IBI i sl.), što mora biti definirano projektom, ova sidra se izvode prema poglavlju 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima odnosno poglavlju 4-09.1.2. Stabilizacija kosina čavlima te zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537 (Sidra u tlu i stijeni).

Uvjet kvalitete

Točnost izvedbe uvodnog kanala je bitna, pogotovo u visinskom smislu jer se na uvodni kanal vješaju armaturni koševi pojedine kampade dijafragme s ugrađenim uvodnim kućistima za sidra.

Točnost izvedbe gornjeg ruba uvodnice je 0,5 cm, a ostalih dimenzija 1 cm, osim ako drugačije nije navedeno u projektu.

Radovi tekućih i kontrolnih ispitivanja betona dijafragme trebaju u svemu biti s danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8. Običan beton.

Radovi kontrole kvalitete armature trebaju u svemu biti s danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje. Za svaku isporuku betonskog čelika na gradilište izvoditelj radova je dužan nadzornom inženjeru dati na uvid atest o kvaliteti čelika. Armatura se mora prije ugradnje koševa očistiti od hrđe, masnoća, tla i drugih nečistoća koje mogu biti uzrok slabijega prijanjanja betona.

Antikorozivna zaštita čeličnih razupora i sidrenih greda mora biti u skladu s danim u Knjizi IX – Mostovi: poglavlje 9-11 Zaštita protiv korozije.

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 biti definirana projektom, a uobičajeno je u rasponu 1,1 – 1,15 g/cm³.

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°.

Naknadna kontrola kvalitete obuhvaća praćenje mjerodavnih pomaka tijekom i nakon izvedbe AB dijafragme primjenom geodetskih repera, inklinometara, deformatara/mikrometara. Ako postoji prisustvo okolnih građevina, mjeri se utjecaj građevne jame na njih, ugradnjom klinometra. Ovi radovi praćenja ponašanja moraju biti definirani geotehničkim projektom. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na iskopu dijafragme se mjeri u metrima kubnim iskopanog tla u sraslom stanju prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na iskopu dijafragme se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje iskop izbušenog materijala i njegov utovar. U jediničnoj cijeni je uključena nabava, dovoz, ugradnja isplake te njezino naknadno prikupljanje na površini i čišćenje.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi dijafragme, osim kada je to drugačije definirano ugovorom.

Rad na prijevozu iskopanog materijala se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-09. Prijevoz materijala.

Rad na odlaganju iskopanog materijala se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-15. Odlaganje materijala.

Armirački radovi dijafragme, uvodnog kanala i naglavne grede su prema Knjiga VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja elementa posmičnog spoja, ako je projektom definiran, između panela dijafragme, zajedno sa svim materijalom i radovima koji su potrebni da se element ugradi

Rad na izradi oplata uvodnog kanala i naglavne grede je prema Knjiga VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate. U jediničnu cijenu oplata uvodnog kanala je uključena i nabava, dovoz i ugradnja razupora.

Betonski radovi uvodnog kanala i naglavne grede su prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje.

Rad na betoniranju dijafragme kontraktor postupkom se mjeri u metrima kubnim dijafragme prema dimenzijama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na betoniranju dijafragme kontraktor postupkom se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju betona kontraktor postupkom. Dodatni beton nadvišenja dijafragme, koji se naknadno uklanja kao loši beton, sadržan je u jediničnoj u cijeni. U jediničnu cijenu je uključeno i odbijanje ili uklanjanje lošeg betona na vrhu dijafragme s uključenim utovarom i odvozom odbijenog materijala na deponiju sa svim troškovima deponiranja. U jediničnu cijenu betona su uključena i sva prethodna i tekuća ispitivanja materijala prema Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.1. Običan beton.

Rad na izvedbi prednapetih sidara za zaštitu građevne jame se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i spajanje cijevi za prodor sidara kroz dijafragmu, ako je predviđeno projektom.

Rad na izvedbi čeličnih razupora i sidrenih greda se mjeri po kilogramu ugrađenih razupora i sidrenih greda prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad izvedbi čeličnih razupora i sidrenih greda se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni u koju je uključena nabava, dovoz i ugradnja razupora i sidrenih greda. U jediničnu cijenu su uključeni i profili oslonaca sidrenih greda na dijafragmu, zajedno sa svim pričvrstnim materijalom te svim radovima na spajanju i zavarivanju. U jediničnu cijenu je uključeno i naknadno uklanjanje i odvoz razupornog sustava.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja antikorozivne zaštite sa svim potrebnim radovima, sukladno propisanom u uvjetima kvalitete, ako je predviđeno projektom.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-07.2. PILOTNE STIJENE

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu pilotne stijene iskopom tla ili stijene bušenjem, ugradnjom armaturnog koša i betoniranjem pilota, kao i završnim radovima na uređenju glave pilota, i to u sekantnom rasporedu (zasijecanjem u susjedne pilote, tj. piloti na rubovima ulaze jedan drugome u profil, a svaki drugi pilot se armira armaturom), tangentnom rasporedu (neprekinute pilotne stijene u kojima se piloti dodiruju rubno) ili s razmaknutim pilotima i zaštitom među pilotima.

Prema potrebi koriste se i kao vododržive konstrukcije. Za ovu primjenu su tehnički uvjeti izvedbe dani u poglavlju 4-8.5. Vodonepropusne armiranobetonske i glinobetonske dijafragme ili pilotne stijene.

Reference na materijale

Poglavlje 4-06.2.1. Bušeni piloti (piloti bez razmicanja tla).

Zahtjev izvođenja rada

Radovi na izvedbi pilotnih stijena obavljaju se prema poglavlju 4-06.2.1. Bušeni piloti (piloti bez razmicanja tla) te u skladu s normom HRN EN 1536 (Bušeni piloti).

Dodatno vrijedi sljedeće navedeno.

Ako se kroz pilot ugrađuje sidro, potrebno je izbjeći bušenje kroz beton i armaturu pilota te na mjestima prodora sidara ugraditi uvodna kućišta od PVC cijevi odgovarajućeg promjera, koja se moraju pričvrstiti za armaturni koš sukladno projektu.

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 minimalno 1,0 m u smjesi betona. Na mjestu istovara betona visina istovara betona ne smije biti veća od 1,0 m.

Sastav betona mora biti određen projektom, a uobičajeno je maksimalna veličina zrna 16 mm, radi kvalitetnije ugradnje betona pilota.

Nakon izvedbe pilota, slijedi izvedba naglavne grede. Izvodi se betoniranjem u dvostranoj oplati. Glavna predradnja za izradu naglavne grede je odbijanje nekvalitetnog betona, odnosno uređenje gornjeg ruba pilotne stijene na projektiranu kotu. Da bi naglavna greda mogla ostvariti svoju projektom predviđenu funkciju, treba je izvesti prije iskopa materijala unutar građevne jame.

Tehnički uvjeti izvedbe armiranobetonske naglavne grede su prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje za radove na betoniranju, prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi za radove na armiranju i prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate za radove na izvedbi oplate.

Ako se pilotna stijena pridržava pomoću prednapetih geotehničkih sidara ili štapnih sidara (sidra od armaturnih šipki, samobušiva sidra tipa IBO, IBI i sl.), što mora biti definirano projektom, ova sidra se izvode prema poglavlju 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima odnosno poglavlju 4-09.1.2. Stabilizacija kosina čavlima te zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537 (Sidra u tlu i stijeni).

Ako se pilotne stijene stabiliziraju prednapetim ili štapnim sidrima, na visini njihove izvedbe se izvodi i sidrena greda, ako je tako definirano projektom, radi ravnomjernog prijenosa opterećenja. Ova sidrena greda se može izvoditi kao armiranobetonska, dimenzija prema projektu, te su radovi tada u skladu s poglavljem 8-06. Ugradnja i zbijanje za radove na betoniranju i s poglavljem 8-14. Armirački radovi za radove na armiranju, u skladu s poglavljem 8-13.3. Oplate za radove na izvedbi oplate. Osim toga, sidrena greda se može izvoditi i kao čelična kada se ugrađuju različiti čelični predgotovljeni elementi (najčešće „H” profili).

Kako bi se poravnala neravna površina pilotne stijene, prekrile sidrene grede i glave sidara i omogućilo postavljanje hidroizolacije na ravnu površinu, ako je to definirano projektom, često se izvodi obloga od mlaznog betona, pri čemu se onda koriste odredbe dane u poglavlju 4.09.2.2 Stabilizacija kosina mlaznim betonom. 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 preklapima pilota.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-06.2.1. Bušeni piloti (piloti bez razmicanja tla).

Antikorozivna zaštita čeličnih razupora i sidrenih greda mora biti u skladu s danim u Knjizi IX – Mostovi: poglavlje 9-11. Zaštita protiv korozije.

Naknadna kontrola kvalitete obuhvaća praćenje mjerodavnih pomaka tijekom i nakon izvedbe pilotne stijene primjenom geodetskih repera, inklinometara, deformetara/mikrometara. Ako postoji prisustvo okolnih građevina, mjeri se utjecaj građevne jame na njih, ugradnjom klinometra. Ovi radovi praćenja ponašanja moraju biti definirani geotehničkim projektom. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi pilotne stijene se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-06.2.1. Bušeni piloti (piloti bez razmicanja tla).

Armirački radovi naglavne i armiranobetonske sidrene grede su prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi.

Rad na izradi oplata naglavne i armiranobetonske sidrene grede su u prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate.

Betonski radovi naglavne i armiranobetonske sidrene grede su prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje.

Rad na izvedbi prednapetih sidara za zaštitu građevne jame se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i spajanje cijevi za prodor sidara kroz pilotnu stijenu, ako je predviđeno projektom.

Rad na izvedbi čeličnih razupora i sidrenih greda se mjeri po kilogramu ugrađenih razupora i sidrenih greda prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad izvedbi čeličnih razupora i sidrenih greda se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni u koju je uključena nabava, dovoz i ugradnja razupora i sidrenih greda. U jediničnu cijenu su uključeni i profili oslonaca sidrenih greda na pilotnu stijenu, zajedno sa svim pričvrstnim materijalom te svim radovima na spajanju i zavarivanju. U jediničnu cijenu je uključeno i naknadno uklanjanje i odvoz razupornog sustava.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja antikorozivne zaštite sa svim potrebnim radovima, sukladno danom u uvjetima kvalitete, ako je predviđeno projektom.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava u skladu s poglavljem 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-07.3. ZABIJENO ČELIČNO ŽMURJE I ČELIČNI PROFILI**Opis rada**

Rad obuhvaća ugradnju zagatne stijene od predgotovljenog čeličnog žmurja (talpi) i čeličnih profila, kao vitke, uspravne, potporne konstrukcije zabijene u tlo .

Prema potrebi koriste se i kao vododržive konstrukcije. Za ovu primjenu su tehnički uvjeti izvedbe dani u poglavlju 4-08.1.7. Vodonepropusno žmurje.

Reference na materijale

Za čelično žmurje –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-18.1. Žmurje

Za čelične profile –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-19. Proizvodi od konstrukcijskog čelika

Zahtjev izvođenja rada

Radovi na izvedbi zagatne stijene od čeličnog žmurja obavljaju se prema normi HRN EN 12063 (Zagatne stijene od žmurja).

Tijekom radova na zabijanju potrebno je imati podatke o geotehničkom profilu tla s karakteristikama slojeva tla te podatke o mogućim objektima ili većem kamenju ispod površine tla.

Za potrebe izvedbe čeličnog žmurja ili profila potrebno je pripremiti radni plato prema dimenzijama strojeva i opreme koji će se koristiti pri izvedbi. Radni plato, kao i gradilišne puteve treba, prema potrebi, nasuti graduiranim drobljenim kamenim materijalom preporučene granulacije 0 – 63 mm podobnim za ugradnju i zbijanje u minimalnoj debljini od 50 cm. Zbijenost podloge mora biti takva da omogućava nesmetano kretanje predviđene mehanizacije neovisno o vremenskim prilikama ($M_s \geq 30$ MPa). Radni plato se treba planirati i izvesti tako da je za cijelo vrijeme radova osigurana dobra odvodnja.

Prijevoz i izvedba zabijenog čeličnog žmurja i čeličnih profila mora u svemu biti prema zahtjevima iz projekta za određeni tip potporne konstrukcije. Žmurje i profili bi trebali biti uskladišteni na mjestu s lakim pristupom za građevinske strojeve, i na taj način da se izbjegnu štete ili deformacije uskladištenog žmurja i profila.

Odabir tipova, profila i kvalitete žmurja i profila, kao i odabir dimenzija korištenih elemenata treba biti u skladu s projektantskim odredbama.

Metoda zabijanja čeličnog žmurja, kao i oprema, odabire se na temelju postojećeg iskustva izvođača, i mora biti u skladu s projektiranim tipom, profilom i kvalitetom čeličnog žmurja.

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).

Žmurje se zabija kontinuirano, jedan panel do drugog, tako da ostanu kontinuirano međusobno zabravljani. 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.

Žmurje i profili moraju biti vođeni tijekom zabijanja. Okvir za vođenje mora biti stabilan i robustan te pozicioniran tako da osigura točan horizontalan i vertikalni položaj tijekom zabijanja. Posebna pozornost se treba 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 čeličnog žmurja, žmurje treba izvaditi i ponovno zabiti, osim ako su druge mjere poravnjanja prikladne u toj situaciji.

Ako prilikom zabijanja dođe do naginjanja u longitudinalnom smjeru, treba poduzeti hitne mjere za sprječavanje toga, primjerice mehaničko povlačenje ili guranje žmurja. Ako se navedenim postupkom ne postigne ispravljanje nagiba žmurja, te dođe u pitanje nastavak zabijanja preostalog žmurja, iznimno se uz suglasnost nadzornog inženjera može dopustiti da se zabije žmurje izvan spojnice prethodne, na način da se vrši izravnanje položajno i nagibom, a mjesto na kojem je izvršeno zabijanje izvan spojnice potrebno je naknadno injektirati po dubini kako bi se osigurala vodonepropusnost konstrukcije (ako je to projektni zahtjev).

Pri izvlačenju čeličnog žmurja moraju se razmotriti posljedične vertikalne i horizontalne deformacije tla u kojem se ugrađeno žmurje nalazi, kao i mijenjanje režima procjeđivanja podzemne vode. Posebnu pozornost treba obratiti pri izvlačenju žmurja iz kohezivnih tala koja se mogu prilijepiti uz žmurja, zbog čega tijekom izvlačenja mogu nastati šupljine u tlu, što može imati posljedice na stabilnost obližnjih građevina.

Vertikalni elementi čeličnog žmurja se najčešće kombiniraju s horizontalnim stabilizacijskim elementima u vidu razupora od čeličnih šupljih cijevi ili različitih čeličnih profila (najčešće „I” ili „H” profili). Svi detalji izvedbe razupornog sustava, sa svim osloncima na sidrene grede, spojevima i varovima, moraju biti u skladu s izvedbenim geotehničkim projektom.

U slučaju postavljanja razupora, praznine između lica žmurja i poprečne grede na koju se oslanjanju razupore trebaju biti popunjene betonskim „jastucima” ili vrećama, kako bi se osigurala jednolična raspodjela opterećenja.

Osim razupora, moguća je stabilizacija zida od čeličnog žmurja pomoću prednapetih geotehničkih sidara ili štapnih sidara (sidra od armaturnih šipki, samobušiva sidra tipa IBO, IBI i sl.). Ova sidra se izvode prema poglavlju 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima odnosno poglavlju 4-09.1.2. Stabilizacija kosina čavlima te zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537 (Sidra u tlu i stijeni).

Ako se čelično žmurje stabilizira razuporama ili prednapetim/štapnim sidrima, na visini njihove izvedbe se izvodi i sidrena greda radi ravnomjernog prijenosa opterećenja, što mora biti definirano projektom. Ova sidrena greda se može izvoditi kao čelična, kada se ugrađuju različiti čelični predgotovljeni elementi (najčešće „H” profili).

Uvjet kvalitete

Najvažniji aspekti postavljanja zida od čeličnog žmurja ili profila na koje se mora obratiti pozornost su:

- postizanje potrebne dubine zabijanja
- postizanje projektnog tlocrtnog rasporeda i vertikalnosti zida
- izbjegavanje značajnih šteta na žmurju, profilima i spojnica
- osiguranje djelovanja sila zabijanja po neutralnoj osi čeličnog žmurja.

Ako projektom nije drugačije definirano, vrijednosti tolerancije tlocrtnog rasporeda i vertikalnost prilikom izvedbe čeličnog žmurja na kopnu iznose ≤ 50 mm (tlocrtni raspored vrha zida) te ≤ 1 % vertikalnost mjerena preko 1 m vrha zida.

Ako projektom nije drugačije definirano, vrijednosti tolerancije tlocrtnog rasporeda i vertikalnost prilikom izvedbe čeličnog žmurja na vodi iznose ≤ 80 mm (tlocrtni raspored vrha zida) te ≤ 1.5 % vertikalnost mjerena preko 1 m vrha zida.

Ako se iz nekog razloga ne može ostvariti projektna dubina zabijanja čeličnog žmurja ili profila, iznimno se uz suglasnost nadzornog inženjera i projektanta može dopustiti završetak na dosegnutoj koti.

Radovi kontrole kvalitete zabijenog čeličnog žmurja i profila trebaju u svemu biti s danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-18.1. Žmurje, odnosno u skladu s poglavljem 14-19. Proizvodi od konstrukcijskog čelika.

Antikorozivna zaštita čeličnih elemenata mora biti u skladu s danim u Knjizi IX – Mostovi: poglavlje 9-11 Zaštita protiv korozije.

Naknadna kontrola kvalitete obuhvaća praćenje mjerodavnih pomaka tijekom i nakon izvedbe čeličnog žmurja/profila primjenom geodetskih repera, inklinometara, deformetara/mikrometara. Ako postoji prisustvo okolnih građevina, mjeri se utjecaj građevne jame na njih, ugradnjom klinometra. Ovi radovi praćenja ponašanja moraju biti definirani geotehničkim projektom. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na ugradnji čeličnog žmurja se mjeri u metrima kvadratnim izvedene zaštite od žmurja prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na ugradnji čeličnog žmurja se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje sve radove, nabavu materijala, prijevoze te ugradnju žmurja zabijanjem i sve drugo što je potrebno za dovršenje radova.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi žmurja, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz i ugradnja bentonita ili podmazivača, ako se pokaže potrebnim
- naknadno vađenje i odvoz žmurja, ako je to predviđeno projektom
- pokusno zabijanje na lokaciji za kalibraciju parametara izvedbe, ako se pokaže potrebnim
- nabava, dovoz i ugradnja antikorozivne zaštite sa svim potrebnim radovima, sukladno danom u uvjetima kvalitete, ako je predviđeno projektom.

