

REPUBLIKA SRBIJA
PROJEKAT REHABILITACIJE TRANSPORTA

**PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE
PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI**

**10 PROJEKTOVANJE INŽENJERSKIH
KONSTRUKCIJA**

10.5 ANKERISANI ZIDOVI I KONSTRUKCIJE

BEOGRAD, 2012.

Izdavač: Javno preduzeće Putevi Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 282, Beograd

Izdanja:

Br.	Datum	Opis izmena i dopuna
1	30.04.2012.	Početno izdanje

SADRŽAJ

10.5.1	UVODNI DEO	1
10.5.1.1	PREDMET SMERNICE	1
10.5.1.2	REFERENTNI NORMATIVI	1
10.5.1.3	TERMINOLOGIJA	2
10.5.2	IZBOR I KONCIPIRANJE ANKERISANIH (ANKERISANIH) ZIDOVA	3
10.5.2.1	UVOD	3
10.5.2.2	BLOKOVI ZA ANKERISANJE	5
10.5.2.3	VERTIKALNE GREDE ZA ANKERISANJE	5
10.5.2.4	VERTIKALNE GREDE ZA ANKERISANJE SA PUNJENJEM	5
10.5.2.5	HORIZONTALNE GREDE ZA ANKERISANJE	6
10.5.2.6	ROŠTILJ ZA ANKERISANJE	6
10.5.2.7	ROŠTILJ ZA ANKERISANJE SA PUNJENJEM	6
10.5.2.8	ANKERISANI ZIDOVI	7
10.5.2.9	POSEBNI ANKERISANI ZIDOVI GRAĐENI ODOZGO NADOLE	8
10.5.2.10	ANKERISANI ZIDOVI OD BUŠENIH ŠIPOVA	8
10.5.3	KONSTRUISANJE ANKERISANIH ZIDOVA	10
10.5.3.1	UVOD	10
10.5.3.2	KONSTRUKCIJE ANKERISANIH BLOKOVA	11
10.5.3.3	KONSTRUKCIJE ANKERISANIH VERTIKALNIH GREDA	12
10.5.3.4	KONSTRUKCIJE OD VERTIKALNIH ANKERISANIH GREDA SA PUNJENJEM	14
10.5.3.5	KONSTRUKCIJE ANKERISANIH HORIZONTALNIH GREDA	14
10.5.3.6	KONSTRUKCIJE ANKERISANIH ROŠTILJA	14
10.5.3.7	KONSTRUKCIJE ANKERISANIH ROŠTILJA SA PUNJENJEM	15
10.5.3.8	KONSTRUKCIJE ANKERISANIH ZIDOVA	16
10.5.3.9	POSEBNE KONSTRUKCIJE ANKERISANIH ZIDOVA GRAĐENIH ODOZGO NADOLE	17
10.5.3.10	KONSTRUKCIJE ZIDOVA OD ŠIPOVA	20
10.5.4	GEOTEHNIČKA ANALIZA ANKERISANIH ZIDOVA	27
10.5.4.1	KONSTRUKCIJE ZIDOVA OD ŠIPOVA	27
10.5.4.2	GRANIČNA STANJA NOSIVOSTI	28
10.5.4.3	GRANIČNO STANJE UPOTREBLJIVOSTI	29
10.5.4.4	MODELIRANJE TLA I ANKERISANIH ZIDOVA	29
10.5.4.4.1	Kruto plastični model tla i ankerisanih zidova	29
10.5.4.4.2	Elastično plastični mehanički model	30
10.5.4.4.3	Model na osnovu modula reakcije tla	30
10.5.5	GEOTEHNIČKI ANKERI	32
10.5.5.1	VRSTE I SASTAV GEOTEHNIČKIH SIDARA	32
10.5.5.2	PRORAČUN GEOTEHNIČKIH SIDARA	33
10.5.5.3	PRENOS SILE ANKERISANJA U TEMELJNA TLA	34
10.5.5.4	IZRADA GEOTEHNIČKIH ANKERA	35
10.5.5.5	UPOTREBA GEOTEHNIČKIH SIDARA	36
10.5.5.6	ZAŠTITA GEOTEHNIČKIH SIDARA	37
10.5.6	SPECIFIČNOSTI IZGRADNJE ANKERISANIH ZIDOVA	42
10.5.6.1	UVODNE KONSTATACIJE I USMERENJA	42
10.5.6.2	IZGRADNJA ZIDOVA OD BUŠENIH ŠIPOVA	43

10.5.1 UVODNI DEO

10.5.1.1 Predmet smernice

Ankerisani zidovi su savremene geotehničke konstrukcije koje omogućuju planiranje i izgradnju puteva u zahtevnim geomorfološkim uslovima i urbanizovanim naseljima. Upotreba ankerisanih zidova u toku izgradnje puteva je relativno efikasna i česta, posebno zbog pouzdanosti i bezbednosti, kao i mogućnosti izbora alternativnih rešenja u zavisnosti od zahtevanog stepena bezbednosti.

Predmet projektantske smernice podrazumeva predstavljanje i analizu opštih geotehničkih, konstruktorskih, tehnoloških i organizacionih saznanja koji utiču na zasnovanje, konstruiranje i građenje ankerisanih zidova. Smernica povezuje teorijska i stručna znanja sa iskustvima, tehničkim propisima i standardima, Namenjena je izgradnji novih ankerisanih zidova, a može da se primeni i kod obnavljanja i rekonstrukcija postojećih zidova.

Ankerisani zidovi su sve potporne a.b. konstrukcije kod kojih su stabilnost i nosivost objekta osigurana zahvaljujući geotehničkom ankeru u fazi izgradnje i u fazi eksploatacije. U smernici su obrađeni tipovi zidova koji su

se pokazali kao najpogodniji i najviše se primenjuju u praksi. Ovom konstatacijom se ne ograničavaju druge vrste ankerisanih zidova.

Predmet smernice su i zidovi od bušenih šipova kao specifičan ankerisani zid, potporna konstrukcija od a.b. šipova prečnika od $\varnothing 80$ do $\varnothing 150$ cm povezana gredama sa ili bez geotehničkih sidara.

Poglavlje 10.5.5 obrađuje geotehničke ankere u skladu sa srpskim standardom SRPS EN 1537:2011. Smernica je podeljena je u šest poglavlja. Detaljno su obrađeni izbor i koncipiranje, konstruisanje, geotehnička analiza, geotehnički ankeri i specifičnosti izgradnje ankerisanih zidova.

U posebnom poglavlju 10.5.5 obrađena su geotehnički ankeri. Ankeri predstavljaju specijalan i najbitniji element geotehničkih konstrukcija. Nalaze se u tlu zbog čega usled nepristupačnosti, ne mogu direktno da se kontrolišu.

10.5.1.2 Referentni normativi

SRDM 9.12.1 Ivični venci, hodnici, ivičnjaci
 SRDM 9.12.2 Ograde
 SRDM 9.12.8 Oplate, obrada i oblaganje vidljivih betonskih površina
 SRDM 9.12.9 Spojnica – prekidi u betonu
 SRDM 10.1 Bušeni šipovi
 SRDM 10.4 Gravitacioni zidovi

Zakon o planiranju i izgradnji	Sl. glasnik RS 47/03	2003	Law on Planning and Construction
Zakon o javnim putevima	Sl. glasnik RS 105/05	2005	Law on Public Roads
Zakon o zaštiti životne sredine	Sl. glasnik RS br. 36/2009	2009	Law on Environmental Protection
Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton – BAB 87	Sl. list SFRJ 07-719/1	1987	Rule Book on Technical Normatives for Concrete and Reinforced Concrete – BAB 87
Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata	Sl. list SFRJ 15-295/90	1990	Rule Book on technical Normatives for Foundation of Civil Structures

SRPS EN 12063:2011 Izvođenje specijalnih geotehničkih radova – Priboji
 SRPS EN 12699:2011 Izvođenje specijalnih geotehničkih radova – Utisnuti šipovi
 SRPS EN 1536:2011 Izvođenje posebnih geotehničkih radova – Bušeni šipovi
 SRPS EN 1537:2011 Izvođenje posebnih geotehničkih radova – Ankeri EN
 SRPS EN 14490:2012 Izvođenje posebnih geotehničkih radova – pasivno ankerisanje
 SRPS EN 206-1:2011 Beton – deo 1: Specifikacija, performanse, proizvodnja i usaglašenost
 SRPS EN 13670:2012 Izvođenje betonskih konstrukcija

EN 1990:2002/ A1. 2005/AC	Evrokod – Osnove projektovanja konstrukcija	Eurocode – Basis of structural design
EN 1991-1-1	Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije – deo 1-1.: Opšta dejstva – zapreminske mase, sopstvena težina, korisna opterećenja zgrada – nacionalni prilog	Eurocode 1: Actions on structures – par 1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings
EN 1991-1-2	Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije - deo -1-2: Opšta dejstva – Dejstvo na konstrukcije izložene požaru	Eurocode 1: Actions on structures – Par 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire
EN 1992-1-1	Evrokod 2: Projektovanje betonskih konstrukcija -1- 1. deo: Opšta pravila i pravila za zgrade	Eurocode 2: Design of concrete structures – part 1-1: General rules and rules for buildings
EN 1992-2	Evrokod 2: Projektovanje betonskih konstrukcija - 2. deo: Betonski mostovi – projektovanje i pravila za konstruisanje	Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 2: Concrete bridges – design and detailing rules
EN 1997-1	Evrokod 7: Geotehničko projektovanje – 1. deo: Opšta pravila	Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules
EN 1997-2: 2007	Evrokod 7: Geotehničko projektovanje – 2. deo: Istraživanje i ispitivanje tla	Eurocode 7: Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing
EN 1998-1	Evrokod 8: Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija: Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade	Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings
EN 1998-2	Evrokod 8: Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija – Deo 2: Mostovi	Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 2: Bridges

10.5.1.3 Terminologija

Ankerisani zid je potporna konstrukcija koju sačinjavaju armirani betonski elementi i geotehnički ankeri kojima se obezbeđuje stabilnost, nosivost i sigurnost objekta.

Zaleđna strana je poluprstor na padinskoj strani potporne konstrukcije.

Zaleđna tla su intaktna ili padinska tla koja se nalaze iza zida i koja treba zaštititi.

Zaleđna (padinska) strana je površina zida na strani tla koju štiti od obrušavanja i klizanja.

Čeona (dolinska) strana je vidljiva strana zida izložena spoljašnjim uticajima.

Dolinska (čeona) temeljna peta je produženi deo temelja sa čeone strane.

Temeljno tlo je tlo različitog geološkog sastava na koji se prenose opterećenja iz temelja.

Kruna je završni – gornji deo zida.

Blok je armirani betonski element preko koga se sila iz ankeri prenosi u tla.

Greda je vodoravni, vertikalni ili kosi armirani betonski element položen na tlo preko koga se sila iz ankeri prenosi na tlo.

Roštilj je povezan sistem vertikalnih, vodoravnih ili kosih greda koje su položene na tlo.

Punjenje je materijal koji ispunjava prostor između grede, odnosno unutar roštilja.

Drenaža je namenjena efikasnom odvodnjavanju vode iz zaleđa ankerisanog zida u cilju sprečavanja pojava hidrostatičkih pritisaka.

Drenažni beton je sastavljen od jednofrakcionog vodopropusnog agregata veličine zrna ϕ 16 mm.

Drenažni geotekstil je pretežno napravljen od sintetičkih vlakana ili traka koji propušta vodu.

Radni plato je prostor na kome se izvodi ankerisani zid ili etapa – kampada ankerisanog zida.

Kampada je dužina radnog takta potpornog zida.

Etapa je visina radnog takta.

Pristupni put je komunikacija za pristup mehanizacije i transportnih sredstava do radnog platoa.

Bušeni šip je „in situ“ napravljen šip ugrađivanjem betona i armature u prethodno izbušeni ili iskopani otvor u temeljnom poluprostoru.

Zid od bušenih šipova je konstrukcija sastavljena od bušenih šipova i vezne grede sa ciljem da se obezbede kosine nasipa ili useka.

Vezna greda je konstruktivni element koji povezuje vrhove šipova u uzdužnom smeru zida od bušenih šipova.

Unutrašnja ankerisana greda je konstruktivni element, koji služi za ugrađivanje sidara i povezivanja šipova zida u podužnom smeru.

Punjenje između šipova je deo konstrukcije zida od bušenih šipova koji obezbeđuje prostor između šipova.

Obloga zida od bušenih šipova je vidljiva površina zida od bušenih šipova naknadno obrađena u posebnim okolnostima.

Geotehnički anker je noseći konstrukcioni element preko kojeg se sila zatezanja sa konstrukcije prenosi u ankerisano tlo.

Probni ankeri su ankeri na kojima se obavljaju testovi za ocenjivanje nosivosti sidara.

Test za ocenjivanje je test za određivanje karakterističnog otpora ankera na mestu ugradnje.

Kontrolni ankeri (merni ankeri) su ugrađeni ankeri u ankerisanoj objektu na kojima se obavljaju merenja za vreme eksploatacije objekta.

Vezna dužina ankera je dužina preko koje se sila prenosi u okolna temeljna tla.

Slobodna dužina ankera je dužina između vezne dužine ankera i kotve – glave ankera.

Kotva – glava ankera je deo geotehničkog ankera koji silu zatezanja iz kabla prenosi u ankerisanu konstrukciju.

Monitoring je skup činilaca kojima se prati izgled i ponašanje konstrukcije u cilju kontrole bezbednosti i produženja trajanja objekta.

10.5.2 IZBOR I KONCIPIRANJE ANKERISANIH (ANKERISANIH) ZIDOVA

10.5.2.1 Uvod

Ankerisani zidovi su potporne konstrukcije sastavljene od betonskih elemenata i geotehničkih sidara. Ankeri preuzimaju celokupnu ili samo deo sile za obezbeđenje sigurnosti i stabilnosti u svim fazama izgradnje i u fazi upotrebe. Betonski deo (blokovi, grede, roštilj, zid) služi da se sila iz sidara prenese u tlo i lokalno obezbeđuje padinu.

Projektant koncipira konstrukciju ankerisanog zida na osnovu prethodno prikupljenih geomehničkih i drugih karakteristika terena. Kod koncipiranja konstrukcije potrebno je uzeti u obzir:

- pouzdanost,
- upotrebljivost,
- uslove izvođenja,
- ekonomičnost,
- estetski izgled i uklapanje u okolinu.