Rad na ugradnji čeličnih profila kao vertikalnih elemenata zaštite građevne jame se mjeri u metrima dužnim elemenata projektiranog profila prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na ugradnji čeličnih profila se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje sve radove, nabavu materijala, prijevoze te ugradnju profila zabijanjem i sve drugo što je potrebno za dovršenje radova.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi čeličnih profila, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz i ugradnja bentonita ili podmazivača, ako se pokaže potreba za navedenim
- naknadno vađenje i odvoz čeličnih profila, ako je to predviđeno projektom
- pokusno zabijanje na lokaciji za kalibraciju parametara izvedbe, ako se pokaže potrebnim.

Rad na izvedbi prednapetih sidara za zaštitu građevne jame se mjeri i obračunava u skladu s poglavljem 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima.

Rad na izvedbi čeličnih razupora i sidrenih greda se mjeri po kilogramu ugrađenih razupora i sidrenih greda prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad izvedbi čeličnih razupora i sidrenih greda se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni u koju je uključena nabava, dovoz i ugradnja razupora i sidrenih greda. U jediničnu cijenu su uključeni i profili oslonaca sidrenih greda na zabijeno žmurje ili profile, zajedno sa svim pričvrstnim materijalom te svim radovima na spajanju i zavarivanju. U jediničnu cijenu je uključeno i naknadno uklanjanje i odvoz razupornog sustava.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja antikorozivne zaštite sa svim potrebnim radovima, sukladno danom u uvjetima kvalitete, ako je predviđeno projektom.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-07.4. ZAŠTITA BUNARIMA**Opis rada**

Rad obuhvaća izvedbu bunara kao sustava za zaštitu iskopa građevnih jama.

Bunari, se mogu koristiti i kao sustav temeljenja (kako je dano u poglavlju 4-06.2.5. Bunari).

Reference na materijale

Poglavlje 4-06.2.5. Bunari.

Zahtjev izvođenja rada

Poglavlje 4-06.2.5. Bunari.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-06.2.5. Bunari.

Način mjerenja i obračuna radova

Poglavlje 4-06.2.5. Bunari.

4-08. RADOVI NA ZAŠTITI OD DJELOVANJA PODZEMNE VODE

4-08.1. OPĆENITO O ZAŠTITI OD PRODİRANJA PODZEMNE VODE

Opis rada

Zaštita od prodiranja podzemne vode obuhvaća izvedbu rada kojim bi se spriječio bilo kakav oblik prodiranja vode u slobodni prostor samog iskopa, čime se omogućava siguran rad u suhom, dostupnost iskopa ljudima i strojevima, kao i stabilnost iskopanih stranica.

Postoje dva osnovna načina na koji se vrši zaštita od prodiranja podzemne vode pri radovima iskopa:

- Presretanje i odstranjivanje vode – uključuje tehnike drenažnog sustava sa sabirnim oknima (poglavlje 4-08.1.1.), sustav iglofiltera (poglavlje 4-08.1.2.), sustav bunara (poglavlje 4-08.1.3.) i elektroosmozu (poglavlje 4-08.1.4.)
- Izolacija iskopa od dotjecanja vode – uključuje tehnike izvedbe vodonepropusnih armiranobetonskih/glinobetonskih/pilotnih zavjesa (poglavlje 4-08.1.5.), izvedbu injektiranih zavjesa (poglavlje 4-08.1.6.), izvedbu vodonepropusnog žmurja (poglavlje 4-08.1.7.), zemljanih zagata (poglavlje 4-08.1.8.), izvedbu zida od smrznutog tla (poglavlje 4-08.1.9.) te brtvljenja dna iskopa (poglavlje 4-08.1.10.).

Kontrola prisustva vode tijekom izvedbe i eksploatacije se može 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.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Tehnologija zaštite od prodiranja vode mora biti definirana projektom, na temelju rezultata 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.

Ovim poglavljem se daju opće smjernice za izvođenje radova na zaštiti od djelovanja podzemne vode. Detalji izvedbe svakom pojedinom metodom su dani u pripadajućem poglavlju.

Kontrola prodiranja vode u iskop se tijekom radova mora održavati na razini ispod najniže kote stalnih radova, tijekom razdoblja određenog projektom. U nekoherentnim tlima ta kota mora biti bar 0,5 m do 1,0 m ispod najniže kote iskopa u datom trenutku. Veće dubine, od 1,5 m do 3,0 m se moraju osigurati u koherentnim materijalima kao što su gline i prahovi da bi se spriječio prodiranje vode na površinu čime bi dno iskopa bilo vlažno i blatnjavo.

Ovim poglavljem se daju opći 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 (uputa projektantu)
- crpljenjem se treba izbjegavati prekomjereno iznošenje sitnijih čestica tla (uputa projektantu)
- crpljenje ne smije izazvati prekomjerno slijeganje ili oštećenje susjednih konstrukcija (uputa projektantu)
- 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 (uputa projektantu i izvođaču)

- 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 (uputa projektantu)
- sustav neće dovesti do prekomjernog crpljenja vode u području zahvata pitke vode (uputa projektantu)
- 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 (uputa izvođaču)
- kapacitet crpki i cjevovoda trebao bi omogućiti smanjenje učinkovitosti zbog mehaničkog trošenja uzrokovano dugotrajnim radom. Ova oprema također bi trebala biti projektirana kako bi sustav mogao raditi kontinuirano, bez obzira na prekide u redovnom održavanju ili kvarove (uputa projektantu i izvođaču)
- 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 (uputa izvođaču)
- ovakvi sustavi zavisni su od stabilnog napajanja energijom, zbog čega je gradilištu potrebno osigurati ili priključak na lokalnu električnu mrežu ili napajanje osigurati agregatom (uputa izvođaču)
- voda, koja se odstranjuje iz iskopa, obično će se otpustiti dovoljno daleko od područja iskopa (uputa izvođaču)
- prikupljena se voda ne smije ispuštati u vodotoke bez prethodnog pribavljanja odobrenja prema danom u ovom poglavlju (uputa projektantu i izvođaču)
- 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 (uputa projektantu i izvođaču)
- sustav neće dovesti do prekomjernog dotoka zagađene vode u iskop (uputa projektantu)
- 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 (uputa izvođaču).

Uvjet kvalitete

Ovim poglavljem se daju opći zahtjevi kontrole kvalitete metoda uslijed primjene bilo koje od metoda navedenih u nastavku. Detaljni uvjeti kvalitete izvedbe svakom pojedinom metodom su dani u pripadajućem poglavlju.

Kolektor vode prikupljene crpljenjem može biti kanalizacijski sustav, ali je prethodno za ovo potrebno dobiti suglasnost 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 javnopravnih tijela, ishodu ili od projektanta ili od izvođača.

Učinkovitost crpljenja mora se, ako je projektom tako definirano, 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 predložiti investitoru, uz suglasnost projektanta, izvedbu dodatnih piezometara za praćenje snižavanja nivoa podzemnih voda, kao i dodatne opreme za monitoring pomaka.

Ugradnja, plan i program mjerenja se definira u geotehničkom projektu. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na crpljenju vode se mjeri u danima crpljenja prema zahtijevanom vremenu crpljenja iz projekta ili prema odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na crpljenju vode se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje angažman i rad crpke, uključivo sve pogonske troškove crpke te rad ljudi i strojeva na opsluživanju sustava.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- svi dodatni troškovi pribavljanja dozvola koje omogućavaju odvod crpljenje vode u predviđeni recipijent.

4-08.1.1. DRENAŽNI SUSTAV SA SABIRNIM OKNIMA***Opis rada***

Rad obuhvaća izvedbu sustava od prodiranja podzemne vode, iskopom drenažnih rovova i sabirnih okana, horizontalnu ugradnju drenažnih cijevi u rovova, izvedbu sabirnih okana te zatrpavanje rovova i okana materijalom veće propusnosti. Rad obuhvaća i crpljenje vode tijekom izvedbe radova na iskopima te, po potrebi, nakon izvedbe radova na iskopima.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.7.6 Zrnati kameni materijali za izradu plitkih i dubokih drenaža

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: 14-12.5. Plastične drenažne cijevi

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12.2. Kontrolna (revizijska) okna i komore

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-17.1. Geotekstili

Zahtjev izvođenja rada

Redoslijed izvedbe drenažnog sustava sa sabirnim oknima je sljedeći:

- iskop drenažnog rova i sabirnog okna (ili više njih)
- utovar i odvoz viška iskopanog materijala
- ugradnja drenažnih cijevi u drenažni rov (ako projekt zahtijeva)
- ugradnja predgotovljenih elemenata u sabirna okna (ako projekt zahtijeva)
- zaštita stijenki rova i/ili drenažnih cijevi netkanim geotekstilom (ako projekt zahtijeva)
- zatrpavanje drenažnih rovova i sabirnih okana dobro propusnim materijalom
- crpljenje prikupljene vode crpkama.

Radove iskopa rovova i okana treba u pravilu izvoditi strojno. 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 i nagiba prema projektu (ali niže bar za oko 0,5 m u odnosu na kotu dna iskopa i sa padom od bar 0,5 % prema sabirnom oknu).

Iskopi rovova se rade u svim kategorijama tla („A”, „B” ili „C”), sukladno klasifikaciji tla danoj u Knjizi III – Zemljani radovi. 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 su istovjetni tehničkim uvjetima izvedbe danim u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-07. Iskop rovova te su primjenjivi i ovdje.

Ako je nakon iskopa potrebna mjestimična sanacija dna iskopa ručno planiranje (uređenje) dna rova do projektom tražene točnosti, radovi se obavljaju prema odredbama Knjige III – Zemljani radovi: poglavlje 3-10. Uređenje i sanacija temeljnog tla.

Nakon iskopa, drenažni rovovi se zatrpavaju znatim drenažnim kamenim materijalom kvalitete i zbijenosti ovisno o uvjetima iz projekta. Uobičajeno se ugrađuje filterski materijal granulacije prema projektu (uobičajeno 8 – 63 mm). Zrnat kameni materijal u rovu treba pažljivo zbiti. Način zbijanja odobrava nadzorni inženjer.

U slučajevima kada se očekuju veći dotoci vode u drenažni sustav, što mora biti predviđeno projektom, i da se pospješi sustav dreniranja, dno iskopa se uređuje i planira te se na njega postavlja podložni sloj od pijeska. U tako pripremljeni rov se postavljaju perforirane rebraste (ne nužno) plastične PVC ili PE cijevi te se prostor oko cijevi ispunja filterskim materijalom granulacije prema projektu (uobičajeno 8 – 63 mm). Ugrađuju se plastične, savitljive, perforirane cijevi, koje se proizvode s već navučenim filterom od poroznog geotekstila. Promjer cijevi je prema projektu, uobičajeno u rasponu od 10 do 20 cm.

Da bi se spriječilo ispiranje sitnijih čestica tijekom dotjecanja vode u drenažni rov, rovovi se s vanjske strane moraju obložiti geotekstilom, ako je tako predviđeno projektom. Za primjenu geotekstila za filtriranje i dreniranje potrebno je primijeniti normu HRN EN 13252. Zrnat 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) pokrivaju slojem gline s eventualnim (potreba se definira projektom) betonskom rigolom za reguliranje površinskog toka oborinskih voda.

Sabirna okna se obično postavljaju unutar kutova zone iskopa, prema projektom rješenju. Rovovima prikupljena voda se dovodi do sabirnog okna čija je dubina prema projektu (a 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, definirane projektom, moraju biti minimalno takve da omoguće dovoljno prostora za sedimentaciju čestica te veće od same crpke. U slučaju potrebe, u okno se može postaviti korugirana plastična cijev većeg promjera ili čak predgotovljena betonska cijev (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 bi trebao biti krupni šljunak dimenzija prema projektu (uobičajeno 20 – 40 mm). Prednost ima ugradnja loše građuranog 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 crijevno 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, ako projekt zahtijeva, napraviti dodatan iskop dna okna koji se zatim ispunja loše građuranim 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. Na crpki mora biti ugrađen nepovratni ventil koji ne dozvoljava vraćanje prikupljene vode nazad u okno.

Ako se crpljenje vode planira provoditi dugoročno, što mora biti predviđeno projektom, 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. Izvođač mora vodu koja se crpi, posebice ako se radi o filterski nezaštićenom sabirnom oknu, 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 podzemne vode, za što treba izraditi novo projektirano rješenje.

Također, drenažni sustav se može izvesti i oko same zone iskopa sustavom drenažnih rovova i odvodnih jaraka, što je obrađeno u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-06.2. Iskop građevne jame s razinom podzemne vode iznad kote dna iskopa.

Uvjet kvalitete

Opći uvjeti kvalitete su prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode.

Vizualno se ocjenjuje kvaliteta radova, ravnost i usklađenost s projektom. Uvjeti kvalitete su vezani na materijale i moraju biti u skladu s Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12.5. Plastične drenažne cijevi, za plastične cijevi koje se polažu u rov, poglavlje 14-12.2. Kontrolna (revizijska) okna i komore, za sabirna okna te poglavlje 14-17.1. Geotekstili, za geotekstil drenažnog rova.

Ako 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 najviše ± 1 cm.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi drenažnih jaraka sa sabirnim oknima se mjeri po metru dužnom izvedenih drenažnih jaraka prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi drenažnih jaraka sa sabirnim oknima se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje iskop materijala jarka i sabirnih okana, njegov utovar, transport i odlaganje sa svim troškovima. U jediničnu cijenu je uključena i nabava, dovoz, ugradnja i zbijanje filterskog materijala kojim se ispunja rov, kao i nabava, dovoz i ugradnja sa zbijanjem glinovitog materijala koji se ugrađuje na vrh zatrpanog rova.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- eventualno potrebna mjestimična sanacija dna iskopa, ručnim planiranjem dna rova do projektom tražene točnosti, ako se pokaže potrebnim
- nabava, dovoz, ugradnja sa spajanjem drenažnih cijevi, ako je predviđeno projektom
- nabava, dovoz, ugradnja predgotovljenih elemenata sabirnih okana, ako je predviđeno projektom
- nabava, dovoz, ugradnja geotekstila za oblaganje rova, ako je predviđeno projektom, pri čemu se preklopi geotekstila ne obračunavaju
- nabava dovoz i ugradnja betonskog rigola na vrhu rova, ako je predviđeno projektom
- nabava, dovoz i ugradnja s naknadnim uklanjanjem i odvozom sustava kaveza, razupora i talpi kod dugotrajnog crpljenja vode, ako je predviđeno projektom.

Crpljenje vode se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode.

4-08.1.2. SUSTAV IGLOFILTERA**Opis rada**

Rad obuhvaća izvedbu sustava iglofiltera u tlo na pravilnim, projektom dokazanim, razmacima, a 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.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Iglofiltri predstavljaju sustav međusobno povezanih, djelomično perforiranih cijevi koje se ugrađuju u tlo oko iskopa koji treba štiti od prodiranja vode.

Prema shemi ugradnje danoj u geotehničkom projektu, niz iglofiltera se ugrađuje 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.

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.

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.

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 se nalazi perforirani dio cijevi duljine od 0,5 m do 1,0 m. Iznad perforiranog dijela cijevi se nalazi nastavak u vidu cijevi kojom se iglofilter spaja na savitljivo crijevo, a time i na naglavnu cijev. Postavljena naglavna cijevi 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, sukladno Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla ili primjenom svrdla s bušenjem kroz površinski sloj.

Iglofilteri se najčešće ugrađuju mlaznim postupkom. Mlazna ugradnja obuhvaća dvije varijante:

- mlazna samougradnja 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 samougradnje, 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 od 20 do 60 cm. Izvođač posebnu pažnju treba posvetiti cirkulaciji vode (da se osigura povrat mlazne vode do površine), te da ne dođe do smržavanja vrha iglofiltera prije nego li dosegne svoju projektiranu dubinu. Da bi se povećala učinkovitost i spriječila infiltracija sitnijih čestica tijekom crpljenja vode u sitnoznim tlama, oko postavljenog iglofiltera ugrađuje se filterski sloj. Ovakva, mlazna, samougradnja 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 samougrađeni iglofilter, sve u cilju formiranja bušotine u koju se smješta iglofilter i materijal filtera. Ova kolona se može opremiti s 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 ispire unutarnji dio cijevi dok se ne pojavi čista i bistra voda. Iglofilter se pozicionira unutar cijevi i pješčani filter se postavlja oko iglofiltera, dok se zaštitna cijev polagano izvlači. Ovakva mlazna ugradnja pomoću zaštitne cijevi podrazumijeva primjenu podizajuće 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 od 0,2 mm do 2 mm. 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 (vakuum).

Osim mlaznom metodom, iglofilteri se mogu ugraditi i metodom utiskivanja, i to u slučaju ako nije potrebna ugradnja filterskog zasipa.

Odabir načina ugradnje iglofiltera treba biti definiran projektom, a kontroliran od strane nadzornog inženjera.

Ako je predviđeno projektom, 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 ako je predviđeno projektom, i tzv. eductor sustava koji je sličan sustavu iglofiltera, samo umjesto vakuumske crpke za crpljenje vode koristi vodu pod visokim tlakom i dizajuće cijevi promjera 30 – 40 mm.

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 vakuum. 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 je spojen na vakuumsku crpku pomoću koje se voda crpi. Crpke su dvostrukog načina rada – potiskivajućeg i usisnog. Da bi se postigao najveći moguć vakuum, 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 će proći kroz sustav u prvih 20-ak minuta od početka crpljenja, a za oko 4 sata će se voda razbistriti. Sitne čestice će se svaki put pojavljivati prilikom ponovnog početka rada crpke. Potrebno je stalno pratiti vakuum povezan s crpkom. Ako se primijete bilo kakva odstupanja, to ukazuje na problem sa 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, one moraju biti razmaknute duž naglavne cijevi ili se mogu grupirati u jednu crpnu stanicu. Broj iglofiltera koji mogu biti povezani na crpku je do najviše 60.

Nakon primjene, sustav iglofiltera se vadi iz tla i može se ponovo koristiti na drugoj lokaciji.

Uvjet kvalitete

Opći uvjeti kvalitete su u svemu prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode. Dodatno vrijede ispod navedeni uvjeti kvalitete.

Ispitivanje i vrednovanje uspješnosti ugrađenog sustava iglofiltera je nužno, 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.

Tijekom ugradnje iglofiltera, izvođač mora voditi dnevnik ugradnje vezan za stanje tla u koje 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 potkrepljene dnevnikom izvedbe iglofiltera vođenom od strane izvođača.

Položaj vodnog lica i porni tlakovi se trebaju pratiti mjerenjem na ugrađenim piezometrima. Ovi radovi praćenja ponašanja moraju biti definirani geotehničkim projektom. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi iglofilterskog sustava se mjeri po metru dužnom izvedenih iglofiltera prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi iglofilterskog sustava se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju iglofiltera. U jediničnu cijenu su uključeni i svi radovi na nabavi, dopremi i izvedbi naglavne grede, svih spojeva, kao i sva ispitivanja sustava prije njegovog puštanja u pogon. U jediničnu cijenu je uključeno i naknadno uklanjanje sustava iglofiltera. Razne prepreke navedene u ovom poglavlju ne priznaju se posebno.

Način mjerenja i obračuna iskopa površinskog tla je u svemu prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-03. Površinski iskop tla.

Crpljenje vode se mjeri i obračunava u skladu s poglavljem 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava u skladu s poglavljem 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-08.1.3. SUSTAV BUNARA**Opis rada**

Rad obuhvaća izvedbu bunara bušenjem i ugradnjom bunarskih cijevi u tlo, na projektom određenim pozicijama i dubinama te projektom određenim promjerima. Izvode se od perforirane cijevi oko koje se postavlja filterski materijal, a crpljenje se vrši potopljenim crpkama. Rad obuhvaća testiranje i vrednovanje rada bunara kao i crpljenje vode tijekom izvedbe radova na iskopima te, po potrebi, nakon izvedbe radova na iskopima.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-19. Proizvodi od konstrukcijskog čelika (za čelične bunarske cijevi)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12.1. Plastične cijevi i spojni elementi (za plastične bunarske cijevi)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.7.6. Zrnati kameni materijali za izradu plitkih i dubokih drenaža (za materijal filtra)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-23.9. Bentonit (za nepropusni čep na vrhu bunara)

Zahtjev izvođenja rada

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.

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.

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.

Duboki bunari se najčešće ugrađuju metodom rotacijskog bušenja, a moguća je i ugradnja zabijanjem ili mlaznim postupkom. Bunarska se bušotina izvodi strojnim bušačim garniturama.

Tlo je potrebno iskapati 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, skuplja se u sabirnom bazenu.

Bušotina se buši 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 treba biti nešto dublja od unutarnje cijevi čime će se omogućiti prostor za otpadni filterski materijal u fazi crpljenja, dok ukupna dubina bunara mora biti definirana projektom.

Uobičajeni promjeri same vanjske kolone iznose od 300 do 800 mm, a materijal kolone je čelik.

Kako bi se osigurala stabilnost bušotine potrebno je tijekom izvedbe osigurati razinu 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 poglavlju 4-06.2.1 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 se treba dodati vodi korištenoj za bušenje kako bi se zadržala tražena razina zablacenosti, otprilike 3000 ppm (čestica na milijun). Sabirno okno na površini treba biti dovoljno veliko da dozvoli slijeganje pijeska, ali i dovoljno malo da se prah zadrži u suspenziji.

Ugradnja bunarske cijevi

Nakon izvedbe bušotine i ugradnje vanjske zaštitne kolone, slijedi ugradnja unutarnje bunarske cijevi promjera prema projektu (uobičajeno 100 – 150 mm) koja je perforirana, osim na donjem dijelu koji služi kao taložnik u koje se skuplja materijal koji prođe kroz filter. Dužine taložnika moraju biti određene projektom, ali ne mogu biti manje od navedenih 1 m za privremene bunare. Ako će bunari imati trajniji karakter, taložnik ne bi trebao biti kraći od 5 m.

Perforacije filterskog dijela bunarske cijevi moraju biti definirane projektom (uobičajeno veličina otvora bi trebala biti manja ili jednaka 50 % veličine zrna filtera). 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 projektanta i 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 se izvodi promjera i dužine određene projektom. 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 moraju zavariti distanceri.

Zasipavanje u zoni filtera i iznad njega

Projektom će biti definiran i filterski zasip kako, prilikom korištenja bunara, ne bi došlo do ispiranja sitnih čestica tla, a nadzorni inženjer ima pravo korigirati debljinu zasipa određenu projektom.

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, se zasipa (brtvi) slabopropusnim glinenim materijalom ili cementnom smjesom, prema projektu. 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.

Zaštita glave bunara

Bunar mora biti na površini terena zaštićen na primjeren način. Tlocrtne dimenzije su ovisne o promjeru bunarske cijevi, a određene su projektom ili odlukom nadzornog inženjera. Bunarska cijev mora biti zatvorena odgovarajućom čeličnom kapom te poklopcem osiguranim lokotom.

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 se ugrađuje ispod snižene razine vode u bunaru, ali iznad samog perforiranog dijela cijevi. Početne količine vode koje se crpe su i do dva puta veće od količina koje će se crpiti kada se uspostavi ravnoteža. Izvođač mora voditi računa da bilo kakvo odgađanje osvajanja bunara može rezultirati smanjenom učinkovitošću bunara u odnosu na projektom pretpostavljenu.

Osvajanje bunara se provodi tzv. *airliftom*, crpkom za vodu ili nekim drugim odgovarajućim priznatim načinima. Crpljenje treba 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 se provodi 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.

Ako je projektom definirano, bunari se koriste u kombinaciji s vakuumskim sustavom. Bunari kod kojih treba održavati vakuum, zahtijevaju ugradnju brtve oko podižuće cijevi do dubine određene projektom (uobičajeno od 3 do 15 m mjereno od površine tla). Brtva se izvodi od zbijene kompaktne gline, neskupljajuće injekcijske smjese ili betona, bentonitne smjese, ili od površinske kolone začepljene na vrhu. Nepravilno postavljanje ove brtve će onemogućiti zadovoljavajući vakuum u sustavu koji je predviđen projektom.

Uvjet kvalitete

Opći uvjeti kvalitete su u svemu prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode.

Izvođač mora odabrati takav promjer svrdla da uspješno može izvesti bunare projektiranog promjera i debljine filterskog sloja koji se postavlja između zaštitne vanjske kolone i unutarnje kolone. Prilikom izvedbe treba paziti na vertikalnost bušotine tako da ona omogući pravilnu i centriranu ugradnju zaštitne kolone i unutarnje cijevi.

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.

Prvi se bunar koristi kao pokusni i na njemu se radi 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.

„Precrpljivanje bunara” (neracionalno povećanje brzine dreniranja u cilju skraćivanja procesa spuštanja razine podzemne vode) je česta pojava kod njihove eksploatacije i može imati negativne posljedice te se treba izbjegavati.

Položaj vodnog lica i porni tlakovi se trebaju pratiti mjerenjem na ugrađenim piezometrima, što mora biti definirano projektom. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi bunara se mjeri po metru dužnom izvedenih bunara prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi bunara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje izvedbu bušenja sa zaštitnom kolonom, utovar tla, odvoz i deponiranje sa svim troškovima deponiranja. Jedinična cijena obuhvaća i nabavu, dopremu i ugradnju bunarske cijevi (sa svim dijelovima) te nabavu, dopremu i ugradnju zasipa, glineno-cementnog tampona, površinskog betonskog bloka i čelične kape s poklopcem i lokotom. U cijenu je uključeno i osvajanje bunara sa svim ispitivanjima. Razne prepreke navedene u ovom poglavlju ne priznaju se posebno.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi bunara, osim kada je to drugačije definirano ugovorom.

Crpljenje vode se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-08.1.4. ELEKTROOSMOZA

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu elemenata sustava elektroosmoze u tlo na projektom određenim pozicijama, kao i projektom određenim dimenzijama elemenata sustava, testiranje i vrednovanje rada sustava, kao i crpljenje vode.

Reference na materijale

Materijali katoda –

Poglavlje 4-08.1.3. Sustav bunara.

Materijali anoda –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1 Čelik za armiranje

Zahtjev izvođenja rada

Negativna elektroda (katoda) se izvodi kao drenažni bunar prema kojem teče pora voda, koja se zatim crpi vakuumom ili „eduktor” sustavom. Katodni drenažni bunari se sastoje od metalnih kolona, a oko njih se postavljaju odgovarajući filteri koji omogućuju ulaz vode. Način njihove izvedbe je u svemu prema danom u poglavlju 4-08.1.3. Sustav bunara.

Anode su standardne građevinske armaturne šipke (ili rjeđe aluminijske šipke), koje se u tlo ugrađuju utiskivanjem.

Položaj, razmak i duljina katoda i anoda mora biti određena geotehničkim projektom.

Voda se crpi „eduktor” sustavom, na način da je naglavna cijev 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, što mora biti definirano geotehničkim projektom. Izvođač tijekom radova mora kontrolirati ove vrijednosti i po potrebi ih prilagođavati.

Uvjet kvalitete

Opći uvjeti kvalitete su u svemu prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode. Dodatno vrijede ispod navedeni uvjeti kvalitete.

Uvjeti kvalitete za katode su u svemu prema poglavlju 4-08.3. Sustav bunara. Dodatno vrijede ispod navedeni uvjeti kvalitete.

Tijekom ugradnje elemenata sustava elektroosmoze, izvođač mora voditi dnevnik ugradnje vezan za stanje tla u koje se sustav ugrađuje.

Bilo kakva promjena tijekom izvođenja radova mora biti odobrena od strane nadzornog inženjera, a potkrijepljena navedenim dnevnikom ugradnje.

Položaj vodnog lica i pora tlakovi se trebaju pratiti mjerenjem na ugrađenim piezometrima, što mora biti definirano projektom. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi anoda sustava elektroosmoze se mjeri po metru dužnom izvedenih anoda prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi anoda sustava elektroosmoze se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju armaturnih anodnih šipki utiskivanjem.

Rad na izvedbi katoda sustava elektroosmoze se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-08.1.3. Sustav bunara.

Crpljenje vode se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-08.1.5. VODONEPROPUSNE ARMIRANOBETONSKE I GLINOBETONSKE DIJAFRAGME ILI PILOTNE STIJENE***Opis rada***

Opis rada je u svemu jednak s danim u poglavlju 4-07.1. Armiranobetonske dijafragme, ako se izvodi kontinuirana armiranobetonska dijafragma, odnosno u skladu s poglavljem 4-07.2. Pilotne stijene, ako se radi o izvedbi pilotne stijene. Ovim poglavljem se daju dodatni zahtjevi na osiguranje vodonepropusnosti.

Reference na materijale

Poglavlje 4-07.1. Armiranobetonske dijafragme za armiranobetonske dijafragme

Poglavlje 4-07.2. Pilotne stijene za armiranobetonske bušene pilote

Za glinobetonske dijafragme se koristi glinobeton čija se potrebna svojstva te vrsta i učestalost ispitivanja propisuju posebnim tehničkim uvjetima u projektu. Pri tome se za izradu glinobetona koristi bentonit definiran Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-23.9. Bentonit. Kao smjernica za ispitne postupke glinobetona se treba koristiti norma DIN 4127.

Zahtjev izvođenja rada

Zahtjev izvođenja radova je u svemu jednak s danim u poglavlju 4-07.1. Armiranobetonske dijafragme, ako se izvodi kontinuirana armiranobetonska dijafragma, odnosno s poglavljem 4-07.2. Pilotne stijene, ako se radi o izvedbi pilotne stijene.

Osim armiranog betona, za izradu dijafragmi s ulogom u osiguranju vodonepropusnosti, može se koristiti glinobeton. U tom slučaju dijafragme, odnosno piloti, imaju isključivu ulogu vodonepropusnosti i ne koriste se kao nosivi elementi.

U slučaju da se traži izvedba brtvljenja (osiguranja vodonepropusnosti) između pojedinih kampada armiranobetonskih i glinobetonskih dijafragmi, na tržištu postoje rješenja da se navedeno može postići. Ovaj zahtjev mora biti definiran geotehničkim projektom.

Ako je potrebno osigurati vododrživost pilotne stijene, odnosno osigurati njezinu kontinuiranost, to se postiže izvedbom sekantnih pilota, a u pojedinim slučajevima i izvedbom tangentnih pilota. Ovakvo rješenje mora biti definirano projektom.

Ako je pilotna stijena sekantna, izvođač mora prvo izvesti nearmirane pilote, a zatim naknadno interpolirati armirane pilote.

Svaki drugi pilot izvodi se bez ugradnje armaturnog koša i služi kao ispuna. 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.

Nakon izvedbe ovakvog sustava, voda koja se procijedi kroz sami sustav ili kroz dno iskopa će se trebati 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.

Uvjet kvalitete

Opći uvjeti kvalitete su u svemu prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode. Dodatno vrijede ispod navedeni uvjeti kvalitete.

Uvjet kvalitete je u svemu jednak i s danim u poglavlju 4-07.1. Armiranobetonske dijafragme, ako se izvodi kontinuirana vodonepropusna armiranobetonska ili glinobetonska dijafragma, odnosno s poglavljem 4-07.2. Pilotne stijene, ako se radi o izvedbi vodonepropusne pilotne stijene.

Radi postizanja vododrživosti spojeva kod izvedbe sekantnih ili tangentnih pilotnih stijena, neophodno je iskop za pilote izvesti vertikalno, tj. koristiti strojeve s mogućnošću kontrole vertikalnosti. Tolerantno odstupanje od vertikale je prema projektu, a prema normi HRN EN 1536 iznosi 1 %. Tolerantno položajno odstupanje je prema projektu, a uobičajeno je ± 2 cm.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi kontinuirane vodonepropusne armiranobetonske dijafragme se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-07.1. Armiranobetonske dijafragme.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja brtvenog elementa, ako je projektom definiran, između panela dijafragme, zajedno sa svim materijalom i radovima koji su potrebni da se brtveni element ugradi.

Rad na izvedbi kontinuirane vodonepropusne glinobetonske dijafragme se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-07.1. Armiranobetonske dijafragme.

Radovi betoniranja se mjere i obračunavaju prema poglavlju 4-07.1. Armiranobetonske dijafragme, samo se umjesto običnog betona koristi glinobeton.

Rad na izvedbi kontinuirane vodonepropusne pilotne stijene se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-07.2. Pilotne stijene.

4-08.1.6. INJEKTIRANE VODONEPROPUSNE ZAVJESE

Opis rada

Opis rada na formiranju injekcijskih zavjesa, injektiranjem smjese na bazi cementa pod niskim tlakom, je u skladu s uvjetima danim u poglavlju 4.05-6.1 Injektiranje pod niskim tlakom.

Opis rada na formiranju injekcijskih zavjesa, injektiranjem smjese na bazi cementa pod visokim tlakom, je u skladu s uvjetima danim u poglavlju 4.05-6.2 Mlazno injektiranje.

Reference na materijale

Poglavlje 4.05-6 Injektiranje za cementne injekcijske smjese

Mogu se koristiti i silikatni gelovi ili neki drugi komercijalni proizvodi, što je van opsega.

Dodatni zahtjevi se postavljaju za vrstu injekcijske smjese injektiranja, gdje se osiguranje vodonepropusnosti postiže dodavanjem odgovarajućih aditiva, te prema potrebi i bentonita (do 5 %), što mora biti definirano projektom. Na ovaj način može se smanjiti propusnost prvobitnog tla do nekoliko potencija, u ovisnosti o vrsti tla.

Zahtjev izvođenja rada

Radovi na formiranju injekcijskih zavjesa injektiranjem pod niskim tlakom su u skladu s uvjetima danim u poglavlju 4.05-6.1. Injektiranje pod niskim tlakom.

Injektiranje pod niskim tlakom se vrši s površine terena izvedbom bušotina, gdje jedan red bušotina nije dovoljan da bi se postigla kvalitetna izvedba zavjesi koja će omogućiti vodoodrživost, već je potrebno izvesti više paralelnih redova bušotina, prema projektu, a minimalno tri paralelna reda bušotina.

Cementne smjese ubrizgavaju se kroz cijevi ugrađene u tlo ili stijenu. Propusna tla ili stijene se injektiraju od vrha dolje. Kada se slijedi ovaj postupak, cijev za injektiranje se buši do dubine prve zone koju treba injektirati nakon čega slijedi injektiranje. Nakon stvrdnjavanja injekcijske smjese, nastavlja se bušenje gdje bušotina dalje napreduje do dubine sljedeće zone koju treba injektirati. Ovakav postupak se ponavlja sve do injektiranja svih predviđenih zona u tlu.

Pri bušenju se ne smije koristiti bentonitna smjesa jer se ona veže za stijenske bušotine te može onemogućiti naknadnu penetraciju injekcijske smjese u tlo.

Cementne smjese su vrlo abrazivne, tako da obloge i ventili cilindara moraju biti od očvrnutog čelika.

Radovi na formiranju injekcijskih zavjesa injektiranjem pod visokim tlakom su u skladu s uvjetima danim u poglavlju 4.05-6.2. Mlazno injektiranje. U ovom slučaju se mora vršiti preklapanje mlaznoinjektiranih stupnjaka, kako bi se osigurao kontinuitet vodonepropusnosti. Navedeno mora biti definirano geotehničkim projektom.

Uvjet kvalitete

Opći uvjeti kvalitete su u svemu prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode. Dodatno vrijede ispod navedeni uvjeti kvalitete.

Prethodna i tekuća ispitivanja su u svemu jednaka s danim u poglavlju 4.05-6.1. Injektiranje pod niskim tlakom ako se koristi injektiranje pod niskim tlakom, odnosno s danim u poglavlju 4.05-6.2. Mlazno injektiranje ako se koristi injektiranje pod visokim tlakom.

Kod kontrolnih ispitivanja nije potrebno provoditi radove mjerenja slijeganja, kako je navedeno u poglavljima 4.05-6.1. Injektiranje pod niskim tlakom, odnosno 4.05-6.2. Mlazno injektiranje.

Dodatno je, u odnosu na poglavlju 4.05-6.1. Injektiranje pod niskim tlakom u sklopu kontrolnih ispitivanja potrebno predvidjeti ispitivanje vodopropusnosti, kao mjere uspješnosti radova na injektiranju, a što mora biti definirano projektom. Ono se provodi u kontrolnim bušotinama prema metodi Lugeona.

Kapaciteti crpki za injektiranje pod niskim tlakom se moraju kretati 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 vrijednost od 0,07 kg/cm² puta dubina na kojoj se vrši injektiranje. 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.

Osiguranje kontinuiteta zavjese (membrane) izvedene mlaznim injektiranjem važan je element kvalitete. Kod koherentnog tla se bolji rezultati postižu ako se horizontalnom ili kosom mlaznicom (zrakom ili vodom) dobro usitni tlo prije injektiranja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na injektiranju vodonepropusne zavjese pod niskim tlakom se mjeri i obračunava prema poglavlju 4.05-6.1. Injektiranje pod niskim tlakom.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja dodatnih aditiva i bentonita za smanjenje vodopropusnosti injekcijske smjese, što mora biti definirano projektom.

Rad na injektiranju vodonepropusne zavjese pod visokim tlakom se mjeri i obračunava prema poglavlju 4.05-6.2. Mlazno injektiranje.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja dodatnih aditiva i bentonita za smanjenje vodopropusnosti injekcijske smjese, što mora biti definirano projektom.