U tehničkom izveštaju za koncipirani ankerisani zid treba navesti obrazloženje za nabavljene podloge, izbor konstrukcije, dokaze stabilnosti i moguće varijante izvođenja.

Izbor, zasnivanje i konstruktorska rešenja ankerisanih zidova oslanjaju se na hidrološke karakteristike tla, oblik i veličinu ukopavanja te raspoloživu opremu izvođača.

Izgradnja ankerisanih zidova može da se izvede na dva načina. Kada je tlo kvalitetno, zidovi se izvode neposredno na iskopanu padinu. U slučaju lošijeg tla, zidovi se izvode po tehnologiji odozgo nadole. Kod ovakvog načina visina etape zavisi od karakteristika tla i izbora konstrukcije.

Koncipiranje i izbor konstruktorskog rešenja ankerisanih zidova u neposrednoj je vezi sa kvalitetom odnosno karakteristikama tla na lokaciji objekta. Uzimajući u obzir ove

činjenice, ankerisani zidovi se dele na sledeće grupe:

- ankerisani blokovi (slika 10.5.1),
- ankerisane vertikalne grede (slika 10.5.2),
- ankerisane vertikalne grede sa punjenjem (slika 10.5.3),
- ankerisane horizontalne grede (slika 10.5.4)
- ankerisani roštilj (slika 10.5.5)
- ankerisani roštilj sa punjenjem (slika 10.5.6)
- ankerisani zidovi (slika 10.5.7 i 10.5.8)
- posebni ankerisani zidovi građeni odozgo nadole (slika 10.5.9)
- ankerisani zidovi od bušenih šipova (slika 10.5.10, 10.5.11 i 10.5.12)

Redosled nabrojanih zidova odgovara smanjivanju geomehaničkih karakteristika tla, a time i upotreba zahtevnih mera osiguranja ukopa.

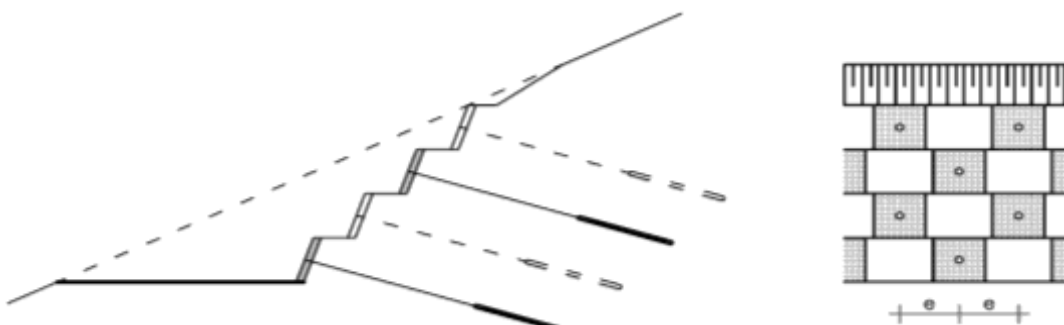
Sve nabrojane grupe mogu da se grade u monolitnoj ili montažno-monolitnoj tehnologiji.

Karakteristike zidova nabrojanih od prve do pete alineje je ta da nemaju uobičajene temelje.

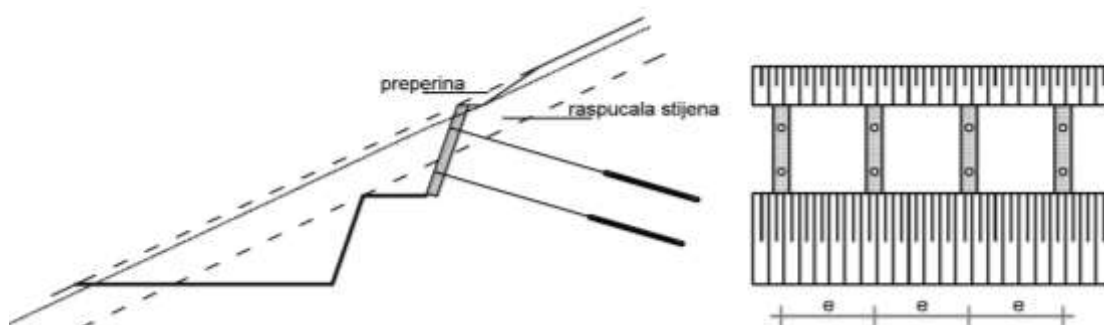
Faza koja mora slediti izboru konstrukcije podrazumeva proveravanje da li izabrana

konstrukcija može da se izvede na predviđenoj lokaciji. Projektant pored izrađenih odgovarajućih nacрта i analiza stabilnosti, proveri okvirna tehnološka polazišta za građenje zida. Pri tehnološkim ishodištima treba analizirati sve postupke koji su potrebni za izgradnju određenog potpornog zida. Treba predvideti:

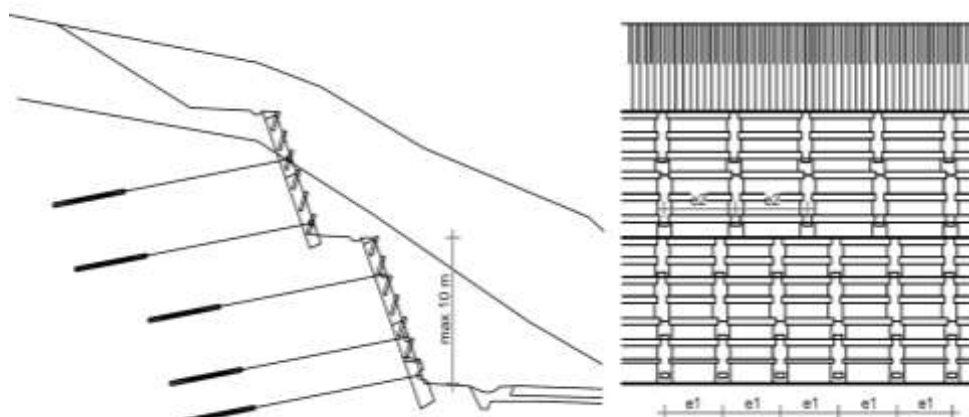
- moguće prilazne puteve,
- radne platioe za izgradnju,
- tehnologiju izvođenja zemljanih radova sa odgovarajućim osiguranjem,
- zaštitu prema uzročnicima koji ometaju i otežavaju izgradnju (dotok vode zaleđa, rastresiti slojevi padine ...),
- bezbedno odvijanje saobraćaja i funkcionisanje ostalih infrastrukturnih sadržaja,
- faznost izgradnje u smislu definicije polazne tačke i smera napredovanja radova,
- obavezne tehnološke postupke za pojedine faze građenja,
- definisanje odgovarajućih detalja i rešenja povezanih sa njima,
- zahteve povezane sa tekućim praćenjem kvaliteta materijala i njihove ugradnje,
- zahteve za praćenje geodetske kontrole.



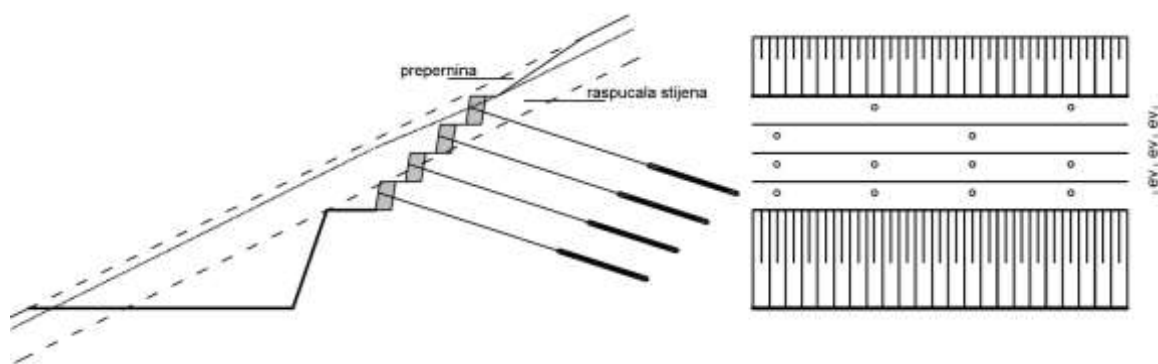
Slika 10.5.1: Blokovi za ankerisanje



Slika 10.5.2: Vertikalne grede za ankerisanje



Slika 10.5.3: Vertikalne grede za ankerisanje sa punjenjem



lika 10.5.4: Horizontalne grede za ankerisanje

10.5.2.2 Blokovi za ankerisanje

Ankerisani armirani betonski blokovi različitog oblika preko kojih se sila ankerisanja prenosi u tlo upotrebljavaju se na padinama sa srazmerno kvalitetnijom ili ispucalom stenskom masom. Osnovna namena njihove upotrebe je smanjenje prirodnog nagiba padine i obezbeđenje globalne stabilnosti padine.

Prostor između blokova zaštićuje se vegetacijom.

10.5.2.3 Vertikalne grede za ankerisanje

Ankerisane grede od armiranog betona, različitih preseka, položene u približno vertikalnom pravcu u odnosu na teren, preko kojih se sila ankerisanja prenosi u tlo, primenjuju se u slučajevima ispucalih zidnih padina koje nije moguće obezbediti zaštitnim mrežama.

Ovim merama se obezbeđuje globalna stabilnost i bezbednost. Lokalna stabilnost postiže se zaštitnim mrežama ili torkret

betonom. Koji od načina će se primeniti zavisi od erozijskih karakteristika padine i lokalne stabilnosti.

10.5.2.4 Vertikalne grede za ankerisanje sa punjenjem

Ankerisane, armirane betonske grede različitih preseka, položene u približno u vertikalnom pravcu u odnosu na teren grede sa međuprostorom koji je ispunjen armiranim betonskih elementima, primenjuju se u slučaju ispucalih stenskih padina koje se ne mogu obezbediti zaštitnim mrežama, a postoji potreba za povećanjem prirodnog nagiba padine. Ankerisanim gredama se obezbeđuje nosivost, globalna stabilnost i sigurnost. Lokalna bezbednost i zaštita od erozije padine obezbeđuje se montažnim armiranim betonskim horizontalnim elementima koji se ugrađuju između greda ili kamenim blokovima.

Visina ankerisanih vertikalnih greda je do 10 m.

10.5.2.5 Horizontalne grede za ankerisanje

Ankerisane, armirane betonske grede različitih preseka, „položene“ na teren u približno horizontalnom pravcu, preko kojih se sila ankerisanja prenosi u tlo, primenjuju se u slučaju veoma ispućalih stenskih padina gde se zaštitnim mrežama ne može obezbediti sigurnost.

U poređenju sa ankerisanim vertikalnim gredama, ankerisane horizontalne grede se primenjuju u slučajevima u kojima se ankerisane vertikalne grede ugrađuju na manjim međusobnim razmacima i nemaju odgovarajući učinak. Primenjuju se u lošijoj zidnoj padini gde se garantuje kontinuirani prenos sile ankerisanja.

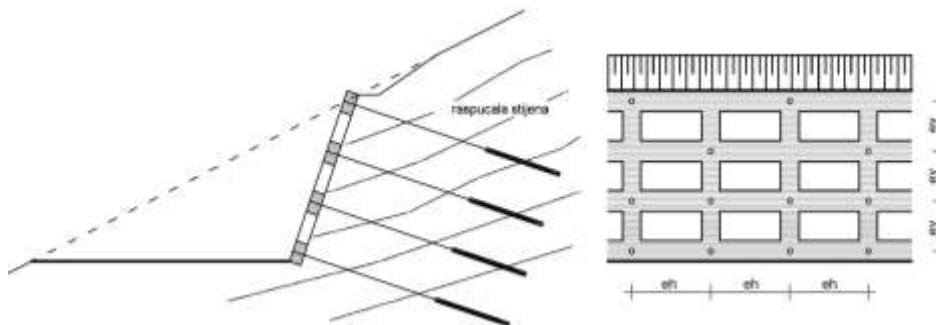
Za razliku od ankerisanih zidova, ove grede visine od 0,80 do 1,50 m nemaju temelj.

Služe za zaštitu čitave padine ili samo labilnog dela zaseka ili padine (npr. portali tunela).

10.5.2.6 Roštilj za ankerisanje

Armirane betonske grede „položene“ na teren u približno vertikalnom pravcu i armirane betonske grede različitih preseka i „položene“ na teren u približno horizontalnom smeru, povezane u sireni roštilj, primenjuju se u slučaju ispućale zidne padine gde zaštitnim mrežama ne može da se obezbedi sigurnost, a želimo da smanjimo prirodni nagib padine.

Ankerisanim roštiljem obezbeđuje se globalna stabilnost i sigurnost. Lokalna sigurnost se obezbeđuje zaštitnim mrežama ili torkret betonom na celoj površini u zavisnosti od erozijskih karakteristika padine i lokalne stabilnosti.



Slika 10.5.5: Roštilj za ankerisanje



Slika 10.5.6: Roštilj za ankerisanje sa punjenjem

10.5.2.7 Roštilj za ankerisanje sa punjenjem

Armirane betonske grede u horizontalnom i vertikalnom pravcu, međusobno povezane u „roštilj“ sa ispunjenim međuprostorima upotrebljavaju se u relativno dobrom geološkom sastavu tla (degradirani kamen), veoma ispućaloj steni i mešovitoj steni

(permokarbon, fliš, lapor) gde treba lokalno zaštititi padinu.

Ova vrsta ankerisanih zidova upotrebljava se zbog povećanja prirodnog nagiba u ukupu. Ankerisanom konstrukcijom u obliku roštilja obezbeđuje se globalna stabilnost.

Popunjavanjem praznog prostora između greda sprečava se erozija padine,

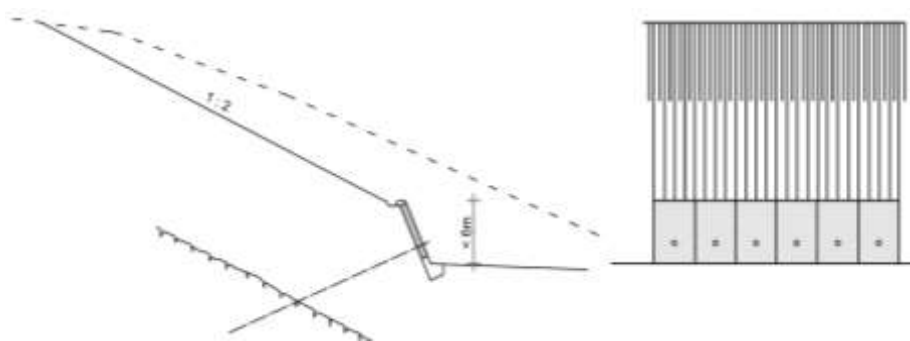
obezbeđuje lokalna stabilnost i odvodnjavanje zaleđa. Od karakteristika tla odnosno stenske mase zavisi nagib čitave konstrukcije.