4-08.1.7. VODONEPROPUSNO ŽMURJE

Opis rada

Opis rada je u svemu jednak s danim u poglavlju 4-07.3. Zabijeno čelično žmurje i čelični profili.

Ovim poglavljem se daju dodatni zahtjevi na osiguranje vodonepropusnosti.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-18.1. Žmurje

Zahtjev izvođenja rada

Zahtjev izvođenja radova je u svemu u skladu s uvjetima danim u poglavlju 4-07.3. Zabijeno čelično žmurje i čelični profili.

Dodatni zahtjevi koji se postavljaju na čelično žmurje, ako se želi osigurati njegova vodonepropusnost, uključuju brtvljenje spojeva kroz koje se može očekivati procjeđivanje podzemne vode. Ovakav zahtjev mora biti definiran projektom. Različiti sustavi brtvljenja čeličnog žmurja su dani od strane proizvođača gdje se u korelaciju stavljaju vrijednosti vodopropusnosti spojeva žmurja i različite tehnologije brtvljenja, i to sve pri različitim pornim pritiscima podzemne vode.

Kao vodonepropusna zavjesa, osim standardnog čeličnog žmurja, može se koristiti i plastično PVC žmurje, koje u tom slučaju ima isključivo vodonepropusnu ulogu i čija primjena mora biti definirana projektom.

Dodatni zahtjevi izvedbe se postavljaju ako se koristi plastično PVC žmurje. Primjena PVC žmurja mora biti u skladu s tehničkom dokumentacijom, koja je u skladu s važećim zakonima i normama, a sama ugradnja PVC žmurja treba biti provedena u skladu s projektnim smjernicama i preporukama proizvođača. Trenutno postoje tri osnovne metode ugradnje žmurja napravljenog od PVC elemenata:

- Zabijanje:
Za ugradnju PVC žmurja metodom zabijanja trebaju se koristiti udarni čekići s mehaničkim, pneumatskim ili hidrauličkim pogonom. U slučaju tvrdih tala i ugradnje dugih profila trebaju se koristiti čelične bočne ili frontalne vodilice. Višestruke vodilice mogu se koristiti budući da dozvoljavaju ugradnju više žmurja istovremeno. Pri izvođenju zabijanjem se mora koristiti zaštitni pokrov (ljuske oblika koji odgovara profilu žmurja), koji se postavlja na vrh žmurja, kako bi ublažili udarac čekića na žmurje te ga time štitili, istovremeno osiguravajući da se žmurje postavlja po zadanoj osi i smanjujući bočne vibracije žmurja koje se ugrađuje.
- Mlazna metoda:
Metoda korištena za ugradnju PVC žmurja u tlima velike kohezije i zbijenosti. Potrebno je koristiti zračne ili vodene crpke te niskotlačne i visokotlačne vodene crpke. Kada se žmurje ugrađuje mlaznom metodom, potrebne su mlaznice s visokotlačnim crpkama na električni, pneumatski ili motorni pogon. Žmurje se prvo utiskuje u omekšano tlo, a zatim, na kraju ugradnje, zabija u tlo uz pomoć udarnih čekića.
- Ukopavanje:
Metoda korištena u ugradnji PVC žmurja malih dubina ukopavanja. Žmurje se ugrađuje u prethodno iskopani rov koji je onda s obje strane ispunjen pogodnim prethodno iskopanim materijalom. Ugrađenom materijalu se mehanički ili kemijski poveća čvrstoća, što mora biti definirano projektom.

Nakon izvedbe ovakvog sustava, voda koja se procijedi kroz sami sustav ili kroz dno iskopa će se trebati 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.

Uvjet kvalitete

Opći uvjeti kvalitete su u svemu prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode. Dodatno vrijede ispod navedeni uvjeti kvalitete.

Uvjet kvalitete za žmurje je u svemu jednak s danim u poglavlju 4-07.3. Zabijeno čelično žmurje i čelični profili uz poštivanje odredbi danih u normi HRN EN 12063.

Za tolerance PVC žmurja je potrebno koristiti normu DIN 16941.

S obzirom da parametri čvrstoće materijala žmurja padaju snižavanjem temperature zraka, PVC žmurje se ne smije ugrađivati na temperaturi ispod 5°C.

Način mjerenja i obračuna radova

Izvedba čeličnog žmurja se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-07.3. Zabijeno čelično žmurje i čelični profili. Na isti način se mjere i obračunavaju radovi na izvedbi plastičnog žmurja.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- Nabava i dovoz materijala te brtvljenje spojeva između pojedinih segmenata u cilju osiguranja vodonepropusnosti, ako je tako definirano projektom.

4-08.1.8. ZEMLJANI ZAGATI

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu privremenih zemljanih zagata kojima se zatvara prirodni tok na kojem se izvodi stalna građevina i stvaraju uvjeti za rad u suhom.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.2.1 Zemljani materijal za izradu nasipa

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-7.7.1. Krupni kamen za izradu posebnih nasipa

Zahtjev izvođenja rada

Tip i način izvođenja zagata, kao i materijal zagata, daje se geotehničkim projektom.

Prvo se izvodni uzvodni zagat kojim se voda usmjerava u privremeno korito, a zatim se izvodi nizvodni zagat.

Ako se pregrađivanje vrši pri velikim brzinama prirodnog toka, prvo se izvede dio građevine od krupnog materijala, koji omogućuje dovršenje pregrađivanja u vremenu povoljnom 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 Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-11. Izrada nasipa.

Kod pregrađivanja koje je moguće izvesti bez posebnog materijala, odmah se nasipava slabopropusan materijal i oblikuje zemljani zagat.

Ako se zemljani zagati izvide u kombinaciji sa zagatima od žmurja, tada su radovi na izvedbi žmurja prema poglavlju 4-08.1.7. Vodonepropusno žmurje.

Uvjet kvalitete

Opći uvjeti kvalitete su u svemu prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode.

Uvjeti kvalitete su dani u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-11 Izrada nasipa.

Način mjerenja i obračuna radova

Izvedba zemljanih zagata se mjeri i obračunava prema Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-11. Izrada nasipa.

4-08.1.9. SMRZAVANJE TLA**Opis rada**

Rad obuhvaća izvedbu vodonepropusne zavjese u tlu metodom smrzavanja tla, kruženjem hladnog medija kroz sustav cijevi, koje se postavljaju u tlu na razmaku i u dubini definiranim projektom.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

Radovi na izvedbi obuhvaćaju dvije faze dvije 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.

Prema zahtjevima projekta, izvođač treba koristiti jedan od sljedeća dva sustava smrzavanja:

- zatvoreni (primjena kod većih projekata gdje tlo treba ostati smrznuto dulji period)
- otvoreni sustav (primjena kod manjih projekata gdje tlo treba ostati smrznuto kraći period).

Dio sustava za smrzavanje koji se nalazi u tlu se sastoji od dvije cijevi. Vanjska cijev se ugrađuje rotacijskim bušenjem i treba biti zatvorena na dnu. U nju se instalira kraća cijev koja je otvorena na dnu i u koju se upušta medij za smrzavanje. Izvođač treba kontinuirano pratiti „ulazne” i „izlazne” temperature sredstva za hlađenje koje daju sliku o tijeku samog postupka smrzavanja tla.

Cijevi trebaju biti građene od visokokvalitetnog čelika. U cilju postizanja uspješnog smrzavanja tla, nužno je precizno bušenje bušotina za cijevi. Kad god je to moguće, cijevi za smrzavanje se trebaju izvaditi iz tla u cilju ponovnog korištenja.

U zatvorenom ili mehaničkom sustavu, izvođač mora koristiti amonijak za hlađenje smjese kalcijevog klorida (sekundarno rashladno sredstvo) koja kruži u sustavu. Temperatura smjese treba biti održavana od -25°C do -30°C, u iznimnim slučajevima i do -60°C. Toplina izmijenjena s tлом disipira u atmosferi preko tornja za hlađenje ili kondenzatora. Obično je potrebno 3 do 5 tjedana da bi se oblikovala barijera. 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 izvođač ili poduzima posebne mjere smanjivanja brzine protoka ili treba smanjiti razmak između cijevi (moguća instalacija i drugog reda cijevi) uz korištenje niže temperature smrzavanja.

U otvorenom sustavu, izvođač mora koristiti 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 sa zatvorenim sustavom i traje od 3 do 7 dana. U slučaju korištenja otvorenog sustava brzine podzemnih voda mogu biti i do 50 m/dan, a da proces smrzavanja bude uspješan.

Uvjet kvalitete

Opći uvjeti kvalitete su u svemu prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode. Dodatno vrijede ispod navedeni uvjeti kvalitete.

Tijekom bušenja bušotina, izvođač mora kontinuirano pratiti vertikalnost bušotina.

Da bi se pratio učinak i napredovanje postupka smrzavanja tla, tri varijable se moraju mjeriti:

- temperature na različitim pozicijama u tlu
- izdizanje tla za radove blizu površine te
- piezometarska mjerenja uvjeta podzemne vode.

Vrsta opreme za mjerenje, njezin položaj i učestalost mjerenja moraju biti dani geotehničkim projektom.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na smrzavanju tla se mjeri u metrima dužnim izvedenih bušotina za smrzavanje prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na smrzavanju tla se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje bušotina, nabavu, dopremu i ugradnju vanjske i unutarnje cijevi te njihovo naknadno uklanjanje. U jediničnu cijenu je uključena nabava, dovoz i ugradnja sredstva za smrzavanje, kao i održavanje debljine i karakteristika zavjese u projektom traženom periodu. U jediničnu cijenu su uključena i sva projektom predviđena mjerenja učinka i napredovanja, uključivo nabavu, dopremu i ugradnju opreme za mjerenje temperature tla, mjerenje izdizanja tla i piezometarska mjerenja, kao i provedbu samih mjerenja.

4-08.1.10. BRTVLJENJE DNA ISKOPA MLAZNIM INJEKTIRANJEM**Opis rada**

Rad obuhvaća izvedbu mlazno injektiranih stupnjaka većeg promjera, s preklapanjem, u cilju izvedbe vodonepropusnog čepa u vrlo propusnim tlama čime se osigurava zaštita od prodiranja vode.

Reference na materijale

Poglavlje 4-05.6.2. Mlazno injektiranje.

Zahtjev izvođenja rada

Radovi na mlaznom injektiranju za potrebe izvedbe vodonepropusnog čepa na dnu iskopa trebaju u svemu biti u skladu s projektom, s normom HRN EN 12716 Izvedba posebnih geotehničkih radova – Mlazno injektiranje, kao i sa smjernicama za izvedbu danih u poglavlju 4-05.6.2. Mlazno injektiranje.

Kao nadopuna navedenog poglavlja, za izradu vodonepropusnog čepa, daju se sljedeće smjernice.

Promjeri mlazno injektiranih stupnjaka u osiguranju brtvljenja, kao i debljina čepa, odnosno duljina stupnjaka, moraju biti definirani geotehničkim projektom.

Tlocrtni raspored preklapanja te vrsta i količina utrošenog materijala, kao i odabrana tehnologija izvedbe trebaju biti definirani geotehničkim projektom.

Za ove radove se primjenjuje ili dvofluidni ili trofluidni postupak, što mora biti definirano projektom. Za ovu primjenu, izvode se isključivo injektirani valjci tla koji nastaju kad pribor rotira 360°.

Izvođač 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, pa je nužno poštivati projektom

definirani 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.

Dodatno, s obzirom da se injektiranje za vodonepropusni čep vrši često u blizini vertikalnih elemenata osiguranja iskopa (AB dijagfragme, čelično žmurje i slično), a uzimajući u obzir velike tlakove pod kojima se vrši injektiranje, posebnu pozornost izvođač treba obratiti prilagodbi tlaka injektiranja u blizini ovih elemenata kako ne bi došlo do njihovog oštećenja.

Uvjet kvalitete

Opći uvjeti kvalitete su u svemu prema poglavlju 4-08.1. Općenito o zaštiti od prodiranja vode. Dodatno vrijede ispod navedeni uvjeti kvalitete.

Predviđen pravac svih mlazno injektiranih stupnjaka je vertikaln. Dozvoljeno odstupanje od vertikalnosti je prema projektu, ali najviše iznosi 5 stupnjeva.

Uvjet kvalitete je u svemu jednak i s danim u poglavlju 4-08.6.2. Mlazno injektiranje.

Način mjerenja i obračuna radova

Radovi na izvedbi brtvljenja dna iskopa metodom mlaznog injektiranja se mjere i obračunavaju u skladu s poglavljem 4-05.6.2. Mlazno injektiranje.

4-08.2. ZAŠTITA OD UZGONA

Opis rada

Rad obuhvaća tehničke uvjete izvedbe specijaliziranih rješenja za zaštitu od uzgona, u vidu izvedbe vlačno opterećenih prednapetih sidara (poglavlje 4-08.2.1.), mikropilota (poglavlje 4-08.2.2.) ili mlazno injektiranih stupnjaka (poglavlje 4-08.2.3.).

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

-

Uvjet kvalitete

-

Način mjerenja i obračuna radova

-

4-08.2.1. IZVEDBA PREDNAPETIH SIDARA ZA ZAŠTITU OD UZGONA

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu prednapetih sidara kao mjere osiguranja protiv uzgona te obuhvaća 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 s uređenjem glave sidra.

Reference na materijale

Poglavlje 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima.

Zahtjev izvođenja rada

Izvedba prednapetih sidara treba biti u svemu u skladu s odredbama poglavlja 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima te u skladu s normom HRN EN 1537 i zahtjevima projekta.

Razlika je u tome da se izvedba bušotine u ovom slučaju ne izvodi pod manjim kutom od horizontale, kao kod stabilizacije pokosa, već vertikalno ili pod manjim kutom od vertikale.

Dodatni zahtjevi su da je prilikom bušenja vertikalnih ili kosih bušotina potrebno izbjeći bušenje kroz beton i armaturu konstrukcije koja se štiti od uzgona, te je na mjestima prodora sidara potrebno ugraditi uvodna kućišta od PVC cijevi odgovarajućeg promjera, gdje se kućišta sukladno projektu pričvršćuju za armaturni koš temeljne konstrukcije.

Nakon što je sidro ugrađeno i zapunjeno injekcijskom smjesom, potrebno ga je prednapeti (prema programu danom u programu). 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 konstrukcije dosegnuo 7-dnevnu čvrstoću, odnosno više ako je tako definirano projektom.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima

Kontrola kvalitete obuhvaća praćenje mjerodavnih pomaka temeljne konstrukcije koja se stabilizira prednapetim sidrima tijekom i nakon izvedbe primjenom geodetskih repera i/ili deformetara/mikrometara. Ovi radovi praćenja ponašanja moraju biti definirani geotehničkim projektom. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi prednapetih sidara za zaštitu od uzgona se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i spajanje cijevi za prodor sidara kroz temeljnu konstrukciju, ako je predviđeno projektom.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-08.2.2. IZVEDBA MIKROPILOTA ZA ZAŠTITU OD UZGONA

Opis rada

Rad obuhvaća izvedbu mikropilota kao mjere osiguranja protiv uzgona te obuhvaća bušenje vertikalnih ili kosih (s manjim kutom odstupanja od vertikale) bušotina, ugradnju armaturnog koša i injektiranje mikropilota.

Reference na materijale

Poglavlje 4-06.2.3. Mikropiloti

Zahtjev izvođenja rada

Sama izvedba mikropilota treba biti u svemu u skladu s odredbama poglavlja 4-06.2.3. Mikropiloti te u skladu s normom HRN EN 14199 (Mikropiloti) i zahtjevima projekta.

Nakon izvedbe mikropilota, slijedi izvedba temeljne konstrukcije u skladu sa zahtjevima danim u poglavlju 4-06.1. Plitko temeljenje, a armatura mikropilota se povezuje s armaturom temeljne konstrukcije, sukladno detalju danom u projektu.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-06.2.3. Mikropiloti

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi mikropilota se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-06.2.3. Mikropiloti.

4-08.2.3. IZVEDBA MLAZNO INJEKTIRANIH STUPNJAKA ZA ZAŠTITU OD UZGONA**Opis rada**

Rad obuhvaća izvedbu mlazno injektiranih stupnjaka kao mjere osiguranja protiv uzgona te obuhvaća bušenje tla do projektirane dubine i povratno injektiranje, pri čemu se posve razbija struktura tla injektiranjem pod visokim tlakom, te se čestice tla miješaju (in-situ) s vezivnim sredstvom.

Reference na materijale

Poglavlje 4-05.6.2. Mlazno injektiranje

Zahtjev izvođenja rada

Sama izvedba mlazno injektiranih stupnjaka treba biti u svemu u skladu s odredbama poglavlja 4-05.6.2. 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 4-05.6.2., je osiguranje od uzgona građevine, na način da se ankeri definirani projektom, a koji su sidreni za mlazno-injektirani stupnjak, vežu za temeljnu ploču građevine podložnom pločom i maticom, gdje detalj povezivanja mora biti dan projektom.

Šipka se centrično uranja u mlazno-injektirani stupnjak, neposredno nakon njegove izvedbe.

Armatura se ugrađuje utiskivanjem u stupnjak do predviđene dubine.

Odgadanje ovog koraka, odnosno prekasna ugradnja šipke, može rezultirati nemogućnošću ugradnje jer je poboljšano temeljno tlo doseglo preveliku krutost i čvrstoću.

Duljina i promjer sidrene armature mora biti definirana geotehničkim projektom. Pogodnim komadom poprečne armature manjeg presjeka i oslonjene na tlo osigurava se predviđeni položaj.

Uvjet kvalitete

Uvjet kvalitete treba biti u svemu i u skladu s odredbama poglavlja 4-05.6.2. Mlazno injektiranje.

Radi kontrole vlačne nosivosti stupnjaka potrebno je napraviti probno polje, ako je tako definirano projektom. Tehničko rješenje i procedure ispitivanja moraju biti određene geotehničkim projektom.

Potrebno je ispitati i prijanjanje ankera u stupnjaku. Tehničko rješenje i procedure ispitivanja moraju biti određene geotehničkim projektom. Ispitivanje će se provesti istodobno na probnom polju za ispitivanje vlačne nosivosti stupnjaka.

Način mjerenja i obračuna radova

Radovi na izvedbi zaštite od uzgona metodom mlaznog injektiranja se mjere i obračunavaju prema poglavlju 4-05.6.2. Mlazno injektiranje.

Rad na izvedbi ankera mlazno-injektiranih stupnjaka se mjeri i obračunava prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi.

Radovi na probnom polju se mjere i obračunavaju zasebno, prema troškovniku u projektu. U njega je uključena izvedba probnih stupnjaka s ankerima i radovi kontrole kvalitete prema projektu.

4-09. RADOVI NA STABILIZACIJI KOSINA

4-09.1. STABILIZACIJA KOSINA U TLU

Opis rada

Ovaj rad obuhvaća stabilizaciju prirodnih kosina u tlu ili inženjerskih kosina u tlu. Poglavljem je obuhvaćen široki raspon uvjeta duž prometnica za koje se provode radovi stabilizacije kosina:

- stabilizacija kosina prilikom iskopa zasjeka ili usjeka u tlu
- stabilizacija kosina nasutih građevina
- sanacija potencijalnog klizanja prirodnih kosina u tlu
- sanacija aktivnih klizanja prirodnih kosina u tlu.

Metode stabilizacije kosina u tlu obuhvaćaju stabilizaciju kosina prednapetim sidrima (poglavlje 4-09.1.1), čavlima (poglavlje 4-09.1.2), mikropilotima (poglavlje 4-09.1.3) te pilotima (poglavlje 4-09.1.4) ili kombinaciju navedenih metoda. Osim toga, za stabilizaciju kosina nasutih građevina se koriste i geomreže čiji su tehnički uvjeti izvedbe obuhvaćeni poglavljem 4-10. Radovi na ojačanju nasutih građevina geomrežama.

Za stabilizaciju kosina se često koriste i potporni zidovi. Razlozi primjene potpornih zidova umjesto, ili u kombinaciji s, metodama danih u ovom poglavlju su uobičajeno prostorno ograničenje za implementaciju ovdje danih metoda, imovinsko-pravni razlozi zadržavanja tehničkog rješenja unutar granica čestice u vlasništvu investitora, potencijalna ekonomičnost potpornih zidova kod manjih nestabilnosti, ali u nekim slučajevima i tradicija izvođenja potpornih zidova naspram metoda danih u ovom poglavlju. Radovi na izvedbi potpornih zidova su dani Knjigom VI – Potporni i obložni zidovi.

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

-

Uvjet kvalitete

-

Način mjerenja i obračuna radova

-

4-09.1.1. STABILIZACIJA KOSINA PREDNAPETIM SIDRIMA

Opis rada

Rad podrazumijeva izvedbu prednapetih sidara kao mjere osiguranja stabilnosti kosina u tlu, te obuhvaća bušenje kosih bušotina, umetanje vlačnog elementa visokokvalitetnog čelika sidra, injektiranje dijela sidra (sidrišna dionica), prednapinjanje i zaklinjenje sidra sa zaštitom glave sidra, kao i izvedbu sidrene konstrukcije na pokosu.

Prednapeta sidra se mogu izvoditi u kombinaciji s vertikalnim elementima za potrebe zaštite građevnih jama, kako je dano u poglavlju 4-07. Radovi na zaštiti građevnih jama. Osim toga, prednapeta sidra se mogu primijeniti i za zaštitu od uzgona, kako je dano u poglavlju 4-08. Radovi na zaštiti od djelovanja podzemne vode.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-21. Proizvodi za geotehnička sidrenja

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.7. Smjesa za injektiranje

Za monolitno izvedenu sidrenu konstrukciju –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-8.1 Običan beton

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1 Čelik za armiranje

Za predgotovljenu sidrenu konstrukciju –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-9.1. Konstrukcijski predgotovljeni elementi

Zahtjev izvođenja rada

Prednapeta sidra se izvode prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537 (Sidra u tlu i stijeni).

Radovi na izvedbi prednapetih sidara se odvijaju sljedećim redoslijedom:

- pripremni radovi (radionička izrada sidara)
- bušenje
- ugradnja sidara
- injektiranje sidrišne dionice
- izvedba sidrišne konstrukcije na pokosu
- prednapinjanje sidara
- zaklinjenje sidara
- zaštita glave sidra.

Bušenje sidara

Promjer bušotina je u skladu s projektom (uobičajeno iznosi 150 – 200 mm). Prije i tijekom bušenja treba punu pažnju obratiti pripremi u cilju da se dobije što kvalitetnija bušotina, tj. da se održi zadani nagib sukladno projektu (uobičajeno 10° – 20° od horizontale) i promjer bušotine. Za provođenje kvalitetnog bušenja potrebno je:

- osigurati kvalitetnu podlogu (izvedba radnog platoa ili radne skele) s dovoljnim radnim prostorom za bušaču garnituru
- tehniku bušenja i tip bušaće glave prilagoditi sastavu i svojstvima tla u smislu pritiska na bušaću glavu, brzine okretanja, iznošenja nabušenog materijala.

Bušenju se može pristupiti tek kad je izvršena provjera da je bušači 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 podaci o načinu bušenja, sastavu tla, te svim ostalim važnim podacima koji su značajni za bušenje.

Umetanje vlačnog elementa

Čelični elementi se zatim ulažu u prethodno izvedene bušotine. Prednapeta sidra sastoje od čelične užadi građene od visokokvalitetnog čelika, dok je broj užadi koje čine sidro, kao i njihova duljina, određen geotehničkim projektom.

Vlačni element sidra se „oblači” u korugiranu PVC cijev. Slobodna dionica sidra još se „oblači” i u alkatensku cijev ili neku drugu vrstu zaštite odgovarajućeg promjera, sukladno projektu ili uputama proizvođača. Krajevi spoja alkatenske cijevi i

sidra trebaju biti kvalitetno povezani samoljepljivom trakom kako injekcijska smjesa ne bi pri popunjavanju ulazila u slobodnu dionicu sidra.

Radi osiguranja centričnog položaja čeličnog elementa u bušotini koriste se distanceri postavljeni na određenim dijelovima čeličnog elementa, sukladno projektu ili uputama proizvođača.

Po završetku ugradnje vlačnog elementa, pristupa se injektiranju bušotine od dna prema ušću bušotine, pri čemu je prethodno potrebno ugraditi paker (brtvu) koji će tijekom injektiranja označiti prijelaz iz sidrišne (injektirane) dionice u slobodnu (neinjektiranu) dionicu.

Injektiranje

Za provođenje uspješnog injektiranja potrebno je dobro pročistiti bušotinu, odabrati odgovarajuću smjesu za injektiranje sukladno projektu, 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. Količina superplastifikatora i aditiva za bujanje treba biti definirana projektom.

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

- injektor s mogućnošću neprekidnog rada kapaciteta od minimalno 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 maksimalno 20 bara).

Izvedba sidrene konstrukcije

Za ravnomjerni prijenos opterećenja s prednapetih sidara na površinu pokosa, projektom mora biti definiran tip izvedbe sidrene konstrukcije.

Radovi na monolitnoj izvedbi sidrene konstrukcije se sastoje od ugradnje armature pri čemu se na mjestu prodora sidara ugrade uvodna kućišta od PVC cijevi, koja se pričvršćuju za armaturni koš sukladno projektu, izvedbi oplata i betoniranju, sve prema projektu. Tehnički uvjeti izvedbe armiranobetonske sidrene grede su prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje za radove na betoniranju, prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi za radove na armiranju, prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate za radove na izvedbi oplata.

Ako se ugrađuju predgotovljeni elementi, nakon dopreme pozicionira ih se na lokacijama predviđenim projektom.

Sidrena konstrukcija se može sastojati od:

- sidrenih blokova (kvadratni, kružni ili zvjezdasti predgotovljeni ili monolitno izvedeni armiranobetonski elementi) pri čemu glava sidra (sustav navoj + matica + podložna ploča) može biti uklopljena u blok za sidrenje ili izvučena na površinu bloka, što mora biti definirano projektom. U slučaju da se izvode predgotovljeni blokovi oni moraju biti ugrađeni na izravnatu površinu od izravnavajućeg betona debljine minimalno 10 cm. Dimenzije i raspored blokova mora biti definiran projektom.
- sidrene vertikalne, horizontalne ili kose grede kod kojih raspored i nagib mora biti definiran projektom, a izvode se monolitno. Dimenzije se određuju projektom, pri čemu su uobičajeno u slučaju „uklopljene” glave minimalnih dimenzija, š/v = 80/80 cm, a ako je glava „izvučena” na površinu onda su uobičajeno minimalnih dimenzija š/v = 40/40 cm. Grede koje se izvode na licu mjesta treba ukopati prema projektu, ali minimalno 10 cm u kosinu.
- sidreni roštilji kao mreža vertikalnih i horizontalnih greda, dimenzija i rastera prema projektu, pri čemu se sidra ugrađuju u „čvorišta” roštilja. Vertikalne i horizontalne grede roštilja izrađuju se na pripremljenu podlogu iz izravnavajućeg betona. Ako je projektom predviđeno, međuprostor između greda se ispunja mlaznim betonom sukladno poglavlju 4-09.2.2. Stabilizacija kosina mlaznim betonom.

Osim navedenih vrsta sidrene konstrukcije, moguća je i izvedba ispunjenog sidrenog roštilja gdje se kao ispuna koristi složeni kamen koji se polaže u drenažni beton. Dimenzije i vrsta ispune moraju biti definirani projektom, a ispuna se izvodi nakon izvedbe samog roštilja, u minimalnoj ukupnoj debljini od 80 cm. Radovi na ugradnji kamene ispune su u skladu s uvjetima izvedbe danim u poglavlju 6-04. Kameni potporni zidovi.

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 geotehničkom projektu). Prednapinjanju sidra može se pristupiti najmanje 7 dana nakon injektiranja sidrišne dionice, odnosno više ako je tako definirano projektom, nakon čega slijedi završno uređenje glave (podložna pločica, navoj, spojna matica) sidra.

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

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

Uvjet kvalitete

Sastav injekcijske smjese određuje se laboratorijskim ispitivanjima (prethodna, tekuća i kontrolna ispitivanja) sve u skladu s Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-8.7. Smjesa za injektiranje te sukladno HRN EN 445, HRN EN 447 i HRN EN 12390 i projektnim zahtjevima.

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 podaci: situacija i oznake bušotine na kojima je izvedeno injektiranje
- podaci za pojedinu bušotinu
- dužina bušotine
- dužina sidrišne dionice
- utrošak injekcijske smjese (težina suhe tvari)
- završni injekcijski tlak
- vrijeme početka i završetka injektiranja.

Užad mora biti pocinčana postupkom vrućeg pocinčavanja u skladu sa zahtjevima normi HRN EN ISO 1461 i HRN EN ISO 14713-2.

Ostali čelični elementi (podložna pločica, navoj, spojna matica) mogu imati zaštitu od korozije prevlakama koje su električno neutralne prema čeliku (ne smiju se koristiti druge tehnologije pocinčavanja), osim ako nije drugačije zahtijevano projektom.

Prednapeta sidra se ispituju prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537 te normi HRN EN ISO 22477-5.

Pri tome se razlikuju kontrolna ispitivanja prikladnosti (tzv. *suitability*) čiji se broj određuje u projektu (uobičajeno 2 % svih ugrađenih sidara) te ispitivanja prihvatljivosti (tzv. *acceptance*) koja se provode na svim ostalim ugrađenim prednapetim sidrima.

Na početku prednapinjanja potrebno je zabilježiti slijedeće 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 pokosa.

Praćenje pomaka pokosa osiguranog prednapetim sidrima mora biti provedeno geodetskim praćenjem ili ugradnjom geotehničkih instrumenata (inklinometri, deformetri) za monitoring.

Sila u prednapetom sidru se mora mjeriti ugradnjom mjerne ćelije.

Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi prednapetih sidara se mjeri u metrima dužnim izvedenog sidra prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi prednapetih sidara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje bušotine projektiranog promjera s utovarom, odvozom i deponiranjem nabušenog materijala te nabavu dopremu i ugradnju čeličnog elementa i injekcijske smjese. U jediničnu cijenu je uključena i priprema sidara s vodilicama te ugradnja s potrebnim priborom za doinjektiranje, kao i nabava, dovoz i ugradnja svog pomoćnog pribora (sidrene pločice, podložne pločice, matice, spojevi, distanceri), kao i zaštitne čelične kape. U jediničnu cijenu su uključeni i nabava, dovoz i ugradnja superplastifikatora i aditiva za bubrenje smjese, kao i prethodna i tekuća ispitivanja injekcijske smjese.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi sidara, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz i ugradnja materijala radne skele te njezino naknadno uklanjanje i odvoz nakon radova na izvedbi sidara, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz i ugradnja antikorozivne zaštite sa svim potrebnim radovima, sukladno danom u uvjetima kvalitete, ako je predviđeno projektom.

Rad na ispitivanju prikladnosti i prihvatljivosti sidara se mjeri u broju ispitanih sidara.

Rad na ispitivanju prikladnosti i prihvatljivosti sidara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje sve radove potrebne za pripremu ispitivanja, dopremu, montaže, demontaže i odvoz opreme, sav potrebni materijal i rad na ispitivanju s izradom izvještaja. U jediničnu cijenu je uključeno i prednapinjanje sidra na konačnu, projektom definiranu, silu prednapinjanja.

Armirački radovi sidrene konstrukcije se mjere i obračunavaju prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i spajanje cijevi za prodor sidara kroz sidrenu konstrukciju, ako je predviđeno projektom.

Rad na izradi oplata sidrene konstrukcije se mjeri i obračunava prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate.

Betonski radovi na izradi sidrene konstrukcije se mjere i obračunavaju prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje.

Radovi na ugradnji kamene ispune se mjere i obračunavaju prema poglavlju 6-04. Kameni potporni zidovi.

Rad na izvedbi predgotovljenih sidrenih blokova se mjeri po broju ugrađenih sidrenih blokova.

Rad na izvedbi predgotovljenih sidrenih blokova se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju predgotovljenih sidrenih blokova.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-09.1.2. STABILIZACIJA KOSINA ČAVLIMA

Opis rada

Rad podrazumijeva bušenje kosih bušotina u tlu, umetanje vlačnog elementa čelika sidra, injektiranje sidra cijelom duljinom i uređenje glave sidra. Određena vrsta čavala se može ugraditi i zabijanjem ili pneumatskim nabijanjem.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-21. Proizvodi za geotehnička sidrenja

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.7. Smjesa za injektiranje

Za monolitno izvedenu sidrenu konstrukciju –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-8.1 Običan beton

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1 Čelik za armiranje

Za predgotovljenu sidrenu konstrukciju –

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-9.1. Konstrukcijski predgotovljeni elementi

Zahtjev izvođenja rada

Čavlano tlo se izvodi prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 14490 (Čavlano tlo).

Radovi na izvedbi čavlanog tla bušenjem se odvijaju sljedećim redoslijedom:

- pripremni radovi
- bušenje
- ugradnja sidara
- injektiranje sidra
- izvedba sidrene konstrukcije
- izvedba glave sidra.

Pripremni radovi

Pod pripremnim radovima se podrazumijeva priprema pokosa kosine koje će se stabilizirati čavlanim tlom, na način da se ukloni sva vegetacija, nestabilni dijelovi i da se izvrši reprofiliiranje pokosa na projektom definirani nagib.

Vrijeme između reprofiliiranja pokosa i ugradnje sustava čavlanog tla mora biti svedeno na minimum da bi se minimizirao rizik sloma kosine.

Bušenje sidara

Promjer bušotina je u skladu s projektom (uobičajeno iznosi 80 – 150 mm). Prije i tijekom bušenja treba punu pažnju obratiti pripremi u cilju da se dobije što kvalitetnija bušotina, tj. da se održi zadani nagib sukladno projektu (uobičajeno 10° – 20° od horizontale) i promjer bušotine. Za provođenje kvalitetnog bušenja potrebno je:

- osigurati kvalitetnu podlogu (izvedba radnog plata ili radne skele) s dovoljnim radnim prostorom za bušaču garnituru

- tehniku bušenja i tip bušaće glave prilagoditi sastavu i svojstvima tla u smislu pritiska na bušaću glavu, brzine okretanja, iznošenja nabušenog materijala.

Bušenju se može pristupiti tek kad je izvršena provjera da je bušaći stroj pravilno centriran i usmjeren kroz uvodnu cijev. Bušenje se izvodi rotacionom ili rotaciono-udarnom bušilicom uz zaštitu obložnom kolonom.

O bušenju svake bušotine treba voditi zapisnik u kojem se navode podaci o načinu bušenja, sastavu tla te svim ostalim važnim podacima koji su značajni za bušenje.

Umetanje vlačnog elementa

Čelični elementi se zatim ulažu u prethodno izvedene bušotine. Čavli se sastoji od klasičnog građevinskog čelika (rebrastih armaturnih šipki) te je promjer čeličnog elementa, promjer bušotine, njihov razmak i duljina određen projektom.

Radi osiguranja centričnog položaja čeličnog elementa u bušotini koriste se distanceri postavljeni na određenim dijelovima čeličnog elementa, sukladno projektu ili uputama proizvođača.

Po završetku ugradnje vlačnog elementa, pristupa se injektiranju bušotine od dna prema ušću bušotine.

Injektiranje

Za provođenje uspješnog injektiranja potrebno je dobro pročitati 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. Količina superplastifikatora i aditiva za bujanje treba biti definirana projektom. Uobičajeno, najveća vrijednost v/c faktora je do 0,55.

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

- injektor s mogućnošću neprekidnog rada kapaciteta od minimalno 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 maksimalno 20 bara).

Izvedba sidrene konstrukcije

Izvedba sidrene konstrukcije u svemu prema danom u poglavlju 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima.

Završni radovi

Nakon što su čavli ugrađeni i zapunjeni injekcijskom smjesom, potrebno ih je ispitati, te izvesti glavu čavla (navoj + matica + podložna ploča) uz postavljenje čelične kape za zaštitu glave čavla od djelovanja korozije.

Dodatna zaštita pokosa

Pokos čavlanog tla, nakon izvedbe čavala prema navedenom, se dodatno štiti nosivim čeličnim mrežama, gdje su radovi u svemu prema danom u poglavlju 4-09.2.3. Stabilizacija kosina nosivim mrežama.

Uvjet kvalitete

Sastav injekcijske smjese određuje se laboratorijskim ispitivanjima (prethodna, tekuća i kontrolna ispitivanja) sve u skladu s Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-8.7. Smjesa za injektiranje te sukladno HRN EN 445, HRN EN 447 i HRN EN 12390 i projektnim zahtjevima.

Prilikom izvedbe injekcijskih radova potrebno je stalno nadzirati i kontrolirati radove, jer je to izuzetno važan zahvat o kojem ovisi kvaliteta čavla. Istovremeno s izvedbom radova, izvođač sastavlja radni izvještaj o injektiranju kako slijedi:

- općeniti podaci: situacija i oznake bušotine na kojima je izvedeno injektiranje

- podaci za pojedinu bušotinu:
 - dužina bušotine
 - utrošak injekcijske smjese (težina suhe tvari)
 - završni injekcijski tlak
 - vrijeme početka i završetka injektiranja.

Čavli moraju biti pocinčani postupkom vrućeg pocinčavanja u skladu sa zahtjevima normi HRN EN ISO 1461 i HRN EN ISO 14713-2.