U degradiranog zemljišta nagib ne treba da prelazi 45° , u ispucalim i rastresitim stenama i polustenama zavisi od nagiba koji može da se izvede u još uvek sigurnom iskopu. Izbor vrste i načina ugrađivanja punjenja zavisi takođe od karakteristika zaleđa i raspoloživog materijala kojim će se vršiti popunjavanje. U slučaju veoma ispucalih i rastresitih stena, stensku masu treba obezbediti kamenim zidom. U ovom slučaju zaleđe je obično vodopropusno pa nije potrebno njegovo dreniranje.

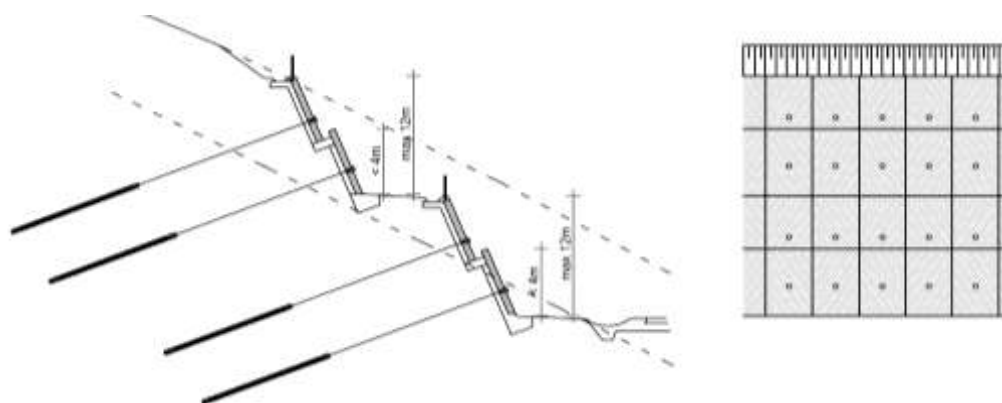
U slučaju degradiranog zemljišta, za popunjavanje se koristi kameni nabačaj na drenažnom betonu.

Međusobni razmak između vertikalnih i horizontalnih greda zavisi od karakteristika zaleđa i visine zida. Razmak između vertikalnih greda obično ne treba da bude veći od 6,0 između horizontalnih greda i ne treba da bude veći od 4,0 m po vertikali.

Maksimalna visina pojedinačnog zida iznosi od 10 – 12 m u zavisnosti od nagiba zida. Ukoliko se obezbeđuje ukop većih visina, zaštitna konstrukcija se izvodi u dva dela korišćenjem berme između njih koja služi za pravilno odvodnjavanje i održavanje objekta. Minimalna širina berme je 3,0 m.



Slika 10.5.7: Ankerisani zid



Slika 10.5.8: Ankerisani zid sastavljen od više etapa

10.5.2.8 Ankerisani zidovi

Ankerisani monolitni i/ili montažno-monolitni armirani betonski zidovi koriste se za nekoherentna i koherentna tla.

Zid po visini može biti sastavljen od više etapa. Zidovi visine do 6,0 m se izvede u jednoj etapi.

Zidovi većih visina od 6,0 m izvede se u dve ili tri etape. Maksimalna visina pojedinačne etape iznosi 4,0 m, a ukupna maksimalna visina od 10 do 12 m. Ukupna visina zida zavisi od visine potrebnog osiguranja padine.

Između pojedinih etapa treba predvideti stepenicu širine do 1,0 m, koja služi za izgradnju, odvodnjavanje i održavanje konstrukcije. Ako je visina padine veća od 10

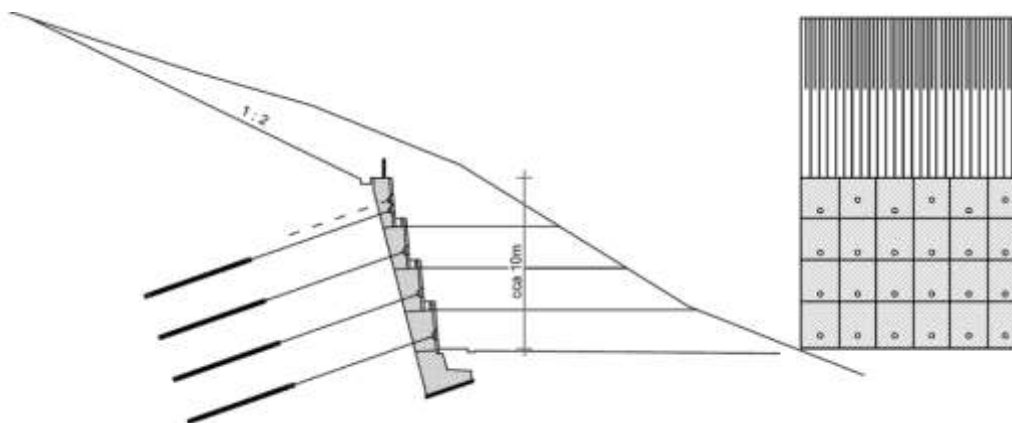
do 12 m, između pojedinih delova zida ostavlja berma širine 3 m. Berma služi za izgradnju, odvodnjavanje i održavanje konstrukcije.

Debljina ovih zidova je min. 40 cm zbog prenošenja sila ankerisanja, dok maks. debljina iznosi 60 cm.

U slučaju da se koriste ankerisane montažne ploče, potrebno je uzeti u obzir njihovu težinu, pošto se dovoze na gradilište i ugrađuju na predviđeno mesto. Dimenzije ploča su ograničene zbog transporta. Kod ove vrste ankerisanih zidova temelj služi za montažu u fazi izgradnje.

10.5.2.9 Posebni ankerisani zidovi građeni odozgo nadole

Ova grupa ankerisanih zidova koristi se u slučaju kada treba obezbediti padinu od nekoherentnog i koherentnog tla srednjeg kvaliteta.



Slika 10.5.9: Ankerisani zid građen odozgo nadole

10.5.2.10 Ankerisani zidovi od bušenih šipova

Zidovi od bušenih šipova su konstrukcije opterećene na savijanje, napravljene od armiranih betonskih šipova okruglog preseka prečnika od 80 do 150 cm. Koriste se za zaštitu ukopanih kosina, kosina nasipa, dubokih građevinskih jama i u slučajevima kada usled potencijalne nestabilnosti terena prvo treba ugraditi potpornu konstrukciju, a nakon toga izvršiti iskop. Zidovi od bušenih šipova se često ankerišu.

Zidovi od bušenih šipova su skupe konstrukcije, zahtevne za izvođenje i

Osnovna karakteristika ove grupe je ograničena visina etape na maks. 3 m zbog slabijih karakteristika tla u odnosu na tlo u kome se primenjuju ankerisani zidovi.

Posebna karakteristika ovih zidova je tehnologija izvođenja sa početkom na vrhu zida i završetkom u temelju.

Obrnuto primenjen postupak izvođenja govori da ova tehnologija spada u veoma zahtevne načine izvođenja zidova.

Zidovi se izvode po etapama maks. visine 3 m i odsecima max. dužine 6 do 7 m. U jednoj kampadi mogu da se izvode radovi na više deonica po šahovskom sistemu.

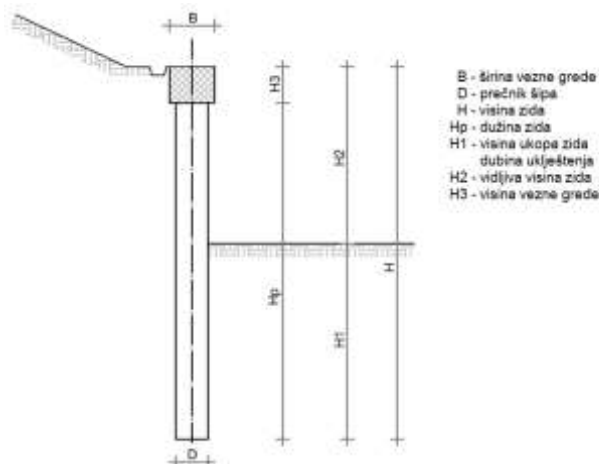
Visina ovih zidova, zbog estetskog i funkcionalnog izgleda je ograničena na približno 10 m. Ukoliko je potrebna veća visina zida za obezbeđivanje iskopa, treba predvideti bermu i nastaviti zaštitu jednim od nabrojanih tipova zidova.

održavanje zbog ograničene trajnosti geomehaničkih sidara. Zbog ove činjenice njihova primena u zaštiti pokosa nasipa i ukopa mora da bude dobro utemeljena i opravdana još u izradi prve faze projekta puta i putnih objekata.

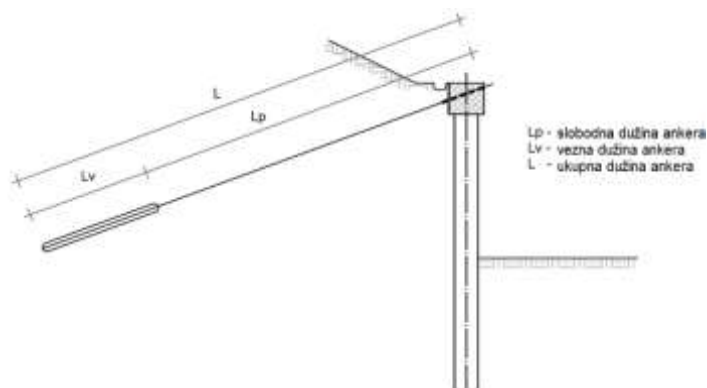
Izbor i opravdanost korišćenja zidova od bušenih šipova treba da bude plod saradnje projektanta puta, stručnjaka za geomehaniku i projektanta konstrukcije. Odluka o izboru donosi se na osnovu najmanje dva izrađena varijantna rešenja koja se zasnivaju na dovoljno obrađenim putnim i geomorfološkim osnovama.

U pogledu položaja odnosno načina na koji se opterećenja prenose, zidovi od bušenih šipova se dele na:

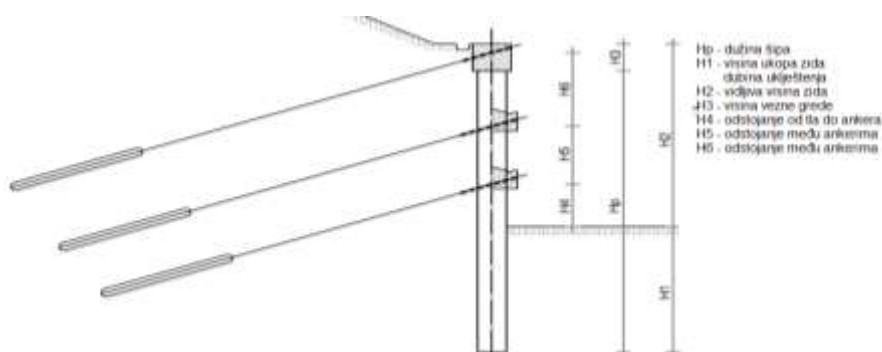
- potporne konstrukcije koje obezbeđuju odnosno podupiru nasip ili kosinu ispod puta
- potporne konstrukcije koje osiguravaju kosine ukopa iznad puta.



Slika 10.5.10: Zid od bušenih šipova bez sidara



Slika 10.5.11: Zid od bušenih šipova sa ankerima na vrhu



Slika 10.5.12: Višestruko ankerisani zid od bušenih šipova

U odnosu na način prenošenja horizontalnih sila, zidovi se dele na:

- **Zidovi od bušenih šipova bez ankerisanja** su konstrukcije koje samo svojim ukleštenjem u tlo i otporom na

savijanje obezbeđuju kosine ukopa ili nasipa – konzolni zid.

- **Zidovi od bušenih šipova sa ankerima na vrhu** su konstrukcije sa ukleštenjem u tlo koje sa otporom na savijanje i

geomehaničkim ankerima na vrhu zida obezbeđuju kosine ukopa ili nasipa.

- **Višestruko ankerisani zidovi od bušenih šipova** su konstrukcije kojima se obezbeđuju kosine ukopa ili nasipa uklještenjem u tlo, otporom na savijanje i geomehaničkim ankerima ugrađenim u više nivoa po visini zida .

10.5.3 KONSTRUISANJE ANKERISANIH ZIDOVA

10.5.3.1 Uvod

Konstruisanje ankerisanih zidova proizlazi iz činjenice da geomehanički ankeri preuzimaju horizontalnu silu, dok betonska konstrukcija predstavlja osnovu za preuzimanje sila. Jedna od karakteristika ankerisanih zidova je kontaktno betoniranje. Iz ovog razloga iza zida ne mogu da se izvedu uobičajene drenaže od filterskih slojeva, kao u slučaju gravitacionih zidova. Iz ovog razloga se iza zida ugrađuje jednofrakcioni drenažni beton ili se položi drenažni geotekstil.

Drenažni geotekstil istovremeno sprečava mešanje zemlje i betona kod kontaktnog betoniranja. Ako u zaleđu zida dođe do većeg priliva vode, izvode se horizontalne drenaže u padini koje se povezuju sa sistemom odvodnjavanja zida.

Kosine obezbeđene ankerisanim zidovima treba odvodnjavati na kvalitetan i odgovarajući način. Zbog toga se na vrhu zida i na vrhu eventualnih kampada predviđaju kanalete odnosno odvodni járci. Kompletan odvodnjavanje treba projektovati u skladu sa hidrološkim i hidrogeološkim podacima. Posebno treba obraditi

spvođenje kanalic i jaraka na velikim strminama koje se često pojavljuju pri zaključivanju zidova. Korita jaraka treba da budu napravljena u obliku i od materijala koji umiruju vodotok i razbijaju energiju toka vode.