Ostali čelični elementi (podložna pločica, navoj, spojna matica) mogu imati zaštitu od korozije prevlakama koje su električno neutralne prema čeliku (ne smiju se koristiti druge tehnologije pocinčavanja), osim ako nije drugačije zahtijevano projektom.

Čavli se ispituju prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 14490.

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

Sila u čavlu se mora mjeriti ugradnjom mjerne ćelije.

Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi čavala se mjeri u metrima dužnim izvedenih čavala prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi čavala se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje bušotine projektiranog promjera s utovarom, odvozom i deponiranjem nabušenog materijala te nabavu dopremu i ugradnju čeličnog elementa i injekcijske smjese. Pomoćni materijal, kao što su sidrene pločice, podložne pločice, matice, spojevi, ne obračunavaju se zasebno za plaćanje, već su sadržane u jediničnoj cijeni. U jediničnu cijenu je uključena i nabava, dovoz i ugradnja zaštitne kape. U jediničnu cijenu su uključena i prethodna i tekuća ispitivanja injekcijske smjese.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi čavala, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz i ugradnja materijala radne skele te njezino naknadno uklanjanje i odvoz nakon radova na izvedbi čavala, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz i ugradnja antikorozivne zaštite sa svim potrebnim radovima, sukladno danom u uvjetima kvalitete, ako je predviđeno projektom.

Rad na ispitivanju prikladnosti i prihvatljivosti čavala se mjeri u broju ispitanih sidara.

Rad na ispitivanju prikladnosti i prihvatljivosti čavala se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje sve radove potrebne za pripremu ispitivanja, dopremu, montaže, demontaže i odvoz opreme, sav potrebni materijal i rad na ispitivanju s izradom izvještaja.

Rad na izvedbi sidrene konstrukcije se mjeri i obračunava prema poglavlju 4.09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-09.1.3. STABILIZACIJA KOSINA MIKROPILOTIMA

Opis rada

Opis rada je prema poglavlju 4-06.2.3. Mikropiloti.

Osim kao metoda stabilizacija kosina, mikropiloti se mogu koristiti kao sustav temeljenja (poglavlje 4-06.2.3.) ili kao mjera zaštite od uzgona (poglavlje 4-08.2.2.).

Reference na materijale

Poglavlje 4-06.2.3. Mikropiloti

Zahtjev izvođenja rada

Zahtjevi za izvođenje radova su u svemu prema poglavlju 4-06.2.3. Mikropiloti.

S obzirom da se mikropiloti često izvode na strmim terenima, vrlo važan aspekt predstavlja izvedba adekvatnog radnog platoa, prema dimenzijama strojeva i opreme koji će se koristiti pri izvedbi. Radni plato treba nasuti graduiranim drobljenim kamenim materijalom preporučene granulometrije 0 – 63 mm i zbiti u okvirnoj debljini od 50 cm do pune visine radnog platoa, osim ako drugačije nije definirano projektom. Zbijenost podloge mora biti takva da omogućava nesmetano kretanje predviđene mehanizacije neovisno o vremenskim prilikama (uobičajeno $M_s \geq 40$ MPa). Radni plato se treba planirati i izvesti tako da je za cijelo vrijeme radova osigurana dobra odvodnja.

Da bi se ostvario spregnuti učinak ojačanja ugrađenih mikropilota, izvodi se naglavna greda. Glavna predradnja za izradu naglavne grede je odbijanje nekvalitetne injekcijske smjese, odnosno uređenje gornjeg ruba injekcijske smjese na projektiranu kotu.

Tehnički uvjeti izvedbe armiranobetonske naglavne grede su u prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje za radove na betoniranju, prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi za radove na armiranju te prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate za radove na izvedbi oplate.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-06.2.3. Mikropiloti

Praćenje pomaka kosina stabiliziranih mikropilotima može biti provedeno geodetskim praćenjem ili ugradnjom geotehničkih instrumenata (inklinometri, deformetri) za monitoring. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Mikropiloti za stabilizaciju kosina se mjere i obračunavaju prema poglavlju 4-06.2.3. Mikropiloti.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na mikropilotima, osim kada je to drugačije definirano ugovorom.

Armirački radovi naglavne grede su prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi.

Rad na izradi oplate naglavne grede su prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate.

Betonski radovi naglavne grede su prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-09.1.4. STABILIZACIJA KOSINA PILOTIMA**Opis rada**

Opis rada je prema poglavlju 4-07.2. Pilotne stijene.

Ovaj rad obuhvaća izvedbu pilota koji se ugrađuju u područje klizanja kao kruto ojačanje za stabilizaciju daljnjih pomaka.

Osim kao metoda stabilizacija kosina, piloti se mogu koristiti kao sustav temeljenja (poglavlje 4-06.2.) ili kao mjera zaštite građevnih jama (poglavlje 4-07.2.).

Reference na materijale

Poglavlje 4-07.2. Pilotne stijene.

Zahtjev izvođenja rada

Zahtjevi za izvođenje radova su u svemu prema poglavlju 4-07.2. Pilotne stijene.

S obzirom da se piloti često izvode na strmim terenima, vrlo važan aspekt predstavlja izvedba adekvatnog radnog platoa, prema dimenzijama strojeva i opreme koji će se koristiti pri izvedbi. Radni plato treba nasuti graduiranim drobljenim kamenim materijalom preporučene granulometrije 0 – 63 mm i zbiti u okvirnoj debljini od 50 cm do pune visine radnog platoa, osim ako drugačije nije definirano projektom. Zbijenost podloge mora biti takva da omogućava nesmetano kretanje predviđene mehanizacije neovisno o vremenskim prilikama (uobičajeno $M_s \geq 40$ MPa). Radni plato se treba planirati i izvesti tako da je za cijelo vrijeme radova osigurana dobra odvodnja.

Kako bi se ostvario spregnuti učinak ojačanja ugrađenih pilota izvodi se naglavna greda. Glavna predradnja za izradu naglavne grede je odbijanje nekvalitetne injekcijske smjese, odnosno uređenje gornjeg ruba injekcijske smjese na projektiranu kotu.

Tehnički uvjeti izvedbe armiranobetonske naglavne grede su u prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje za radove na betoniranju, prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi za radove na armiranju te prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate za radove na izvedbi oplate.

Uvjet kvalitete

Poglavlje 4-07.2. Pilotne stijene

Praćenje pomaka kosina stabiliziranih pilotima može biti provedeno geodetskim praćenjem ili ugradnjom geotehničkih instrumenata (inklinometri, deformetri) za monitoring. Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

Način mjerenja i obračuna radova

Piloti za stabilizaciju kosina se mjere i obračunavaju prema poglavlju 4-07.2. Pilotne stijene.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na pilotima, osim kada je to drugačije definirano ugovorom

Armirački radovi naglavne grede su prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi.

Rad na izradi oplate naglavne grede su prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-13.3. Oplate.

Betonski radovi naglavne grede su prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-06. Ugradnja i zbijanje.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-09.2. STABILIZACIJA KOSINA U STIJENI

Opis rada

Ovaj rad obuhvaća stabilizaciju prirodnih kosina u stijeni ili inženjerskih kosina u stijeni. Poglavljem je obuhvaćen široki raspon uvjeta duž prometnica za koje se provode radovi stabilizacije kosina:

- stabilizacija kosina prilikom iskopa zasjeka ili usjeka u stijeni
- sanacija potencijalnih nestabilnosti prirodnih stijenskih kosina, uključivo pasivnu zaštitu protiv stijenskih odrona
- sanacija aktivnih nestabilnosti prirodnih stijenskih kosina.

Metode stabilizacije kosina u stijeni obuhvaćaju stabilizaciju stijenskim sidrima (poglavlje 4-09.2.1), mlaznim betonom (poglavlje 4-09.2.2) te nosivim mrežama (poglavlje 4-09.2.3) ili kombinaciju navedenih metoda. Osim toga daju se i tehnički uvjeti izvedbe barijera protiv stijenskih odrona (poglavlje 4-09.2.4).

Reference na materijale

-

Zahtjev izvođenja rada

-

Uvjet kvalitete

-

Način mjerenja i obračuna radova

-

4-09.2.1. STABILIZACIJA KOSINA STIJENSKIM SIDRIMA

Opis rada

Rad podrazumijeva izvedbu sidara u stijeni i to bušenjem kosih bušotina u stijeni, umetanjem vlačnog elementa čelika sidra, injektiranjem sidra cijelom duljinom i uređenjem glave sidra.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-21. Proizvodi za geotehnička sidrenja

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.7. Smjesa za injektiranje

Zahtjev izvođenja rada

Injektirana stijenska sidra

Promjer bušotine mora biti dan projektom. Uobičajeno je promjer bušotine minimalno 10 mm veći od promjera čeličnog elementa sidra.

Kod izvedbe stijenskih sidara, za razliku od radova bušenja u tlu, nije potrebna primjena zaštitne kolone tijekom bušenja.

Nakon bušenja je potrebno bušotine očistiti od svih ostataka bušenja, mulja i otpadaka. Ugradnja stijenskog sidra slijedi u roku od 3 sata nakon bušenja i pripreme bušotine.

Dva su načina izvedbe stijenskog sidra bušenjem i injektiranjem:

- Kod SN tipa stijenskog sidra, prije postavljanja štapnog sidra, cijelu bušotinu ispuniti injekcijskom smjesom na način da se cijev za injektiranje postavi u punu dubinu bušotine i povlači kako se masa bude utiskivala. Saprnicu 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 sidara priteže se najmanje 7 dana nakon ugradnje sidra da se postigne dovoljna čvrstoća smjese, osim ako drugačije nije projektom definirano. Pritezanje matice radi se s umjerenim (baždarenim) priteznim 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 sidara dopušta se spajanje. Broj spojeva treba biti što manji.

- Kod PG sidra vrijede sve odredbe prethodno navedene osim što se zalijevanje injekcijskom smjesom 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.

Osim standardnog građevinskog čelika, kao vlačni element sidra se može ugraditi i čelična užad od visokokvalitetnog čelika, kao što je opisano u poglavlju 4-09.1.1. Stabilizacija kosina prednapetim sidrima.

Ako postoji opasnost od urušavanja bušotine tijekom radova, moguća je primjena injektiranih samobušivih stijenskih sidara, što mora biti definirano projektom.

Tijelo samobušivih sidara čini čelična cijev s vanjskim oblikom navojem koja na jednom kraju ima bušaču krunu, a na drugom odgovarajuću maticu s podložnom pločom. Samobušiva stijenska sidra se moraju nastavljati (produljivati) spojnicama s unutarnjim navojem.

Samobušiva sidra se postavljaju bušenjem šipke u tlo bez njenog povlačenja. Nakon ugradnje sidra do duljine predviđene projektom slijedi injektiranje sidra kroz rupicu koja se nalazi u središtu čeličnog elementa te se injektiranje vrši od dna bušotine prema njezinom ušću. Injekcijska smjesa, pritisak pri injektiranju i količinu određuje izvođač prema uvjetima stijene na koje naiđe i u skladu s uputama proizvođača sidra. Postupak ugradnje odobrava nadzorni inženjer.

Samobušiva 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 glave sidra (sklopa tijelo + matica + podložna ploča), kao i za spojnice za nastavljavanje (produljivanje) sidra.

Mehanički usidrena stijenska sidra

Nakon izvedbe bušotine na način opisan za injektirana sidra, u nju se ugrađuje sidro s ekspanzijskom glavom koja se konusno širi rotacijom sidra pri čemu dolazi do utiskivanja elementa glave u zidove bušotine.

Za uvjete trajnih konstrukcija nužna je primjena naknadnog injektiranja bušotine.

Trenjem usidrena stijenska sidra

U praksi su u uporabi dva tipa ovakvih sidara i to *Split Set* i *Swelllex*.

I u jednom i drugom sustavu sidro se sastoji od čelične cijevi koja se mehaničkim (*Split Set*) ili hidrauličkim putem (*Swelllex*) širi sve dok stijenske cijevi ne dostignu kontakt sa zidovima bušotine.

Za oba tipa trenjem usidrenih stijenskih sidara bušotine se izvode na način opisan za injektirana sidra te se sidreni elementi ugrađuju najkasnije dva sata nakon izvođenja bušotine.

Ugradnja *Split Set* sidra izvodi se mehaničkim utiskivanjem sidra u bušotinu, pri čemu je promjer cijevi sidra veći od promjera bušotine. Ako se koristi kao trajno sidro, potrebna je njegova antikorozivna zaštita, prema zahtjevima projekta.

Ugradnja *Swelllex* sidra izvodi se proširivanjem ugrađene cijevi hidrauličkim pritiskom unutar cijevi, pri čemu se cijev skraćuje. Ako se koristi kao trajno sidro, potrebna je njegova antikorozivna zaštita. Postavljanje i napuhavanje *Swelllex* sidara izvodi se prema proizvođačevim preporukama. Za napuhavanje *Swelllex* sidara koristiti opremu koju preporuči proizvođač sidara. *Swelllex* sidra se nakon napuhavanja dreniraju.

Kod svih stijenskih sidara 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.

Završni radovi

Nakon što su stijenska sidra izvedena, potrebno ih je ispitati, te izvesti glavu sidra uz postavljenje čelične kape za zaštitu glave sidra od djelovanja korozije.

Izvođač treba nadzornom inženjeru dostaviti na odobrenje dokaz nosivosti sklopa šipka s navojem + matica + podložna ploča.

Dodatna zaštita pokosa

Pokos, nakon izvedbe stijenskih sidara prema navedenom, se dodatno štiti, najčešće primjenom mlaznog betona (radovi su u svemu prema danom u poglavlju 4-09.2.2. Stabilizacija kosina mlaznim betonom) ili nosivom čeličnom mrežom (radovi su u svemu prema danom u poglavlju 4-09.2.3. Stabilizacija kosina nosivim mrežama).

Uvjet kvalitete

Ispitivanja injekcijske smjese te kontrola radova injektiranja su u skladu s poglavljem 4-09.1.2. Stabilizacija kosina čavlima.

Čelični element stijenskog sidra mora biti pocinčan postupkom vrućeg pocinčavanja u skladu sa zahtjevima normi HRN EN ISO 1461 i HRN EN ISO 14713-2.

Ostali čelični elementi (podložna pločica, navoj, spojna matica) mogu imati zaštitu od korozije prevlakama koje su električno neutralne prema čeliku (ne smiju se koristiti druge tehnologije pocinčavanja), osim ako nije drugačije zahtijevano projektom.

Stijenska sidra se ispituju prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 1537 te normi HRN EN ISO 22477-5.

Praćenje pomaka pokosa osiguranog stijenskim sidrima mora biti provedeno geodetskim praćenjem ili ugradnjom geotehničkih instrumenata (inklinometri, deformetri) za monitoring.

Sila u stijenskom sidru se mora mjeriti ugradnjom mjerne ćelije.

Rad na ugradnji opreme, mjerenju i opažanju se provodi u svemu prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja ovih OTU-a.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi stijenskih sidara se mjeri u metrima dužnim izvedenih stijenskih sidara prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi stijenskih sidara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje bušotine projektiranog promjera s utovarom, odvozom i deponiranjem nabušenog materijala te nabavu dopremu i ugradnju čeličnog elementa i injekcijske smjese. Pomoćni materijal, kao što su sidrene pločice, podložne pločice, matice, spojevi, ne obračunavaju se zasebno za plaćanje, već su sadržane u jediničnoj cijeni. U jediničnu cijenu je uključena i nabava, dovoz i ugradnja zaštitne kape. U jediničnu cijenu su uključena i prethodna i tekuća ispitivanja injekcijske smjese.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi stijenskih sidara, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz i ugradnja materijala radne skele te njezino naknadno uklanjanje i odvoz nakon radova na izvedbi stijenskih sidara, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz i ugradnja antikorozivne zaštite sa svim potrebnim radovima, sukladno danom u uvjetima kvalitete, ako je predviđeno projektom.

Rad na ispitivanju prikladnosti i prihvatljivosti stijenskih sidara se mjeri u broju ispitanih sidara.

Rad na ispitivanju prikladnosti i prihvatljivosti stijenskih sidara se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje sve radove potrebne za pripremu ispitivanja, dopremu, montaže, demontaže i odvoz opreme, sav potrebni materijal i rad na ispitivanju s izradom izvještaja.

Rad na monitoringu i opažanju se mjeri i obračunava prema poglavlju 4-04. Radovi monitoringa i opažanja.

4-09.2.2. STABILIZACIJA KOSINA MLAZNIM BETONOM

Opis rada

Rad obuhvaća ugradnju mlaznog betona prskanjem na stijensku kosinu podložnu površinskoj eroziji od djelovanja klimatskih ili mehaničkih utjecaja, odnosno gdje su stijene podložne jačem raspadanju te gdje postoje proslojci gline ili glinena gnijezda.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.4. Mlazni beton (za neojačani mlazni beton)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.5. Mlazni beton ojačan vlaknima (za ojačani mlazni beton)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje (za armaturne mreže)

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12.5. Plastične drenažne cijevi (za procjednice)

Zahtjev izvođenja rada

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 izdanim od EFNARC-a (*European Federation of Producers of Specialist Products for Structures*).

Ova zaštita se primjenjuje na površinama predviđenim projektom ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

Prije početka izrade ove zaštite, stijenski pokosi se uređuju prema projektu ili zahtjevu nadzornog inženjera, pri čemu se uklanjaju svi labilni dijelovi, moguće grube neravnine i prašina. Prije nanošenja je potrebno prethodno vlaženje površine, osim ako projektom nije specificirano drugačije.

Mlazni beton se može izvoditi s armaturnom mrežom ili bez nje. Navedeno mora biti definirano geotehničkim projektom.

Ako se izvodi armaturna mreža, prvi korak obuhvaća učvršćenje mreže za pokos pomoću sidrenih žica, koje se ugrađuju u zdravu stijenu u prethodno izbušene rupe, rastera i dubine predviđene projektom. U te rupe postavljaju se sidrene žice tako da oba kraja vire van, a žica se učvršćuje cementnim mortom na bazi brzovezujućeg cementa. Žice su čelične, promjera prema projektu (uobičajeno 2 mm) i potrebne čvrstoće prema projektu.

Armaturne mreže su obično pocinčane, međutim mogu se primjenjivati i nepocinčane mreže, ali samo ako nisu korodirane. Nužnost antikorozivne zaštite mora biti definirana projektom.

Na pripremljenu podlogu ugrađuje se, pomoću stroja, odgovarajući mlazni beton potrebne debljine prema projektu. Jedan sloj mlaznog betona se može izvesti u više prolaza, pri čemu je najmanja debljina koja se može izvesti u jednom prolazu oko 3 cm, dok je tražena ukupna debljina sloja prema projektu, ali uobičajeno ne bi trebala biti veća od 15 cm.

Ako projekt definira da debljina sloja 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.

Mlazni beton mora imati odgovarajuću konzistenciju definiranu projektom.

Ugradnja mlaznog betona će započeti od dna pokosa i nastaviti se prema gore da se izbjegne prskanje po odskoku.

Smjer mlaznice općenito će se održavati okomito prema površini, a brzina i udaljenost prskanja bit će optimalna za maksimalno prijanjanje i nabijanje mlaznog betona. Optimalna udaljenost između mlaznice i površine ugradbe je od 1,0 do 1,3 metra. Mlaznica se postavlja pod pravim kutom na površinu. Uobičajeno se koriste najmanje dvije mlaznice.

Dva su moguća postupka izvedbe mlaznog betona na pokosu:

- Suhi postupak izvedbe – Mlazni beton se ne ugrađuje ako 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 dodaci za ubrzanje vezivanja dodaju se suhoj mješavini, sukladno projektnim zahtjevima. Praškasti dodaci 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 oboje, ovisno o temperaturi. Tijekom razdoblja toplog vremena, sadržaj vode u agregatima za suhi postupak održava se iznad 4 %.
- Mokri postupak 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 takova da se osigura homogeno miješanje ubrzivača s mokrom mješavinom.

Projekt mora definirati izvode li se radovi suhim ili mokrim postupkom.

Ako je projektom definirano, mlazni beton se može izvoditi kao mikroarmirani, pri čemu količina mikroarmiranih vlakana mora biti definirana projektom.

Po potrebi se, ako rad na visini to zahtijeva, izvodi radni plato ili radna skela.

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.

Osim toga, na rasteru definiranom projektom se ugrađuju procjednice kako bi se spriječilo stvaranje hidrostatskog tlaka između tla/stijene i mlaznog betona. Ugrađuju se prethodnim bušenjem bušotine promjera prema projektu u koju se ulažu cijevi. Projektom će biti definiran njihov promjer, duljina i raster i nagib (uobičajeno min 1,5 %).

Uvjet kvalitete

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.

Osim provedbe prethodnih i tekućih ispitivanja mlaznog betona kako je dano u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-8.4. Mlazni beton potrebno je vršiti kontrolna ispitivanja čvrstoće i krutosti ugrađenog mlaznog betona prema smjernicama iz geotehničkog projekta.

Kontrola kvalitete armaturnih mreža obavlja se u skladu s uvjetima danim u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje.

Izvedenu zaštitu potrebno je njegovati 7 dana, vlaženjem vodom ili premazima provjerenih kemijskih sredstava koja onemogućuju isparavanje vode iz sloja, a kontrolu kakvoće provoditi prema odredbama iz Knjige XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.4. Mlazni beton. Primjenu tih kemijskih sredstava odobrava nadzorni inženjer, na osnovi dokumentacije o kakvoći pribavljene od ovlaštenog tijela.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi mlaznog betona se mjeri i obračunava prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-08. Izvedba mlaznim betonom.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi mlaznog betona, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz i ugradnja materijala radne skele te njezino naknadno uklanjanje i odvoz nakon radova na izvedbi mlaznog betona, osim kada je to drugačije definirano ugovorom
- nabava, dovoz te miješanje vlakana za mikroarmiranje, ako su predviđena projektom

Rad na izvedbi armaturne mreže se mjeri i obračunava prema Knjizi VIII – Betonski radovi: poglavlje 8-14. Armirački radovi.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- bušenje i čišćenje rupa za učvršćenje mreže na pokos, nabava, dovoz i ugradnja čeličnih žica te brzovezujućeg cementa, ako je definirano projektom.

Rad na izvedbi procjednica se mjeri po broju ugrađenih procjednica.

Rad na izvedbi procjednica se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje bušotina te nabavu, dopremu i ugradnju cijevi procjednica.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja geotekstila u koji se procjednice omotaju prije ugradnje u izbušene bušotine, ako je to definirano projektom.

4-09.2.3. STABILIZACIJA KOSINA NOSIVIM MREŽAMA***Opis rada***

Ovaj rad obuhvaća stabilizaciju i zaštitu stijenskog pokosa primjenom mreža, i to na dijelovima gdje postoji mogućnost rušenja, odnosno odrona, labilnih dijelova. Čelične mreže se ugrađuju razmotavanjem i pričvršćivanjem za pokos uz ugradnju visokokvalitetne čelične užadi čime se povećava njihova nosivost.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-21.1.7 Čelične žičane pletene mreže

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-21.1.6 Čelična pocinčana užad

Zahtjev izvođenja rada

Ovakav način zaštite od odrona kamenja izvodi se tako da se mreža pričvršćuje na pokos sidrima te se na taj način stabilizira površina pokosa. Površine na kojima treba izraditi zaštitu predviđene su projektom ili ih određuje nadzorni inženjer.

Prije početka izrade ove zaštite, stijenski pokosi se uređuju prema projektu ili zahtjevu nadzornog inženjera, pri čemu se uklanjaju svi labilni dijelovi.

Čelične mreže se na gradilište dovoze u rolama dužine od oko 25,0 m. Širina mreže ovisna je o načinu primjene i varira od 1,0 do 3,0 m.

Razmotavanje rola se može vršiti od nožice pokosa prema gore pomoću mehanizacije (kрана) ili razmotavanjem s krune pokosa prema dolje. U potpunom slučaju, role materijala se poslažu uzdužno po stijenskom pokosu, te se nakon fiksiranja na kruni odmotavaju prema dolje. Nakon spuštenih 3 – 4 rola, pristupa se fiksiranju po pokosu.

Za ovu vrstu zaštite primjenjuju se mreže od čeličnih žica koje imaju šesterokutne očice s trostrukim navojem žice.

Promjer žice i veličina otvora su prema projektu, a uobičajene debljine žice su 1,2 – 3,1 mm, dok su otvori veličine 50 – 100 mm. Krajevi mreže imaju uobičajeno deblji promjer žice ($\varnothing$ 1,4 do 4,0 mm).

Čelična žica mora biti pocinčana radi veće trajnosti i otpornosti prema koroziji.

Nosiva mreža se postavlja u panelima koji se međusobno spajaju čeličnim prstenovima. Prstenovi su minimalnog promjera 4,0 mm, zaštićeni od korozije pocinčanjem od minimalno 150 g/m².

Osim pričvršćenjem stijenskim štapnim sidrima koja se izvode na način opisan u poglavlju 4-09.2.1. Stabilizacija kosina stijenskim sidrima za dodatno učvršćenje mreža na pokosima primjenjuju se čelična sidra $\varnothing$ 10 – 12 mm. Razmak stijenskih sidara i njihova duljina je određena geotehničkim projektom, dok je razmak između dodatnih kratkih sidra oko 2,0 – 3,0 m, a učvršćuju se u stijeni pokosa oko 0,50 m dubine, ako nije drugačije projektom zahtijevano.

Za pojačanje mreže, te da bi se ona smatrala nosivom, potrebno je provlačenje čeličnog užeta (uobičajeno minimalne vlačne čvrstoće $f_{tk}=1770,0$ N/mm²) kroz ploče na sidrima u dijagonalnom smjeru te po obodu mreže. Ugrađuje se pocinčano čelično uže promjera definiranog projektom, kroz pocinčane pločice s ušicom postavljene na sidra. Čelično uže se na završecima hvata spojnicama.

Nakon postavljanja mreže pristupa se bušenju, injektiranju i pritezanju graničnih sidara po rubovima mreže.

Gornji kraj zaštitne mreže može se sidriti u stijenu ili učvrstiti u betonsku gredu ugrađenu u pokos, na udaljenosti od oko 2 m od vrha pokosa.

Donji kraj mreže se učvršćuje dodatnim čeličnim užetom duž dna pokosa pričvršćenog sidrima ili pomoću utega od betona. Način mora biti definiran projektom.

Na dijelovima gdje uz cestu nema bankine je svakako nužna izvedba pričvršćenog čeličnog užeta kako ne bi došlo do odrona stijenskih odlomaka na kolnik.

Betonski utezi su od betona C16/20 i pravokutnog su oblika (iz razloga jer se takvim oblikom vrši ravnomjeran pritisak te uteg bolje osigurava mrežu). Za pokose visine do 10 m uteg je minimalne mase 10 kg, a za pokose visine veće od 10 m uteg je minimalne mase 15 kg. Utezi se vješaju na međusobnoj udaljenosti od 1,5 m do 2,0 m. Za mreže širine 2,0 m uteg se vješa na spojevima, a za mreže širine 3,0 m na spojevima i sredini mreže.

Uvjet kvalitete

Prije početka rada na ovoj zaštiti izvođač je dužan pribaviti potrebnu dokumentaciju o kvaliteti za sve materijale, u skladu s uvjetima iz ovih OTU-a i predložiti ih nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost.

Uvjet kvalitete nosive mreže je vezan na ispitivanje materijala nosivih mreža, sve u skladu s Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlja 14-21.2.6, 14-21.3.7 vezano za čelične žičane pletene mreže te poglavlja 14-21.2.5, 14-21.3.6 vezano za čeličnu pocinčanu užad pletene mreže.

Uvjet kvalitete izvedbe stijenskih sidara je u svemu u skladu s uvjetima danim u poglavlju 4-09.2.1. Stabilizacija kosina stijenskim sidrima.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi čeličnih mreža se mjeri po kvadratnom metru ugrađenih mreža prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi čeličnih mreža se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dopremu čeličnih mreža, prijevoz, postavu s razmotavanjem te sav rad i spojni materijal uključivo antikorozivnu zaštitu, kao i radove na nabavi, dopremi i ugradnji (bušenje, ugradnja i injektiranje) dodatnih kratkih sidara te rubnih sidara za nosivu mrežu, odnosno betonskih blokova na dnu mreže.

Rad na izvedbi pocinčane užadi se mjeri po metru dužnom ugrađene užadi prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi pocinčane užadi se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dopremu čelične užadi, ugradnju te sav rad i materijal i spojni materijal, uključivo njihovu antikorozivnu zaštitu. U jediničnu cijenu je uključena nabava, dovoz i ugradnja (bušenje, ugradnja i injektiranje) dodatnih kratkih sidara te rubnih sidara za čeličnu užad.

4-09.2.4. STABILIZACIJA BARIJERAMA PROTIV ODRONA

Opis rada

Rad obuhvaća ugradnju sustava barijera za zaštitu od stijenskih odrona, uključivo izvedbu temelja, sidara, stupova, čelične mreže i užadi te kočionog sustava. Time se formiraju fleksibilne konstrukcije koje omogućuju deformaciju sustava prilikom udara odronjenog stijenskog bloka te koje rade na principu disipacije energije – povećanjem deformacije sustava energija se postepeno disipira kroz kočione sustave.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi, poglavlje 14-14.3 Sklopovi za zaštitu od odrona kamenja

Zahtjev izvođenja rada

Najprije se pristupa izvedbi temelja barijere, kroz koje se ugrađuju štapna sidra za sidrenje barijere. Na temelje se ugrađuju temeljne ploče. Na temeljne ploče se pričvršćuju stupovi. Stupovi se dodatno osiguravaju čeličnom užadi kojom se povezuju sidra i stupovi, a između stupova je rastegnuta mreža od mrežnih prstenova.

Stoga, sustav barijera za zaštitu od odrona se sastoji od više elemenata:

- izvedba temelja barijere za zaštitu od odrona
- izvedba sidara za sidrenje barijere
- izvedba temeljne ploče
- izvedba stupova
- izvedba čelične užadi koja povezuje sidra i stupove
- izvedba nosive mreže od mrežnih prstenova i nosive užadi
- ugradnja kočionog sustava i energetske disipatora.

S obzirom da se radovi u pravilu izvode na strmim i nepristupačnim terenima, često je neophodna izvedba nosive cijevne skele koja će služiti kao pristupna rampa lokaciji izvedbe barijera te kao svojevrsna zaštita prilikom iskopa za temelje barijere. Radovi na izvedbi skele u svemu moraju biti u skladu s geotehničkim projektom.

Na cijevnu skelu se dodatno ugrađuje i mreža protiv odrona, najčešće s propletenom 3D strukturom mata, koja ima sposobnost zadržavanja kako većih blokova koji se možebitno odrone prilikom izvedbe, tako i sitnih čestica koje ne smiju pasti na dno pokosa zbog sigurnosti građevina u podnožju. Svi elementi skele moraju biti ispravni i postavljeni prema geotehničkom projektu, a višedijelni elementi kompletirani prema katalogu, trebaju biti očišćeni, a navoji podmazani.

Prilikom izvedbe se ne smije dogoditi da neki od olabavljenih dijelova stijene predstavlja opasnost te da se dogodi lokalna nestabilnost pojedinih blokova, jer skela služi samo kao sekundarna zaštita dok je barijera primarna.

Iako je oblikovanje linije pružanja barijera u domeni projektiranja, izvođač mora znati važnost oblikovanja linije barijere na način koji osigurava da bude što ravnija i da ide vodoravno. Nepravilne linije, kao i udubljenja i izbočine na terenu između stupova, moraju se izbjegavati ili ispraviti kad god je moguće.

Slijedi izvedba temeljnog sustava stupova barijera koji se sastoji od temelja samaca dimenzija definiranih projektom (uobičajeno 60 x 60 cm do 100 x 100 cm). Radovi se izvode u svemu u skladu s uvjetima danim u poglavlju 4-06.1.1. Monolitna izvedba plitkih temelja te obuhvaćaju iskop, postavljanje oplata te ugradnju armature i betona. Iskop za temelje se izvodi ručno. Iskop se izvodi svakih 8 do 10 m po potrebi i prema tipu barijere, što mora biti definirano glavnim geotehničkim projektom.

U pojedinim slučajevima će biti nužno, a što mora biti definirano projektom, ispod temeljnog sustava izvesti ili mikropilote koji se povezuju s armaturom temelja ili stijenska sidra. Oboje imaju ulogu vlačnog elementa koji preuzima sile od stupa uslijed udara stijenskog bloka. Ako se ispod temelja izvode mikropiloti, radovi su tada u svemu u skladu s poglavljem 4-06.2.3. Mikropiloti. Ako se ispod temelja izvode stijenska sidra, radovi su tada u svemu u skladu s poglavljem 4-09.2.1. Stabilizacija kosina stijenskim sidrima. Kod stijenskih sidara, najčešće se za spoj s temeljem koriste vlačni elementi od injektiranih čeličnih šipki.

Na nekim mjestima će, ovisno o kvaliteti stijenske mase, biti dovoljno samo poravnati zonu sidrenja te izvesti sidrenje stupa, bez prethodno navedenih radova izvedbe plitkih temelja, odnosno stup će se izravno sidriti u kvalitetnu stijensku masu. Suglasnost za navedeno moraju dati nadzorni inženjer i projektant.

Slijedi ugradnja temeljnih čeličnih ploča na izvedeni temeljni sustav, prema preporukama proizvođača sustava, a koje moraju u potpunosti nalegnuti na betonski temelj ili na poravnatu stijensku masu. Sidreni vijci temeljnih čeličnih ploča se ugrađuju u betonski temelj ili na poravnatu stijensku masu te se na vrhu ugrađuje matica, pri čemu se ista zategne primjenom moment ključa sukladno preporukama proizvođača, najčešće 100 – 200 Nm.

Na temeljne ploče, a poravnato s njima, se izvode čelični stupovi barijera za odrone. Na lokaciju se dostavljaju čelični stupovi profila širokih prirubnica (HEB ili HEA) koji se uspravljaju i povezuju s temeljnom pločom. Stupovi mogu biti uspravni ili, ako projekt to definira, pod manjim nagibom (uobičajeno 5° – 20°) prema nožici pokosa. Često se, radi nepristupačnosti terena i visine stupova, ovi radovi izvode primjenom helikoptera. Razmak stupova (najčešće od 8 – 10 m), kao i njihova visina mora biti definirana projektom. Osnovna funkcija stupova je poduprijeti mrežu. U slučaju udara u mrežu stup ne smije pasti nego održati mrežu uspravno. U slučaju direktnog udara u stup u blizini temeljne ploče, uređaj za mjerenje loma, spojen na temeljnu ploču, omogućuje stupu da se odvoji od temeljne ploče i da tako zaštititi sidra temeljne ploče od uništenja.

Nakon postavljanja stupova, slijedi važan dio izvedbe bočnih (lateralnih) i gornjih sidara barijere za što se koriste sidra od čelične užadi, radi njihove visoke vlačne čvrstoće. Na krajnjim stupovima barijere (na početnom i zadnjem stupu) se izvode gornja i bočna, ali i poprečna sidra, dok se na mjestu svakog polja barijere izvode gornja sidra. Bušotine, a time i sidra, se izvode pod nagibom 15° ili više od horizontale. Najčešće se na svim ovim pozicijama postavlja po jedno sidro, ali njihov broj i duljina moraju biti definirani projektom. Radovi na njihovoj izvedbi su u svemu u skladu s poglavljem 4-09.2.1. Stabilizacija kosina stijenskim sidrima. Ovakva sidra se sastoje od više čelične užadi sastavljene u čelično uže većeg promjera koje se na jednom kraju povija kroz posebno dizajniranu ušicu (otpornu na koroziju i posmik) i čini mjesto za prihvat zateznih užadi. Ako se pak ne koristi stijensko sidro od čelične užadi nego od standardnog čelika (ili čak samobušivo sidro), na vrhu, umjesto podložne ploče i navrtke, sidro treba imati fleksibilnu glavu sa ušicom i mogućnošću rotacije od 30°.

Sva sidra se zateznim užadima povezuju sa otvorima (utorima) u čeličnim profilima stupova pomoću čelične užadi. Zatim se zatvaraju utori gornjih, bočnih i poprečnih užadi pomoću vijaka i matice, sukladno preporukama proizvođača. Nakon ugradnje se zatezna užad prednapinje.

Na svim mjestima gdje se čelično uže povija, potrebno je ugraditi stezaljke na razmaku od 1 – 2 širine samih stezaljki. Labavi kraj povijenog užeta, koji ostaje iza posljednje stezaljke, mora biti minimalno 3 puta veći od razmaka samih stezaljki.

Između stupova se postavljaju snopovi mrežnih prstenova kao najvažniji dio sustava barijera protiv odrona. Najčešće su oni prvi dio koji podnosi udarac i moraju prenijeti snagu udara na ostale elemente konstrukcije barijere. Mrežni prstenovi su izvedeni od visokokvalitetnog čelika. Snopovi (paneli) mreže standardno se ugrađuju (razvlače) s vanjske strane barijere, a u slučaju značajnih visinskih razlika između pojedinih stupova, lakše je povući mrežu s višeg stupa prema nižem stupu.