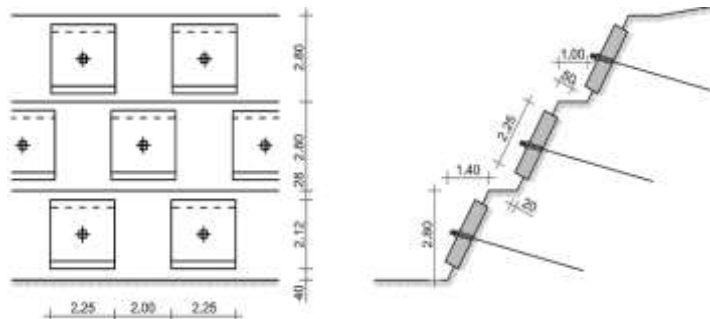
Kod konstruisanja ankerisanih zidova broj geomehaničkih sidara treba ograničiti na najmanju moguću meru. Kod izbora broja sidara treba poštovati osnovno načelo da izabrani anker ima nosivost koju dozvoljava kvalitet ankerisanog zaleđa.

Kvalitet betona za ankerisane zidove je min. C 25/30 (MB 30) za stepen izloženosti XC2 (OMO). Beton mora biti vodonepropustan. Vrsta i kvalitet armature je min. S400 (RA 400/500).

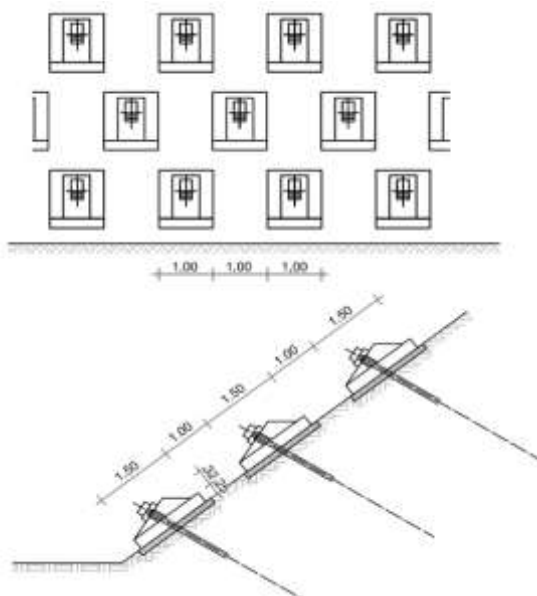
U slučaju da je ankerisani zid lociran uz kolovoz, onda beton mora da odgovara klasi za stepen izloženosti XF2 (OSMO). U ovakvim slučajevima se donji deo površine ankerisanog zida na min. visini 3,0 m od donje vidljive ivice zida štiti sa epoksi premazom koji povećava otpornost betona na mraz zahvaljujući prisustvu soli.

Ankerisani zidovi u samoj koncepciji nude dosta alternativnih rešenja u pogledu njihove namene i izgradnje. Primeri navedeni u smernici od ankerisanog bloka do ankerisanih zidova su rešenja koja se najčešće primenjuju u praksi.

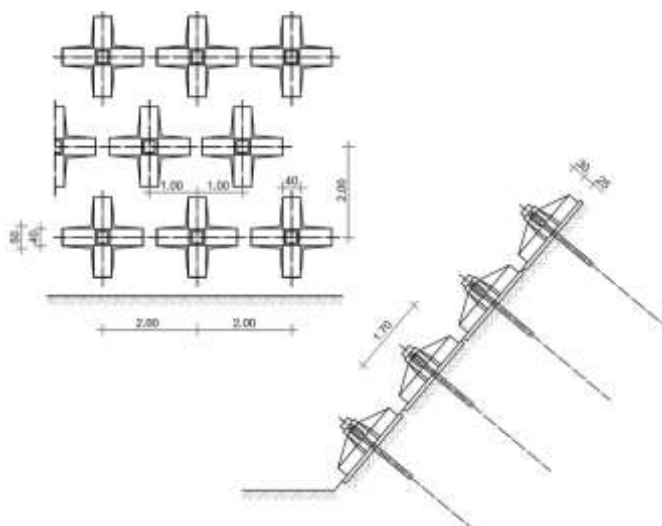
Na osnovu datih principa i koncepata, u visokim zasecima i ukopima sa različitim geološko-geomehaničkim profilima i nagibima, mogu da se projektuju različiti tipovi ankerisanih konstrukcija.



Slika 10.5.13: Ankerisani blok pravougaonog oblika



Slika 10.5.14: Ankerisani blok u obliku trostrane prizme



Slika 10.5.15: Ankerisani blok u obliku zvezde

10.5.3.2 Konstrukcije ankerisanih blokova

Ankerisani blokovi su armirani betonski elementi dimenzija koje su određene na osnovu dozvoljenih kontaktnih napona u tlu odnosno veličine sile ankerisanja i potrebnih mera za ugrađivanje ankera.

Blokovi su u većini slučajeva montažni ili su betonirani na licu mesta. Kod konstruisanja blokova mora da se obezbedi ravnomerno unošenje sile u temeljno tlo. To znači da sila ankerisanja mora da „padne“ u blizini težišta kontaktne površine.

Kotva – glava ankera može da bude potopljena u blok za ankerisanje ili izvučena na površinu bloka. Prednost rešenja sa kotvom na površini bloka je jednostavnija izrada oplata, armature bloka, nema slabljenja betonskog preseka, a prenos sile ankerisanja u blok je bolji.

Montažni blokovi se ugrađuju na poravnatu površinu od izravnavajućeg podbetona debljine približno 10 cm.

Oblici ankerisanih blokova su različiti: kvadratni, pravougaoni, okrugli, elipsasti ili zvezdasti (slike 10.5.13, 10.5.14 i 10.5.15).

10.5.3.3 Konstrukcije ankerisanih vertikalnih greda

Ankerisane vertikalne ili kose grede su armirani betonski elementi kod kojih se nagib, dimenzije i raspored određuje na osnovu geološko-geomehaničkih karakteristika padine, kontaktnih napona, veličine sile ankerisanja i potrebne dimenzije za ugrađivanje kotve, te načina gradnje.

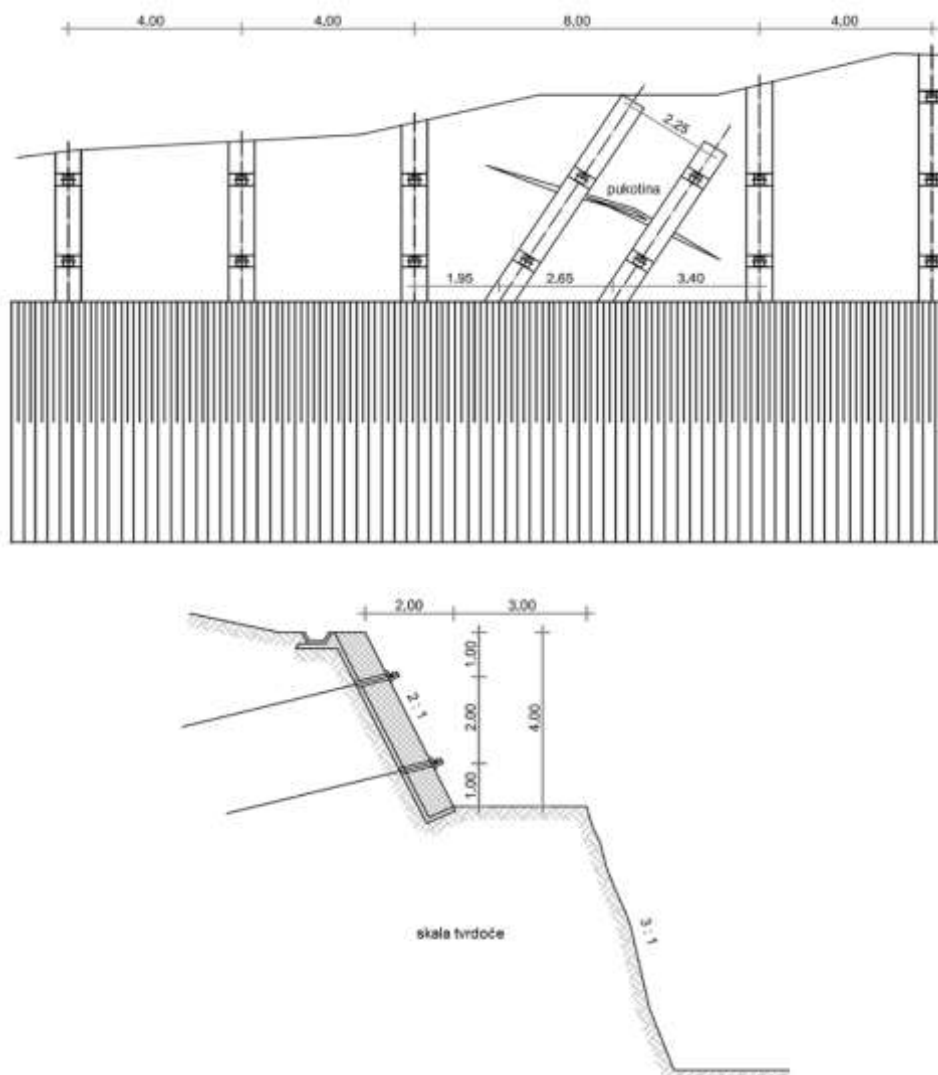
Ankerisane grede se u većini slučajeva izrađuju na licu mesta, mogu da budu i montažne ako to dozvoljavaju karakteristike padine, prilazni putevi i potrebna mehanizacija.

Razmak između greda zavisi od karakteristika padine. Orijetaciono se kreće između 2 i 6 m. Dimenzije preseka greda zavise od načina ugrađivanja kotve – glave ankera. U slučaju „potopljene“ kotve dim. š/v

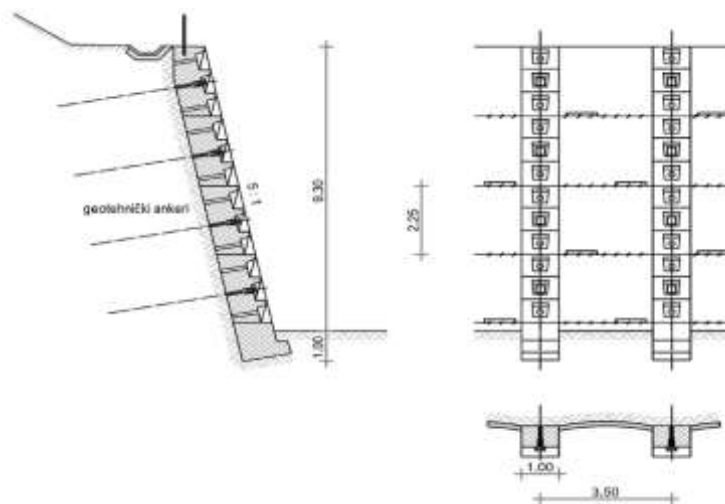
= 80/80 cm, a ako je kotva „izvučena“ na površinu, min. dimenzije su š/v = 40/40 cm. Grede koje se izvode na licu mesta treba da budu ukopane 15 – 20 cm u padinu. Betoniranje se izvodi kontaktno na podlozi od izravnavajućeg podbetona debljine min. 10 cm (slika 10.5.16).

Kod montažnih greda kontaktnu površinu treba pripremiti na način koji garantuje naleganje grede po čitavoj kontaktnoj površini. Obično se to postiže tako što se kod montaže grede ostavi slobodan prostor između grede i terena koji se naknadno ispunjuje izravnavajućim podbetonom.

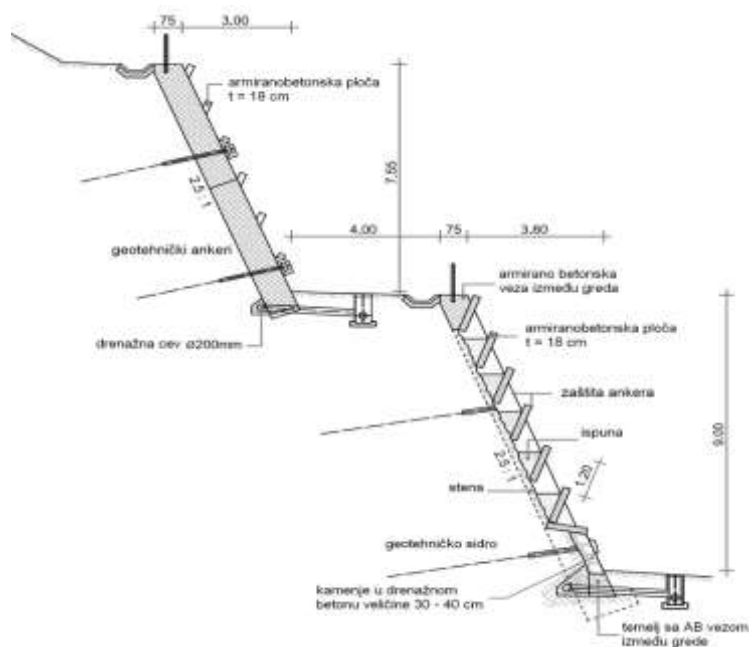
Kod manje kompaktnog tla gde se torkret beton upotrebljava između greda za obezbeđivanje kosine, grede se montiraju ili betoniraju na ugrađeni torkret beton.



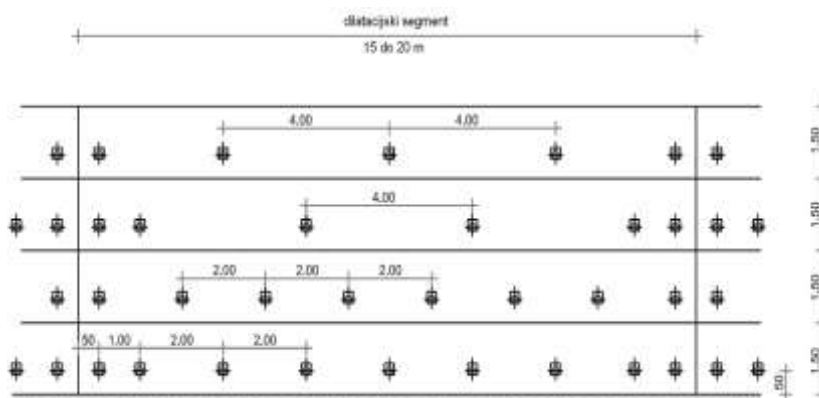
Slika 10.5.16: Ankerisane vertikalne i kose grede



Slika 10.5.17: Ankerisane vertikalne grede sa punjenjem – torkret beton



Slika 10.5.18: Ankerisane vertikalne grede sa punjenjem od armiranih betonskih ploča



Slika 10.5.19: Ankerisane horizontalne grede

10.5.3.4 Konstrukcije od vertikalnih ankerisanih greda sa punjenjem

Dimenzije, raspored, nagib, veličina sile ankerisanja i način izrade i u ovoj grupi ankerisanih zidova zavise od nabrojanih faktora u tački 10.5.3.3. Ova grupa se razlikuje od opisane u tački 10.5.3.3 samo po tome što se upotrebljava u nešto slabijim geomehničkim uslovima u kojima je neophodno da se prostor između greda obezbedi. Ova zaštita se postiže torkret betonom sa ili bez armature (slika 10.5.17).