Osim mrežnih prstenova, duž barijere se ugrađuje i nosiva užad od čelične užadi koja je projektirana tako da ravnomjerno prihvati opterećenje bez obzira na točku udarca u mreži. Koristi se duplo nosivo užde s ugrađenim elementima za apsorpciju energije udarca, ugrađeno na posebnim lokacijama. Nosiva užad se provlači kroz prstenove duž barijere na posebno definiranim visinama i lokacijama od strane proizvođača. Gornje (na vrhu panela) i donje (na dnu panela) nosivo užde se stezaljkama spaja s prstenovima panela.

Na pozicijama predviđenim od strane proizvođača, ugrađuju se i kočioni sustav i energetske disipatori.

Kočioni prsten omogućava višestruke udare u sustav bez uništavanja užadi ili smanjenja njihove prelomne čvrstoće, a koja je bitan sigurnosni faktor.

Energetski disipatori omogućuju izduženja zateznih kablova počevši od određene razine energije. Disipatore najčešće čine dva aluminijska cjevasta profila unutar kojih prolaze zatezni kablovi ili dvije skrivene aluminijske pregrade.

Uvjet kvalitete

S obzirom na specifičnost radova, preduvjet kontroliranog i uspješnog izvođenja barijere za zaštitu od odrona, je nadziranje radova od strane stručne nadzorne ekipe.

Učinkovitost barijera za zaštitu od odrona ispituje se ispitivanjem, a u skladu s postupkom Europske smjernice ETAG 027 (*Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits*). Sveobuhvatna ispitivanja provedena prema ovim smjernicama jamče da barijera ispunjava MEL (najviši nivo energije) i SEL (servisni nivo energije) testove ETAG 027.

Prije ugradnje barijera, mora postojati dokaz o ispitivanju učinkovitosti predmetnog sustava prema ETAG 027 kojim se dokazuje da sustav barijera koji će se ugraditi ima sposobnosti primiti i dodatni udarac s minimalno 50 % nazivne energije bez prethodnih obnavljanja, popravljanja ili zamjena elemenata.

Za sve materijale barijera protiv odrona obavezno mora dokazati uporabljivost i trajnost svog proizvoda predajom svih potrebnih atesta koje od njih zatraži nadzorni inženjer, te iste dati na uvid projektantu, koji mora dati pismenu suglasnost prije ugradnje samog proizvoda na predmetnoj lokaciji.

Barijere, sa svim svojim sastavnim dijelovima, trebaju biti zaštićene od korozije, a ugradnja u svemu treba odgovarati tehničkim uvjetima iz projekta. Sva užad mora biti galvanizirana sukladno HRN EN 10244-2, a svi mrežni prstenovi obloženi sa Zn/Al zaštitom (klasa B, Zn 95 i Al 5). Svi čelični stupovi su galvanizirani vrelim umakanjem po HRN EN 1461.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na izvedbi barijera protiv odrona se mjeri po metru dužnom ugrađene barijere prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na izvedbi barijera protiv odrona se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu i ugradnju barijere i svih njenih komponenti (temeljne ploče, stupovi, nosiva mreža od mrežnih prstenova i nosive užadi, kočioni sustav i energetske disipatori), uključujući sav potreban materijal, sredstva i rad (ugradnju) s antikorozivnom zaštitom.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- nabava, dovoz i ugradnja materijala radnog platoa te njegov iskop, odvoz i deponiranje nakon radova na izvedbi barijere, osim kada je to drugačije definirano ugovorom

- nabava, dovoz i ugradnja materijala cijevne skele sa svim elementima te njezino naknadno uklanjanje i odvoz nakon radova na izvedbi barijere, osim kada je to drugačije definirano ugovorom, kao i izrada projekta skele koji zbog specifičnosti radova mora biti ovjeren od ovlaštenog inženjera
- najam i rad helikoptera ako se radovi izvode na nepristupačnom terenu.

Temelji barijera se mjere i obračunavaju prema poglavlju 4-06.1.1. Monolitna izvedba plitkih temelja.

Bočna, poprečna i gornja sidra se mjere i obračunavaju prema poglavlju 4-09.2.1. Stabilizacija kosina stijenskim sidrima.

4-10. RADOVI NA OJAČANJU NASUTIH GRAĐEVINA GEOSINTETICIMA

Opis rada

Rad uključuje dobavu i prijevoz geomreža na gradilište, njihovo polaganje i spajanje, paralelno s radovima na izvedbi nasute građevine, a sve u cilju njezinog ojačanja.

Reference na materijale

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-17.2. Polimerne geomreže

Zahtjev izvođenja rada

Ojačani nasip se izvodi prema zahtjevima iz projekta i prema normi HRN EN 14475 (Ojačani nasip).

Dovoz geomreža

Geomreže se dovoze i skladište na gradilištu u količini potrebnoj za izvođenje radova na ojačanju nasutih građevina bez prekida. Uskladištenje geomreže na gradilištu mora biti provedeno na način da je ona zaštićena od jake svjetlosti, ultraljubičastih zraka, kiše, snijega, poplavnih voda i slično. Također je potrebno osigurati odgovarajuće oslanjanje na način da ne dođe do prekomjernog savijanja rola. Ako se geomreže kratko skladište na gradilištu, nisu potrebne posebne mjere.

Geomreže se dovoze 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 geomreža treba izvesti pomoću pogodnih građevinskih strojeva ili vozila.

Uređenje podloge

Geomreža se izvodi kao plošni element koji se postavlja na zbijeni sloj tla prije izvedbe novog sloja zbijanjem.

Ugradnja geomreže provodi se na visinama u nasipu koje su određene geotehničkim projektom. Osim položaja, projekt ujedno treba propisati i duljinu ugrađene geomreže, kao i njezine karakteristike.

Geomreže za ojačanje nasutih građevina se polažu se na prethodno uređeni sloj nasute građevine, a koji se ugrađuje sukladno Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-11. Izrada nasipa. Uređena podloga za postavljanje geomreže obuhvaća nasuti, razastrti i zbijeni sloj. Ako se geomreže postavljaju na neravnu podlogu u vidu podloge od lomljenog kamena ili uslijed ugradnje između slojeva nasipnog lomljenog kamena, neravnu podlogu je potrebno prethodno poravnati. Sve površine moraju biti uređene tako da se na njima ne može zadržavati voda.

Treba se pridržavati pravila da što su geomreže koji se koriste veće vlačne čvrstoće pri prekidu, kao i manjih izduženja, to podloga mora biti bolje uređena i izravnata kako ne bi došlo do prekoračenja vlačnih čvrstoća i oštećenja geomreža.

Polaganje geomreža

Prije početka radova na polaganju geomreže, izvođač mora usvojiti metodu polaganja koja treba osigurati ugradnju bez oštećenja geomreže, pri čemu su spojevi geomreža dobro formirani.

U praksi se najjednostavnijim pokazala tehnika omatanja (eng. *wrap around*) geomreža kod armiranja nasutih građevina. Ova tehnika ne zahtjeva primjenu oplata te uključuje polaganje geomreže na ravnu pripremljenu podlogu (sloj tla u nasipu) uz ostavljanje dovoljne duljine geomreže potrebne za omatanje i sidrenje.

U zoni pokosa nasute građevine, geomreža se dobro zapuni i zategne kako bi se umanjile naknadne deformacije nasute građevine u toj zoni. Nakon toga slijedi ugradnja sloja tla na samu geomrežu i njegovo zbijanje, nakon čega se izvodi omatanje geomreže oko sloja, a u svrhu sidrenja i zadržavanja omotanog tla. Nasipani sloj se u blizini pokosa izvodi u punoj visini, a prema sredini nasipa otprilike u pola visine, kako bi se prekrivanjem tlom do pune visine sloja postigla dobra usidrenost geomreže u sloju tla.

Geomreža se ne smije polagati na smrznuto tlo ili snijeg te za vrijeme kiše ili kada se ona očekuje.

Geomrežu treba polagati pažljivo i dobro zategnuti.

Ako je role geomreža moguće transportirati na mjesto polaganja građevinskim strojevima (primjena na velikim površinama) moguće je direktno, ručno odmotavanje rola. Kod malih površina i loše pristupačnosti preporučuje se prethodno rezanje na potrebnu veličinu polaganja.

Strojno polaganje je praktički ograničeno na velika gradilišta gdje se isplati preinaka građevinskih strojeva za ovu svrhu (naprava za odmotavanje).

Polaganje geomreže treba biti u smjeru najvećeg naprezanja. Ovo je naročito važno kod ugradnje jednoosnih geomreža koje se u pravilu polažu okomito na os nasute građevine. Rezanje na odgovarajuću duljinu mora se izvesti ostrim škarama.

Polimerne geomreže treba položiti tako da budu dobro i jednoliko napete u uzdužnom i poprečnom smjeru, tj. ne smije doći do većih boranja. Zbog toga se rubovi polimernih geomreža moraju učvrstiti željeznim ili drvenim klinovima na razmacima od po dva metra.

Spajanje geomreža

Način spajanja geomreža propisuje se geotehničkim projektom. Geomreže se spajaju preklapom ili mehaničkim pričvršćenjem.

Spajanje geomreža preklapanjem se može izvoditi kada su ostvarena relativno mala naprezanja, odnosno u sekundarnom vlačnom smjeru u ojačanim nasutim konstrukcijama. Kada se spajanje izvodi preklapanjem, minimalno zahtijevana širina preklopa treba biti definirana geotehničkim projektom. Ova širina ne bi smjela biti manja od 30 cm u poprečnom smjeru, odnosno 100 cm u uzdužnom smjeru. Također je moguće izvoditi spojeve preklapanjem kod ugradnje pod vodom, gdje količina preklopa ovisi o projektnom razmatranju i uvjetima izvođenja.

Ako se vrši mehaničko spajanje geomreža, tada se trebaju primjenjivati nehrđajuće metalne spojnice u obliku slova „U”, čiji je profil najmanje 6 mm. I u ovom slučaju je potreban preklap geomreža, koji ne smije biti manji od 10 cm. Spojnice se postavljaju na udaljenost prema odredbama geotehničkog projekta, a koja ne smije biti veća od 1,0 m.

Učinkovitom metodom uzdužnog nastavljanja geomreža pokazale su se mehaničke spojnice (tipa „Bodkin” ili slično) kod kojih treba voditi računa da:

- spojnice imaju dovoljnu površinu poprečnog presjeka i čvrstoću kako bi se izbjegle prekomjerne deformacije
- spojnice nisu toliko velike da bi oštetile geomrežu uzrokujući koncentraciju naprezanja
- spojnice su prednapregnute prije opterećenja, kako bi se reducirali pomaci spoja kada se dijelovi zategnu i uklješte.

Nasipavanje i zbijanje sloja materijala iznad geomreža

Na razastrte polimerne geomreže nanosi se i razastire nasipni materijal kvalitete prema uvjetima danim u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-11. Izrada nasipa. Nasipanje se vrši s čela. Nije dozvoljena vožnja teških vozila po geomreži.

Kad je geomreža položena na tlo, ne dopušta se preko nje prijelaz građevinskih strojeva, kamiona i drugih vozila, budući da bi moglo u protivnom doći do oštećenja. Po postavljenoj geomreži građevinski strojevi smiju prelaziti najranije nakon nanošenja prvog sloja nasipa u debljini od minimalno 30 cm. Kod posebnih namjena može biti zahtijevana i veća debljina nasutog sloja.

Izvođač mora koristiti takve strojeve, kamione i sredstva za nabijanje da ne ošteti geomrežu. Na mjestima gdje se ošteti geomreža izvođač je obavezan provesti odgovarajući popravak na svoj trošak. Nadalje, izvođač mora rad na ugradnji i zbijanju nasipa izvesti na takav način da ne izazove efekt pregnječenja tla u podlozi ispod geomreže. Sve štete izazvane pregnječenjem tla padaju na teret izvođača. Pri tome treba naglasiti da su štete od pregnječenja često nepopravljive. U

slučaju pregnječenja zahtijeva se uklanjanje ugrađenog nasipa, te eventualno po potrebi i geotekstila i pregnječenog tla te uređenje temeljnog tla prema navedenom u Knjizi III – Zemljani radovi: poglavlje 3-09 Uređenje i sanacija temeljnog tla.

Uvjet kvalitete

Osnovni zahtjevi koji se postavljaju na geomreže za ojačanje nasipa su oni koji se odnose na geometriju, mehanička svojstva te postojanost, što sve mora biti definirano geotehničkim projektom.

Ako su ti zahtjevi izostali, preporučuje se da geomreža zadovoljava sljedeće zahtjeve:

- Veličina otvora mreže, D (MD/CMD), od max 50/50 mm
- Vlačna čvrstoća F_{max} , prema HRN EN ISO 10319, od min 55/45 kN/m
- Izduženje u trenutku sloma ϵ_{Fmax} , prema HRN EN ISO 10319, od max 10/10 %
- Otpornost na utjecaj atmosferilija
- Smanjenje čvrstoće u %, prema HRN EN ISO 12224, od max 25%.

Uvjeti kvalitete materijala geomreža moraju u svemu biti u skladu s Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi: 14-17. Geosintetici.

Potrebno je provesti tekuća ispitivanja geomreža. Za prvih 20 000 m² materijala geomreže isporučenog na gradilište i ugrađenog potrebno je provoditi ispitivanje na svakih 5 000 m², dok se za količine materijala iznad 20 000 m² ispitivanje provodi na svakih 10 000 m² materijala.

Osim navedenih mehaničkih karakteristika i karakteristika postojanosti, važnu ulogu u prijenosu opterećenja ima interakcija geomreža – tlo.

Ispitivanje interakcije geomreža – tlo provodi se za potrebe projektiranja, ali i tijekom izvođenja radi verifikacije projektnih parametara, i to za dva slučaja: jednostrano klizanje i dvostrano izvlačenje.

Određivanje otpornosti u slučaju jednostranog klizanja provodi se prema HRN EN ISO 12957, ispitivanjem izravnim posmikom, dok se u slučaju dvostranog izvlačenja provodi određivanje otpornosti na izvlačenje iz tla prema HRN EN 13738. Na osnovi rezultata ispitivanja određuje se koeficijent interakcije α , prema kojem se određuje minimalna duljina sidrenja. Vrijednost koeficijenta interakcije ovisi o granulometrijskom sastavu i koheziji tla, prisutnosti vode te širini otvora i površinskoj strukturi geomreže.

Na zahtjev nadzornog inženjera izvođač je obavezan izvesti pokusnu dionicu.

Način mjerenja i obračuna radova

Rad na ojačanju nasutih građevina geomrežama se mjeri po kvadratnom metru ugrađenih geomreža prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad na ojačanju nasutih građevina geomrežama se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dopremu, privremeno skladištenje geomreža te prijevoz do mjesta ugradnje i samu ugradnju, uključivo sav materijal, radove te izvedbu svih spojeva i eventualna rezanja. Preklopi se ne obračunavaju. U jediničnu cijenu su uključena i tekuća ispitivanja geomreža predviđena ovim poglavljem.

Kontrolna ispitivanja geomreža te ispitivanja posmične interakcije geomreža – tlo se mjere po broju provedenih ispitivanja prema danom u projektu ili odobrenju nadzornog inženjera. Rad se obračunava prema zasebnom troškovniku za kontrolna ispitivanja danom u projektu.

4-11. POPIS NORMI I TEHNIČKIH PROPISA

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.

4-11.1. NORME

ASTM D2487	Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)/ <i>Standardna praksa za klasifikaciju tla za inženjerske svrhe (jedinstveni sustav klasifikacije tla – USCS)</i>
DIN 4127:2014-02	Erd- und Grundbau – Prüfverfahren für Stützflüssigkeiten im Schlitzwandbau und für deren Ausgangsstoffe/ <i>Zemljani radovi i temeljenje – metode ispitivanja za stabilizirajuće fluide u dijafragmama i za njihove sastavne komponente</i>
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 – Pобољшanje tla dubinskim vibriranjem (EN 14731:2005)
HRN EN 15237:2008	Izvođenje posebnih geotehničkih radova – Uspravne drenaže (EN 15237:2007)
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 1990:2011	Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija (EN 1990:2002+A1:2005+A1:2005/AC:2010)
HRN EN 1990:2011/NA:2011	Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija – 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 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 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 1993-1-1:2014/NA:2015	Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija – Dio 1-1: 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 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 1997-1:2012	Eurokod 7: Geotehničko projektiranje – 1. dio: Opća pravila (EN 1997-1:2004+AC:2009)
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 1997-2:2012	Eurokod 7: Geotehničko projektiranje – 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga tla (EN 1997-2:2007+AC:2010)
HRN EN 1998-5:2011	Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja (EN 1998-5:2004)
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 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 17892-10:2019	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 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 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	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 18674-3:2018/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 18674-5:2019	Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Geotehničko opažanje terenskom mjernom opremom – 5. dio: Mjerenja promjene naprezanja 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: Infiltrometarsko 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)
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 22476-1:2023	Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Terensko ispitivanje – 1. dio: Ispitivanje električnim statičkim prodiranjem bez mjerenja pornoga tlaka i s mjerenjem pornoga tlaka (ISO 22476-1:2022; EN ISO 22476-1:2023)
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 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 22476-2:2008/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 22476-3:2008	Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Terensko ispitivanje – 3. dio: Standardno penetracijsko ispitivanje (ISO 22476-3:2005; EN ISO 22476-3:2005)
HRN EN ISO 22476-3:2008/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 22476-4:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Terensko ispitivanje – 4. dio: Ispitivanje Ménardovim presiometrom (ISO 22476-4:2012; EN ISO 22476-4:2012)
HRN EN ISO 22476-5:2023	Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Terensko ispitivanje – 5. dio: Ispitivanje savitljivim dilatometrom (ISO 22476-5:2023; EN ISO 22476-5:2012)
HRN EN ISO 22476-6:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Terensko ispitivanje – 6. dio: Ispitivanje samobušećim presiometrom (ISO 22476-6:2018; EN ISO 22476-6:2023)
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 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 22477-10:2016	Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Ispitivanje geotehničkih konstrukcija – 10. dio: Ispitivanje pilota: Ispitivanje brzim opterećivanjem (ISO 22477-10:2016; EN ISO 22477-10:2016)
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)
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)
ONORM S 2076-1:2009	Landfills – Sealing systems with flexible plastics liners – Part 1: Installation/Odlagališta – Sustavi za brtvljenje s fleksibilnim plastičnim oblogama – Dio 1: Ugradnja

4-11.2. TEHNIČKI PROPISI

Tehnički propis kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevne proizvode u usklađenom području	NN 4/15
Tehnički propis o građevnim proizvodima	NN 35/18, NN 104/19
Tehnički propis o izmjenama Tehničkog propisa kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevne proizvode u usklađenom području	NN 43/19
Tehnički propis o izmjeni i dopunama tehničkog propisa za građevinske konstrukcije	NN 75/20
Tehnički propis za građevinske konstrukcije	NN 17/17