U slučaju degradirane padine ili iz estetskih razloga kao punjenje mogu da se koriste armirani betonski montažni elementi koji omogućuju humusiranje i zasipavanje međuprostora. Dimenzije montažnih elemenata zavise od razmaka greda i karakteristika padine (slika 10.5.18).

10.5.3.5 Konstrukcije ankerisanih horizontalnih greda

Ankerisane grede su armirani betonski elementi kod kojih dimenzije, nagib i raspored određuju geološko-geomehničke karakteristike padine, kontaktni naponi, veličina sile ankerisanja i potrebne mere za ugrađivanje kotvi – glave ankera te način izgradnje (slika 10.5.19).

Grede se u većini slučajeva izrađuju u na licu mesta, ali mogu da budu i montažne. U slučaju izvođenja na licu mesta, dužine greda su teoretski neograničene, čime je i njihov učinak veći. Montažni elementi su ograničeni dimenzijama i težinom.

Visina greda je od 0,80 do 1,50 m, debljina od 30 do 60 cm, u zavisnosti od načina ugrađivanja kotve.

Kod ankerisanih greda koje se izrađuju na licu mesta, potrebno je da budu ukopane 15-20 cm u kosinu padine. Betoniranje se izvodi kontaktno na podlozi koja je pripremljena torkret betonom.

Ukoliko je padina stabilna u tolikoj meri da ne treba izvoditi osiguranje torkret betonom, onda se na zaleđu greda ugrađuje folija od geotekstila koja sprečava mešanje zemlje sa betonom.

Zbog lakšeg i jednostavnijeg armiranja i kontinuiranog toka opterećenja i napona,

bolje rešenje je ugrađivanje kotvi na površinu greda.

Izabrana konstrukcija se obično koristi na lokacijama i uslovima u kojima se u zaleđu ne očekuje prisustvo podzemne vode. Zbog toga nije potrebna izrada drenaža na zaleđu greda.

Na vrhu svake grede treba predvideti kanaletu odgovarajućih dimenzija za odvodnjavanje površinskih voda iznad zida.

10.5.3.6 Konstrukcije ankerisanih roštilja

Ankerisani roštilji su međusobno povezani armirani betonski horizontalni i vertikalni elementi čije dimenzije, raspored i nagib određuju geološko-geomehničke karakteristike padine, kontaktni naponi, veličine sile ankerisanja i potrebne mere za ugrađivanje kotvi – glave ankera te način izgradnje (slika 10.5.20).

Konstrukcije ankerisanih roštilja se najlakše i najkvalitetnije izrađuju na licu mesta. Dimenzije preseka greda roštilja zavise od načina ugrađivanja kotvi. U primeru "potopljene" kotve je dimenzija š/v = 80/80 cm, a ako je kotva „izvučena“ na površinu, onda je min. dimenzija š/v = 40/40 cm.

Razmak vertikalnih greda je 3 do 6 m, a horizontalnih 2 do 5 m. Geotehnički ankeri treba predvideti na ukrštanju greda. Potrebna dodatni ankeri i rupe za rezervne ankere ugrađuju se u međuprostoru između ukrštanja vertikalnih i horizontalnih greda.

Vertikalne i horizontalne grede roštilja izrađuju se na pripremljenoj podlozi od izravnavajućeg podbetona.

Izabrana konstrukcija se obično upotrebljava na lokacijama i u uslovima na kojima se u zaleđu ne očekuje podzemna voda. Zbog toga se ne izvode drenaže na leđnim stranama greda konstrukcije roštilja.

Na vrhu zida i na vrhu eventualnih bermi treba predvideti kanaletu odgovarajućih dimenzija za odvodnjavanje površinskih voda iznad zida.

Radi lakšeg i jednostavnijeg armiranja i kontinuiranog toka opterećenja i napona, treba predvideti ugrađivanje kotvi na površini greda roštilja. Prostor između vertikalnih i horizontalnih greda roštilja treba da bude zaštićen torkret betonom ako su u pitanju lokalno nestabilne površine.

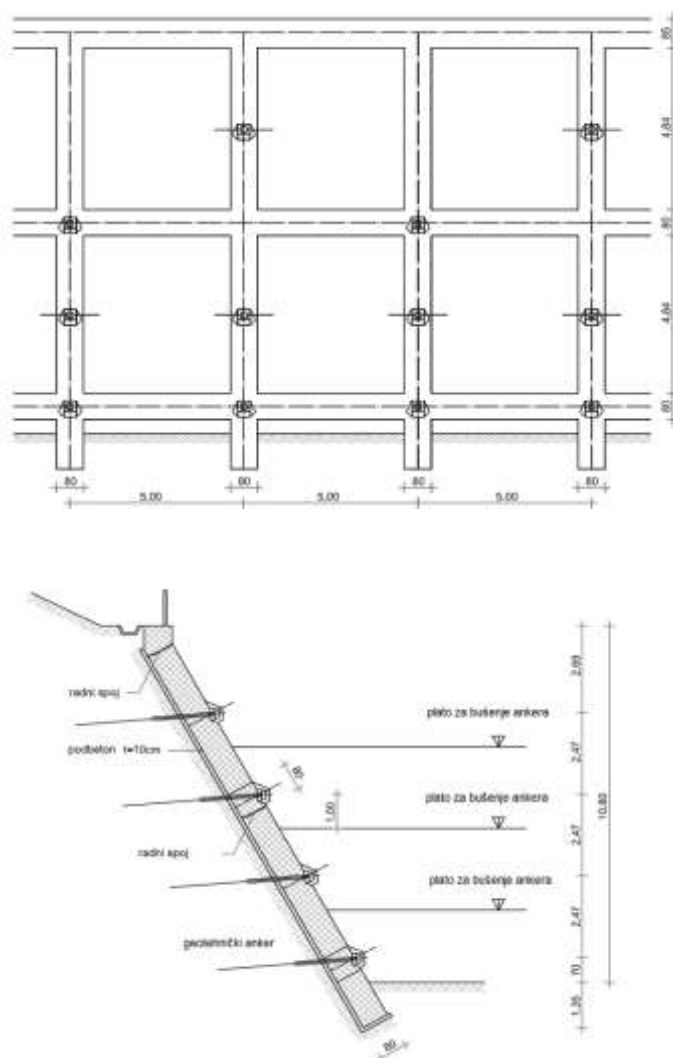
10.5.3.7 Konstrukcije ankerisanih roštilja sa punjenjem

Dimenzije, raspored, razmak horizontalnih i vertikalnih greda, veličina sile ankerisanja i način izvođenja u ovoj grupi ankerisanih zidova zavisi od faktora nabrojanih u tački 10.5.3.6. Ova grupa zidova razlikuje se od opisane u tački 10.5.3.6 po tome što se koristi u nešto slabijim geomehničkim uslovima u kojima prostor između greda treba osigurati od klizanja i raspadanja. Nagib konstrukcije je manji od konstrukcija bez punjenja (slika 10.5.21).

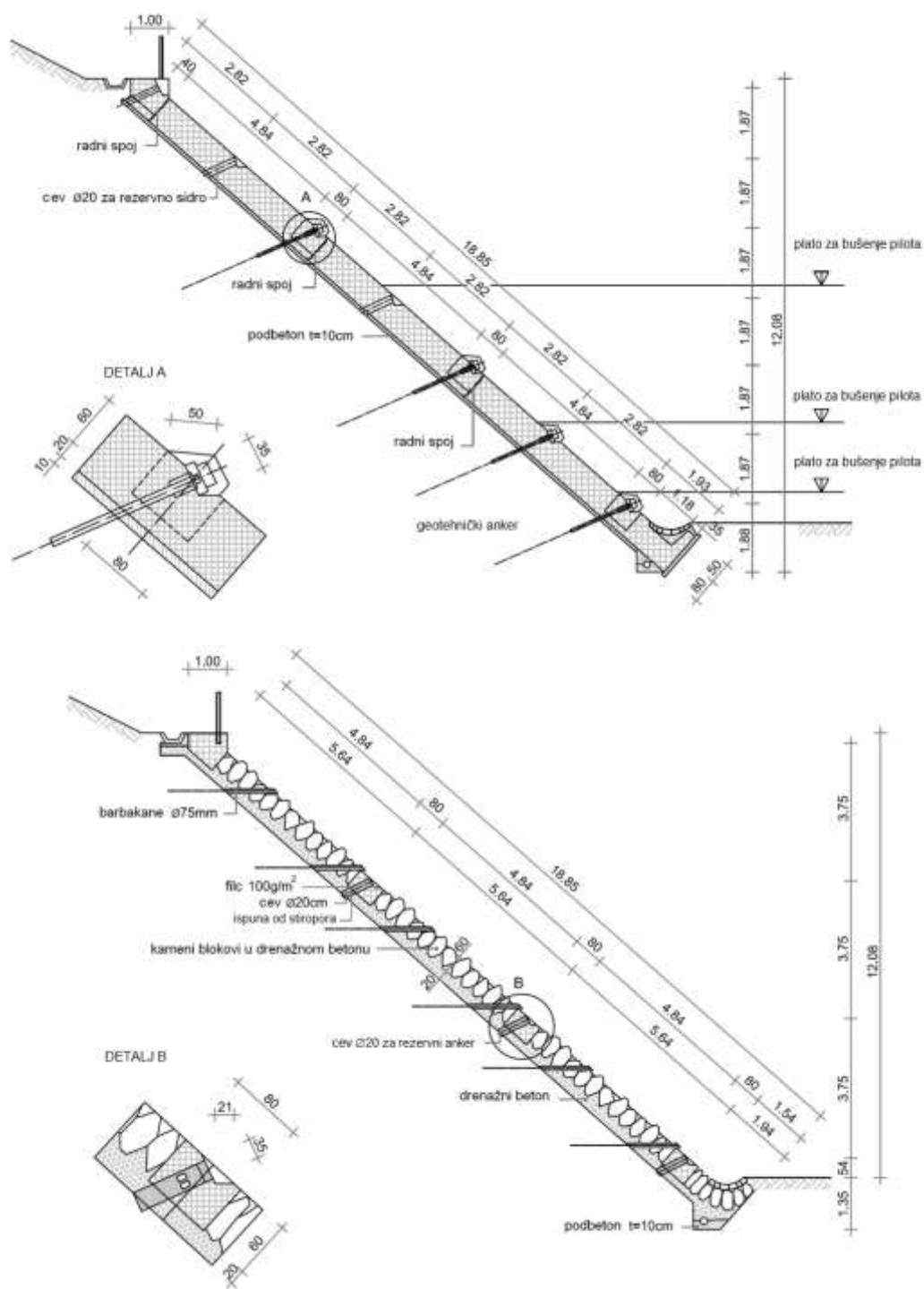
Kao punjenje između horizontalnih i vertikalnih greda roštilja koristi se složeni kamen iz odgovarajućeg autohtonog kamenoloma koji se polaže u drenažni beton.

Veličina pojedinih komada iznosi od 40 do 70 cm, a debljina drenažnog betona min. 20 cm. Ukupna debljina ispune treba da bude min. 80 cm. Površinske fuge između kamenih blokova u dubini od 10 do 15 cm ispunjavaju se humusom ili cementnim malterom.

Vertikalne grede roštilja betoniraju se na izravnavajući sloj podbetona, dok se horizontalne grede roštilja i punjenje betoniraju na sloju filterskog betona koji omogućuje dreniranje vode iza zaleđa. Na najnižoj tački zida – uz petu temelja zida duž čitave dužine zida treba voditi drenažnu cev. Na svakih 30 m drenaža mora da se poveže sa kontrolnim šahtom ispred zida, a šahтови su povezani sa sistemom za odvodnjavanje celog zida.



Slika 10.5.20: Konstrukcija roštilja za ankerisanje



Slika 10.5.21: Ankerisana konstrukcija roštilja sa punjenjem

10.5.3.8 Konstrukcije ankerisanih zidova

Ankerisani armirani betonski zidovi u celosti mogu da se izrade na licu mesta, a mogu da budu polumontažne izrade. Nagib i dimenzije zavise od geološko-geomehaničkih karakteristika padine, kontaktnih napona, veličine sile ankerisanja, potrebnih mera za

ugrađivanje kotve – glave ankera te načina izgradnje.

U slučaju izgradnje na licu mesta, prethodno se na zaleđu padine izvede sloj drenažnog betona ili folija drenažnog geotekstila, pa se tek onda pristupa izgradnji zida. Minimalna debljina zida je 30 cm, odnosno zavisi od dimenzija čaure sistema za prednaprezanje geotehničkog ankera. Drenažni sloj mora da

bude debeo min. 15 cm. Kotvu – glavu ankera treba izvući iz ravnine zida (slika 10.5.22).

Kod delimično montažne izgradnje postoje najmanje dve varijante:

Kod prve varijante se na iskopanu i pripremljenu padinu prostre drenažni geotekstil, dok se za oplatu zida koristi montažna armirana betonska ploča na koju je pričvršćena potrebna armatura zida. Prostor između geotekstila i montažne ploče ispuni se betonom. Ploča na spoju mora da ima ankere odnosno omče sa kojima se montažna ploča i punjenje sprežu u noseći sistem zida. Minimalna debljina montažnih ploča je 15 cm, a dodatnog betona min. 30 cm. Ukupna debljina zavisi od dimenzija tulca sistema za prednaprezanje geotehničkog ankera. Veličina ploče zavisi od transportnih sredstava, s tim da nisu šire od 220 cm i više od 350 cm (slika 10.5.23).

Prednost ove varijante su manji troškovi oplata, brže napredovanje radova, kvalitetnija izrada vidne površine zida i lepši izgled zida.

Kod druge varijante prvo se izvodi temelj sa otvorima za ugrađivanje moždanika na koji se nataknu montažne ploče (slika 10.5.24). Ploče su debele min. 30 cm i imaju dimenzije koje odgovaraju težini i dimenzijama koje omogućuju utovar, transport i laganu montažu uz korišćenje jednostavnije mehanizacije. Prostor između padine i ploče popunjava se filterskim drenažnim betonom min. debljine 15 cm. Ako bi, pri ugrađivanju filterskog betona, moglo da dođe do mešanja sa zemljom, pre betoniranja padine treba prostrti geotekstil.

Za odvodnjavanje drenažne i površinske vode važe opšta pravila.

10.5.3.9 Posebne konstrukcije ankerisanih zidova građenih odozgo nadole

Posebni sistemi armiranih betonskih zidova građeni po tehnologiji odozgo nadole u celini mogu da se grade na licu mesta ili u delimičnoj montažnoj izradi. Dimenzije i nagib zida određuju geološko-geomehaničke karakteristike padine, kontakti naponi u tlu i

veličina raspoloživih sila ankerisanja (slika 10.5.25).

Za razliku od ankerisanih zidova iz t. 10.5.2.8, kod ovih tipova zidova može da se postigne strmiji nagib iskopa kosina – obično 4 : 1. Ovim se smanjuje obim zaleđa na kome može da dođe do pojave nestabilnosti i obrušavanja tla kosine.

Tehnologija izrade ovog zida uzrokuje delimičnu nelogičnost u dimenzijama konstrukcije: debljina zida je na području najkvalitetnije kosine najveća.

Za ovaj zid je karakterističan nekonstantnog preseka po visini zbog tehnologije izgradnje. Na svakoj etapi se zid odmakne za oko 35 cm, da bi se omogućilo betoniranje zida niže – donje etape.

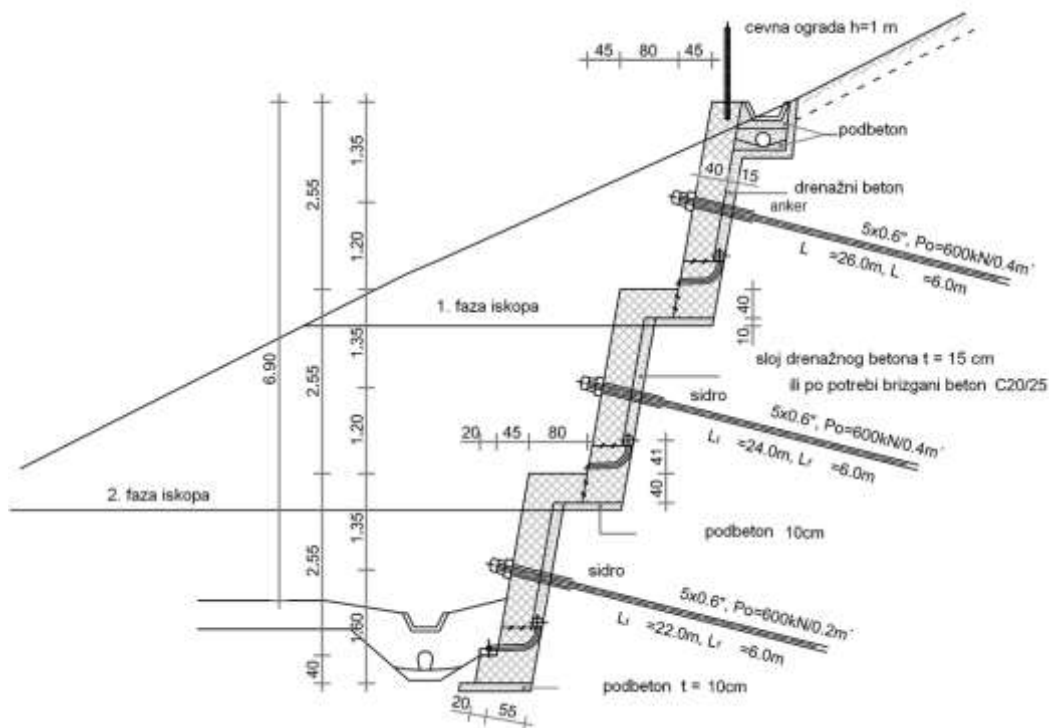
Sledeća karakteristika je da ovi tipovi zidova imaju temelj i da se betoniraju kontaktno. Zato se na zaleđe koje je u kontaktu sa betonom postavlja drenažni geotekstil.

Minimalna debljina zida prve etape je 40 cm, debljina zida sledećih etapa je veća zbog smicanja.

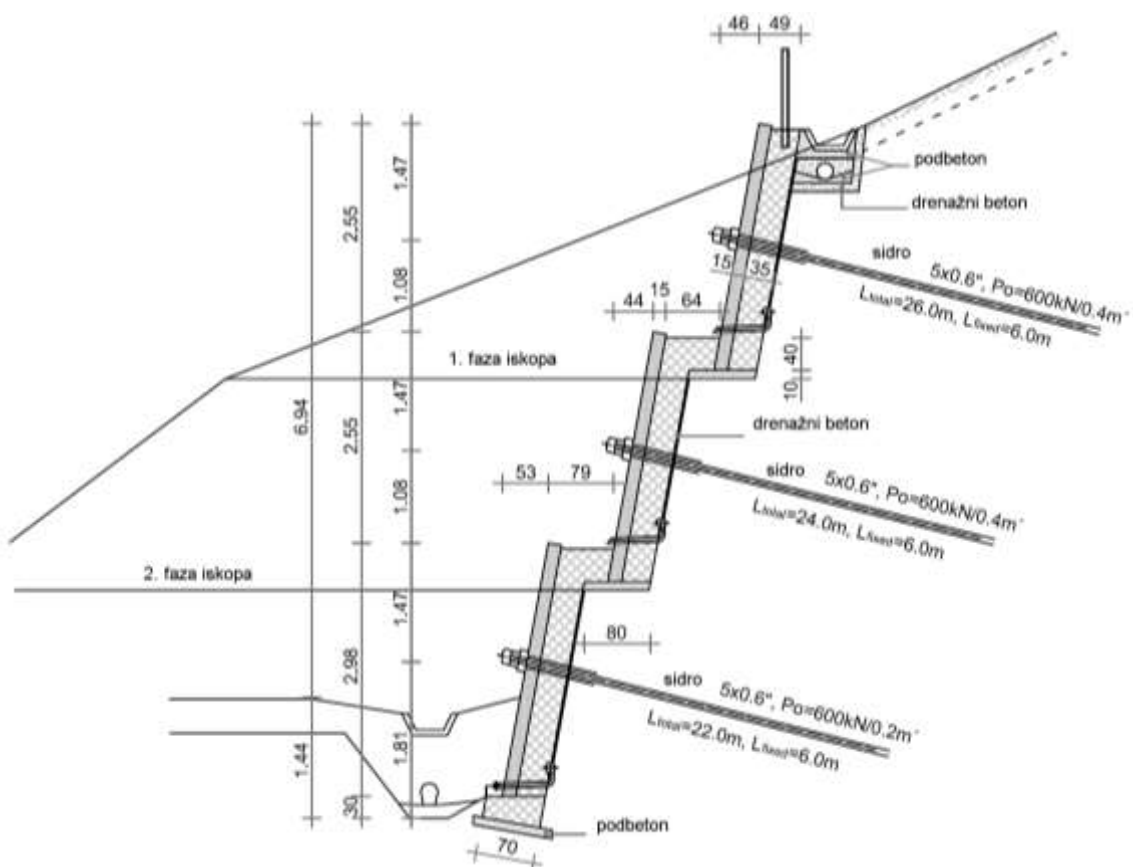
Ovi tipovi se obično izrađuju po montažno-monolitnoj tehnologiji. Pri tom se upotrebljavaju montažne ploče deb. min. 15 cm koje služe kao oplata sa čeone strane zida. Ploče se izrađuju u bazi i isporučuju na gradilište. Širina je ograničena transportom na maks. 2,2 m. Visina ne treba da prelazi 3,50 m. Ovakve dimenzije ploča dostižu težinu koja se još uvek može savladivati na teško dostupnim mestima uz upotrebu uobičajene mehanizacije.

Prvu etapu treba izgraditi uz najveću pažnju, pošto se izvodi u najtežim geološko-geomehaničkim uslovima. Jedna od mera koja se primenjuje u prvoj etapi jeste ugrađivanje kotvi na dve različite visine u cilju sprečavanja rotacije zida.

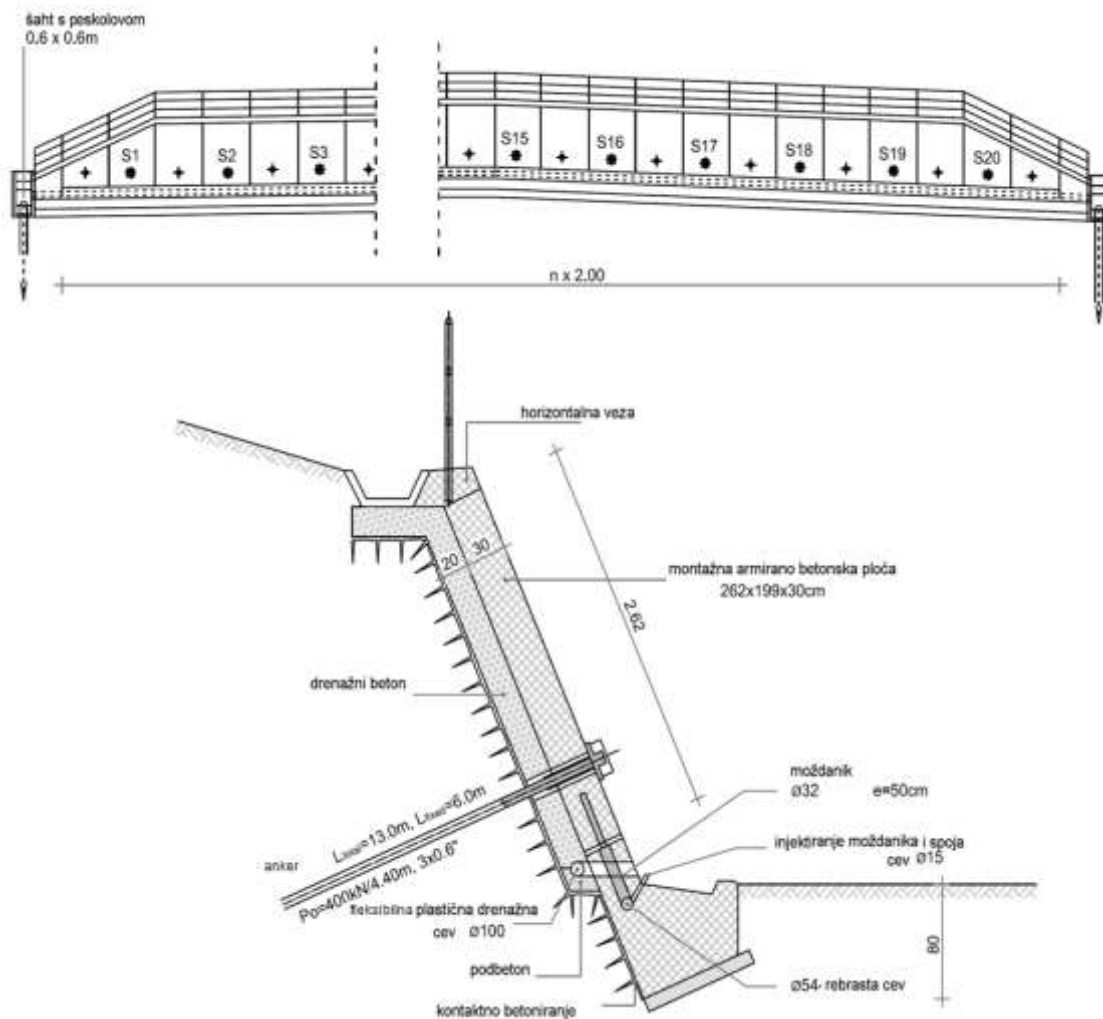
Svaku izvedenu etapu treba pre bilo kakvog nastavka radova treba ankerisati. Tek kada su svi delovi jedne kampade uankerisani radovi mogu da se nastave sa potkopavanjem već izrađenih etapa. Sledeće etape se rade po etapama na preskok.



Slika 10.5.22: Ankerisani zid u monolitnoj izradi



Slika 10.5.23: Ankerisani zid u polumontažnoj izradi



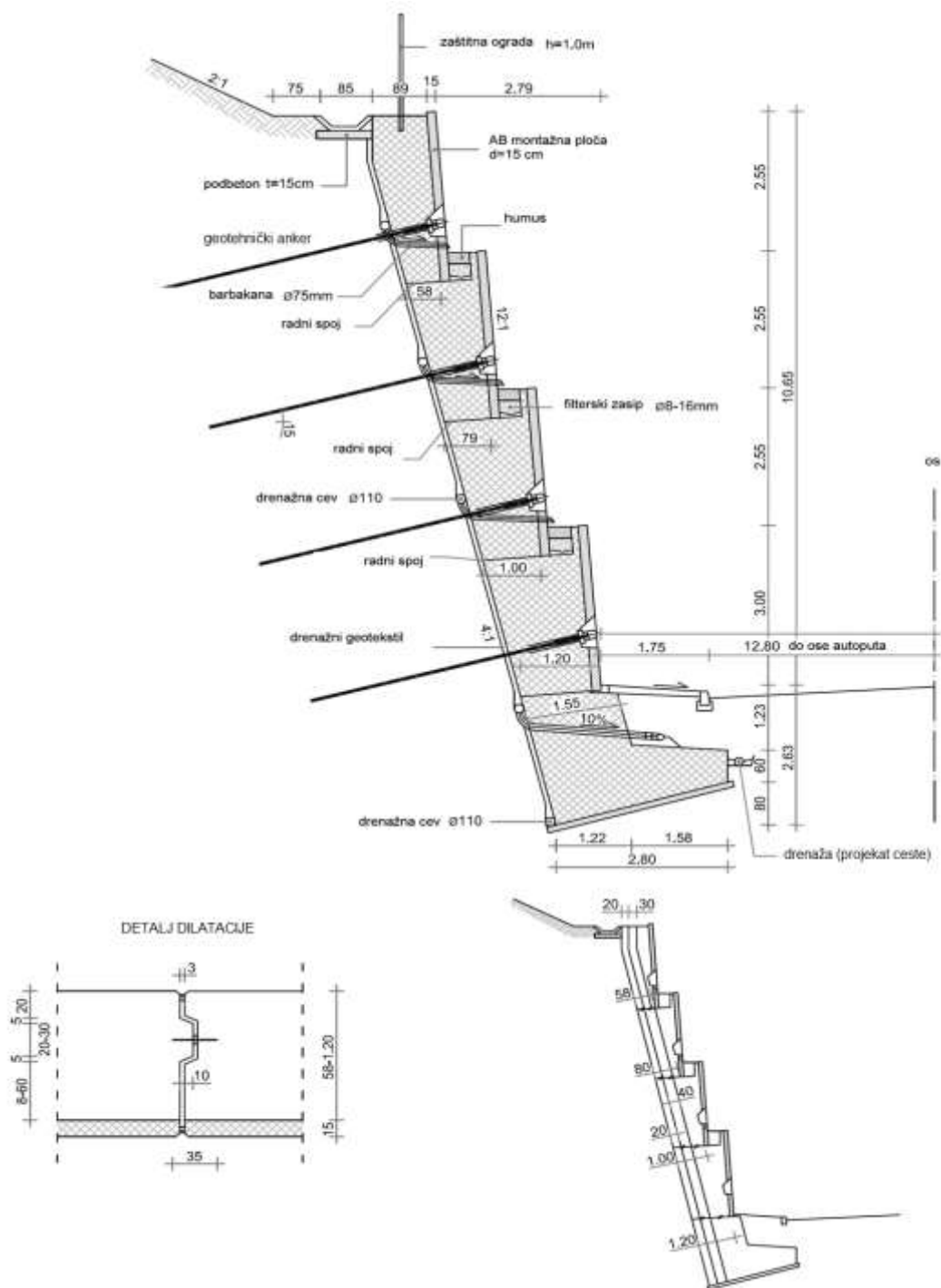
Slika 10.5.24: Delimično montažni ankerisani zid

U svakoj kampadi zida mora na dnu mora da se ugradi armatura za ankerisanje $\varnothing 32/33$ cm ili $\varnothing 28/25$ cm koja služi za međusobno povezivanje kampada.

Pre betoniranja zida preko površine padine koja dolazi u dodir sa betonom, treba položiti drenažni geotekstil koji se poveže na drenažnu cev koja ide po dužini iza zida na

svakoj kampadi. Ove cevi se na krajevima povezuju sa kanalicama koje idu po kosini krajeva zida.

Na najnižoj tački zida – peti temelja treba ugraditi drenažnu cev koja se na krajevima zida spaja sa sistemom za odvodnjavanje saobraćajnice ili se izvodi na slobodno oticanje.



Slika 10.5.25: Karakteristični poprečni presek ankerisanog zida građenog odozgo nadole

10.5.3.10 Konstrukcije zidova od šipova

Stabilnost i sigurnost zidova od šipova moraju da se obezbede sa otporom tla i geotehničkim ankerima u slučaju ankerisanja, krutošću na savijanje koja igra najznačajniju ulogu kod obezbeđivanja pouzdanosti ovakve konstrukcije.

Da bi se svi elementi zidova od šipova optimalno uključili i iskoristili u konstrukciji, potrebno je da se svim konstruktivnim delovima i geološko-geomehaničkim uslovima posveti znanje i stečena iskustva.

Treba imati na umu da se radi o sastavnim delovima konstrukcije koji u celosti nisu matematički obrađeni, usled čega iskustva u projektovanju dolaze do punog izražaja.

Zidovi od šipova su konstrukcioni objekti koji se po svojoj veličini i obliku ne uklapaju najbolje u okolinu. Predstavljaju samostalne potporne konstrukcije zbog čega, pored statičkog značaja, moraju da sadrže i elemente arhitektonskog oblikovanja.

Da li je zid od šipova pravilno uklopljen u okolinu najbolje se uočava na oblikovanju krajeva i vrha zida. Liniju vezne grede treba prilagoditi u najvećoj meri morfologiji padine. Veliki lomovi vezne grede nisu poželjni.

Krajevi zidova od šipova – spoj zida i padine treba oblikovati na način koji eliminiše neobične početke konstrukcije. Spoj zida i terena mora da se izvede spontano, odnosno da bude prilagođen terenu. Time se omogućuje kvalitetno i pravilno odvajanje površinskih voda iz kanalete u kontrolni šaht.

Treba praviti razliku u kakvo okruženje se zid ugrađuje. Ako se zid od šipova ugrađuje u osetljivo okruženje, kulturno i istorijsko zaštićeno, onda ovakva nezgrapna konstrukciju treba estetski da se obradi na odgovarajući način. Pri tom se pre svega misli na oblaganje zida kako bi dobio oblik fasade.

Potkonstrukciju, na koju se pričvršćuje obloga treba ugraditi na nosivu konstrukciju, tako da je omogućeno zračenje obloge i odvodnjavanje vode iz zaleđa. Detalji pričvršćivanja takođe treba da budu obrađeni na način koji neće predstavljati slaba mesta u konstrukciji.

Obloge zidova od šipova koje se preko potkonstrukcije pričvrste na šipove, odnosno grede, sprečavaju pregled i pristup do noseće konstrukcije. Ugrađivanje obloga predstavlja poseban problem kod ankerisanih zidova od šipova pošto ometaju kontrolu i održavanje kotvi geotehničkih sidara i pristup mernim i kontrolnim ankerima.

U svakom slučaju treba nastojati da raznovrsni oblici polukrugova šipova budu na

različitim međusobnim rastojanjima i da budu vidljivi, pošto takvi estetski izgledi nude istinsku strukturu koja svojim robusnim izgledom iskazuje svoju pravu namenu.

Zidove od šipova bez obloga treba oprati vodom pod pritiskom pri čemu treba paziti da se zbog previsokog pritiska ne ošteti vidljiva betonska struktura.

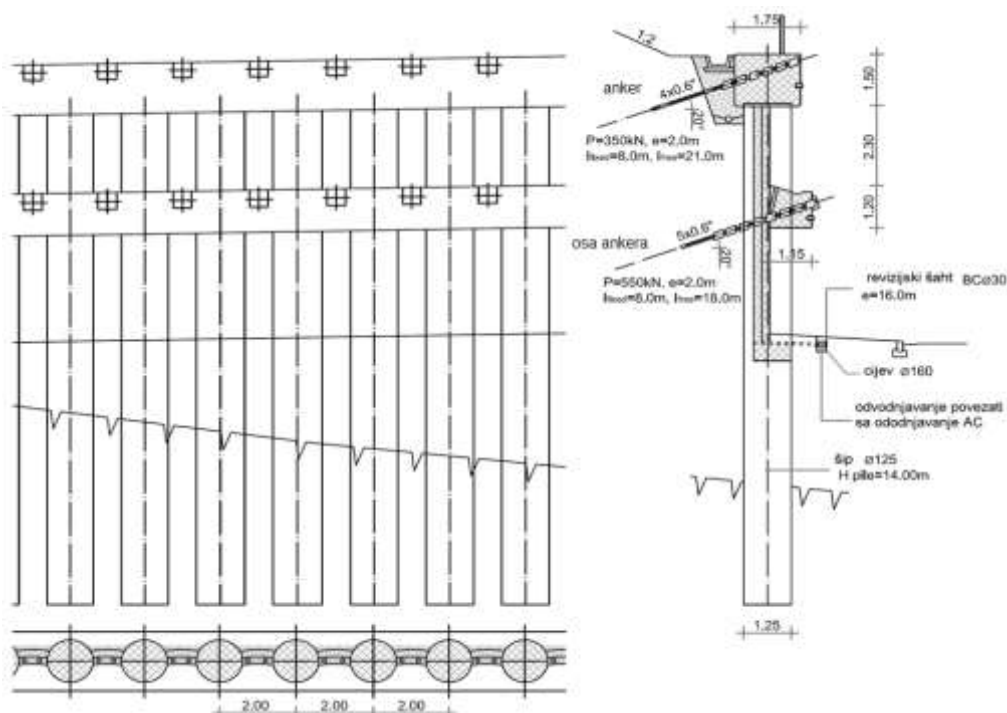
Estetsko poboljšanje pogleda na konstrukciju zida od šipova postiže se prirodnim ozelenjavanjem. U tu svrhu ispred zida treba predvideti prostor širine 60 do 80 cm koji se ispuni plodnom zemljom i zasade različite puzavice koje se preko ugrađene mreže penju duž šipova i tako delimično sakriju pogled na zid. Kod izbora sadnica treba paziti da ne dođe do narušavanja širine slobodnog saobraćajnog profila puta, te da su otporne na uticaj soli koja se koristi u zimskom periodu.

U slučaju prekomerne izraženosti nejednakog izgleda šipova i punjenja između njih, ukupnu vidljivu površinu zida bez vezne grede i grede za ankerisanje treba isprskati betonom sa dodatkom mikrovlakana.

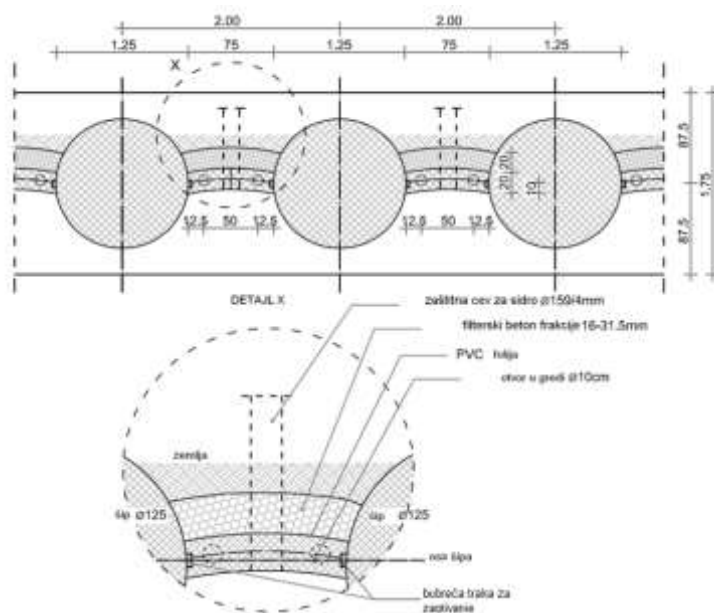
U slučaju da se zid od šipova nalazi neposredno uz kolovoz (potporni zid), tada donji deo zida do min. visine 3,0 m treba zaštititi epoksi premazom koji povećava otpornost betona na mraz uz prisustvo soli. Ovaj premaz mora da bude proziran i bezbojan da bi se očuvala i ostala vidljiva prirodna struktura betona.

Konstrukcija, armatura šipova i način izvođenja šipova su detaljno obrađeni u smernici SRDM 10.1 Temeljenje na bušenim šipovima.

Okrugli presek šipova u statičkom pogledu nije najugodniji za opterećenja na savijanje pošto je armatura u preseku slabo iskorišćena. Preporučuje se simetrično armiranje šipova zbog lakše izrade i eventualno naknadno ugrađenih sidara.



Slika 10.5.26: Deo konstrukcije zida od šipova sa ankerisanjem u dva nivoa



Slika 10.5.27: Punjenje između šipova

Kod izbora prečnika šipova, projektant treba da donese pravu odluku uzimajući u obzir geološko-geomehaničke karakteristike tla, hidrološke uslove i visinu zida. Izbor prečnika šipova direktno zavisi od opterećenja i dužine šipova.

Kod zidova od šipova koji su ankerisani u jednom ili više nivoa po visini upotrebljavaju se šipovi $\varnothing 100$ cm, a kod većih opterećenja $\varnothing 125$ cm. Ovi šipovi se svojom krutošću

bolje uklapaju sa ankerima u interakciji između konstrukcije i tla nego šipovi većeg prečnika.

Izbor promera šipa može da zavisi i od dužine šipa. U slučajevima kada je dužina šipa veća od dužine armaturne šipke glavne armaturne koševе treba produžiti, pošto mogu da nastupe teškoće u vezi sa minimalnim propisanim minimalne prostorima između šipki u području preklapanja. Razmak

između šipki mora da bude min. 3 cm kako bi sve šipke bile obavijene ugrađenim betonom.

Kod šipova prečnika \varnothing 125 cm, veće dubine od 12 mm i većeg procenta armiranja od 2,5 % neophodno je povećanje prečnika šipa, pošto ne može da se izvede pravilno nastavljanje armature preklopom. U slučaju da je šip kraći od 12 m može da se primeni i veći procenat armiranja.

Razmak između šipova zavisi od opterećenja zida i karakteristika tla u njegovom zaleđu, pošto prostor između šipova treba privremeno „otvoriti“ i očistiti, a nakon toga međuprostore popuniti oblogom prema projektovanim detaljima.

Usvojenom prečniku treba da se prilagodi i razmak između šipova. Najmanji razmak teoretski može biti jednak prečniku šipa, ali se preporučuje da min. razmak između šipova bude 10 cm zbog problema preciznosti kod bušenja. Najveći dozvoljeni

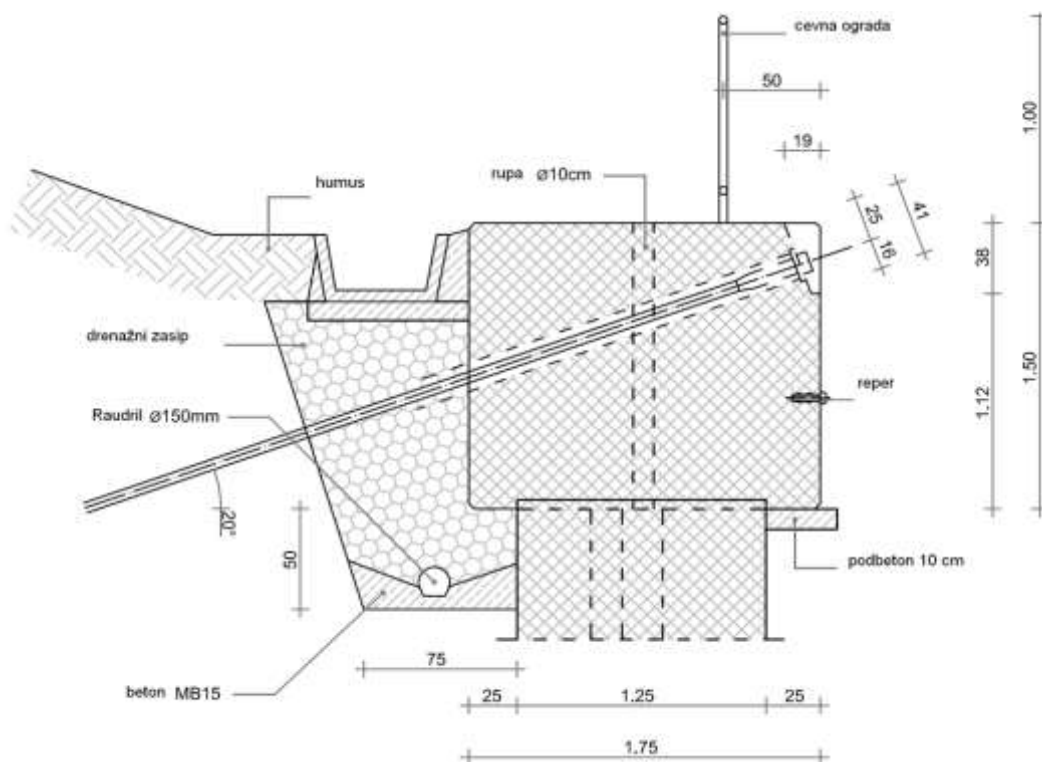
razmak, koji se preporučuje, zavisi od prečnika šipa, a iznosi:

- za šip \varnothing 100 cm: $e = 2,00$ m
- za šip \varnothing 125 cm: $e = 2,50$ m
- za šip \varnothing 150 cm: $e = 3,00$ m

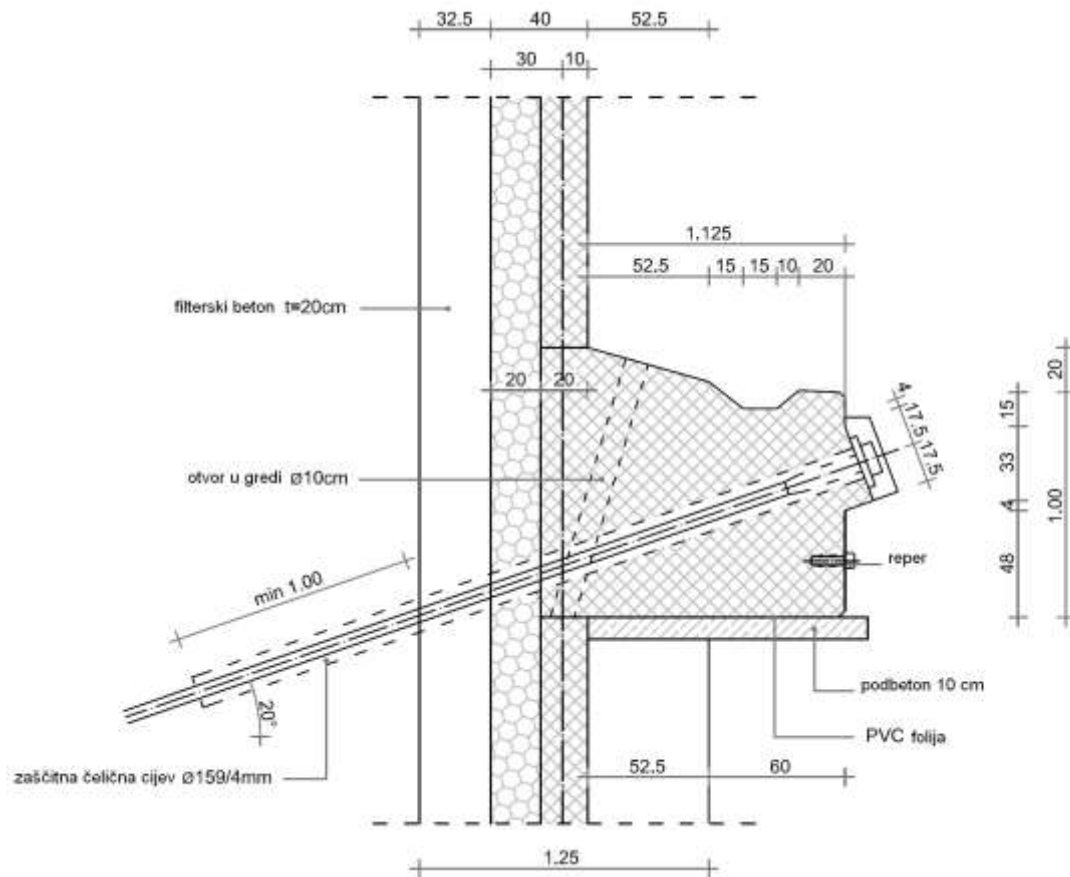
Vezne grede povezuju vrhove šipova ravnomernije raspoređuje pritiske na šipove i predstavljaju završetak zida koji je najizloženiji deo konstrukcije. Pošto se nalaze na udaru pogleda, treba da budu što kvalitetnije oblikovane (zarubljene ivice, beton odgovarajućeg kvaliteta, kvalitetna oplata).

Posebnu pažnju treba posvetiti položaju i postavljanju kotvi geotehničkih sidara, ako se radi o ankerisanom zidu.

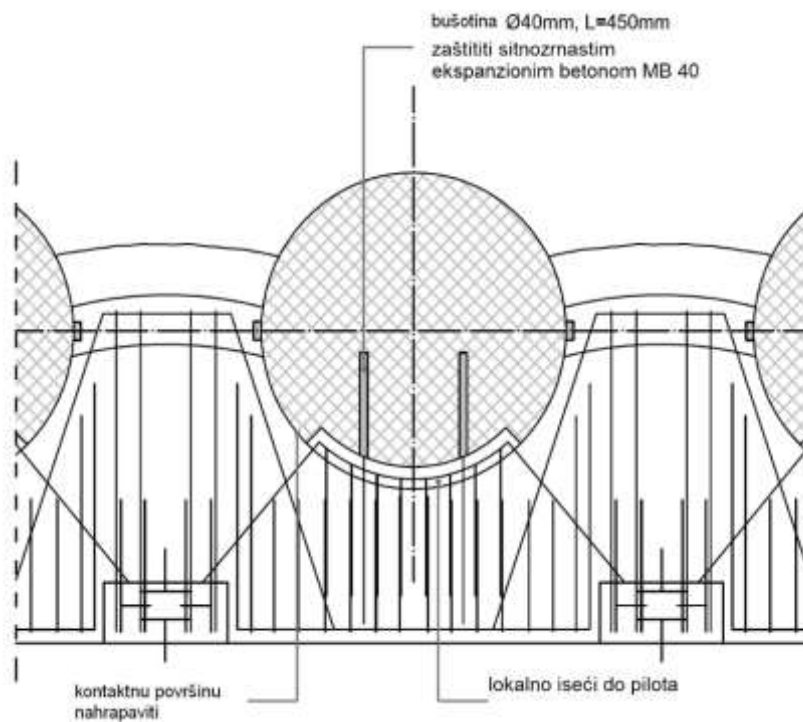
U ovom slučaju se na određenim mestima ugrađuju kontrolni i / ili ankeri za merenje koji treba da se održavaju na odgovarajući način.



Slika 10.5.28: Poprečni presek vezne grede



Slika 10.5.29: Poprečni presek srednje grede za ankerisanje



Slika 10.5.30: Povezivanje srednje grede sa šipovima

U slučaju da neposredno iznad zida od bušenih šipova prolazi saobraćajnica, vezna greda postaje deo kolovoza. U ovom slučaju vezna greda treba da bude oblikovana na odgovarajući način, a potrebno je ugraditi i zaštitnu ogradu i hodnik za pešake.

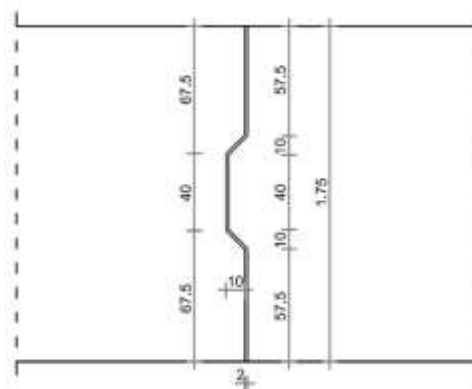
Vezna greda mora da ima takve dimenzije i krutost da može da podnese posledice eventualnih oštećenja nosećih elemenata zida na bušenim šipovima (lokalno veći pritisci zemlje, popuštanje šipa, popuštanje ankeri i prenos opterećenja na susedne šipove odnosno ankere).

Širina vezne grede treba da bude veća od prečnika šipa za 15 do 25 cm sa svake strane zbog eliminisanja mogućih grešaka kod izvođenja šipova, te zbog lakšeg i jednostavnijeg ugrađivanja armature u gredi. Vertikalna armatura šipa ne omogućuje ravnomernu raspodelu armature po donjoj stranici grede.

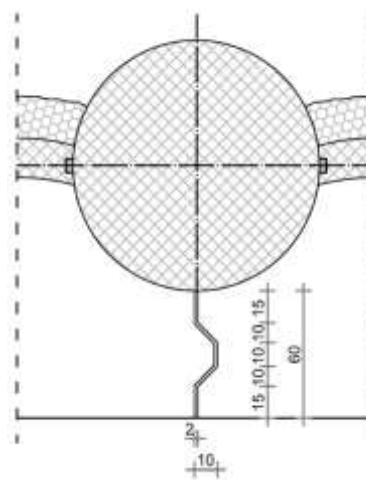
Visina vezne grede ne treba da bude veća od dužine ankerisanja armature šipa plus 10 cm. Ako se zid od bušenih šipova ankeriše, visina grede je min. 120 cm zbog pravilnog oblikovanja i obrade kotvi geotehničkih sidara. U podužnom smeru vezna greda treba da bude dilatirana na rastojanju od 15 do 20 m. U slučaju da se vezna greda na vrhu prilagođava razuđenom terenu, usled čega se u više navrata lomi, rastojanja između dilatacije su manja i prilagođena su mestima preloma.

Dilatacije se izvode u obliku „pero i žleb“. Srednje grede za ankerisanje se pojavljuju samo u slučajevima kod kojih je neophodno ankerisanje na dva ili više nivoa po visini zida od bušenih šipova. Srednje grede povezuju šipove u celinu, ali pre svega imaju ulogu elementa konstrukcije u koji se ugrađuju kotve geotehničkih sidara. Raspored ovih sidara je obično takav da ankeri prolaze kroz prostor između šipova.

Na mestu srednjih veznih greda treba urediti kvalitetan spoj između šipa i vezne grede. Na spoju treba izbušiti u svaki šip po dve rupe \varnothing 40 mm, dužine 45 cm u koje se ugrađuje armatura (ankeri), i koje su prethodno ispunjene ekspanzivnim malterom. Na ovom području (kao što prikazuje slika 10.5.30) treba da se ukloni beton šipova do armature, a na preostaloj površini spoja za veznom gredom, šip treba oprati i nahrapaviti.



Slika 10.5.31: Tlocrt dilatacionog spoja na veznoj gredi



Slika 10.5.32: Tlocrt dilatacionog spoja na srednjoj gredi

Razmak između sidara zavisi od nosivosti pojedinačnog ankeri i opterećenja zida od bušenih šipova. Treba nastojati da se ugradi što manje sidara, pa zato treba da se koriste ankeri maksimalne nosivosti. U većini slučajeva maksimalnu nosivost predstavlja spoljašnja nosivost ankeri, odnosno nosivost koju može preuzme tlo odnosno stenski masiv.

Razmak između sidara na veznoj gredi u istoj ravni ne sme da bude manji od 50 cm. Kod razmaka koji su manji od 1,5 m, treba predvideti anker različite dužine koje se ugrađuje naizmenično različitim i naizmeničnim uglom nagiba ankeri. Razlika u dužini mora da bude za 2 m mora da bude duža od veznog dela, dok razlika u uglu nagiba treba da iznosi 5° . U slučaju ankerisanja u kompaktnu, kvalitetnu stensku masu, navedeni uslovi se koriste kada je razmak između sidara manji od 1 m.

Na veznoj gredi ankera po mogućnosti treba da budu raspoređena između šipova. U suprotnom moraju da se seku šipke armature šipa (od dve do pet) pošto ometaju prolazak ankera i ugrađivanje kotve.

Na veznoj gredi se obično ugrađuju ankeri za testiranje na osnovu kojih se izvodi test procenei određuje spoljašnja nosivost ankera.

Na srednjoj gredi za ankerisanje se obavezno ugrađuju ankeri između šipova. Ako treba, ankeri mogu da se ugrade u dva reda.

Odvodnjavanje zaleđa zida od bušenih šipova je važno da ne bi došlo do hidrostatičkih pritisaka na zid koji bi u krajnjem slučaju, mogao da ošteti konstrukciju. Odvodnjavanje ovih zidova može da se podeli na dva dela i to odvodnjavanje zaleđa i odvodnjavanje površinskih voda.

Za odvodnjavanje voda zaleđa treba izvesti drenažu podužno uz gornju veznu gredu (slika 10.5.28) i izvesti dreniranje prostora između šipova.

Iza vezne grede na približno 50 cm ispod donje ivice horizontalne grede treba izvesti horizontalnu drenažu. Drenažni zasip prostire se duž cele visine grede.

Zasip se izvodi nakon ugrađivanja geotehničkih sidara pri čemu treba posebno paziti da ne dođe do oštećenja sidara.

Dreniranje prostora između šipova može da se izvede na dva načina:

- filterskim betonom između šipova i armiranom betonskom oblogom sa vidljive strane. Ovaj detalj je kvalitetan i zahteva više radnih postupaka;

- vertikalnim drenažnim cevima u prostoru između šipova, što predstavlja jednostavniju ali i manje efikasnu izradu.

Sva sakupljena drenirana voda treba, da se nadgleda i preko kontrolnih šahtova sprovede do sistema odvodnjavanja, ili da se na odgovarajućim mestima ispusti u prirodu, pošto se ne radi o zagađenoj vodi.

Blagovremeno i efikasno odvodnjavanje površinskih voda spada u važno rešenje koje učestvuje u stabilnosti ovih konstrukcija. Površinsku vodu treba najkraćim putem kanalisati izvan područja zida. U tu svrhu treba dimenzionisati presek kanalete odnosno jarka kako ne bi došlo do prelivanja vode preko zida tokom intenzivnijih padavina.

Dno kanala za odvod vode koji se prostiru preko strmih terena zaleđa treba da se obradi na način koji će usporiti protok i umanjiti energiju vode pre ulivanja u kontrolni šaht (obloga od lomljenog kamena, pragovi itd.). Kvalitet betona za šipove mora da bude minimum C 25/30 (MB 30) za stepen izloženosti XC2. Vrsta i kvalitet armature je S 400 (RA 400/500).

U slučaju da se zid od bušenih šipova nalazi uz kolovoz, beton mora da odgovara za stepen izloženosti XF2. Kod ovakvih primera površina zida u visini 3,0 m od donje vidljive ivice, treba da bude zaštićen epoksi premazom koji povećava otpornost betona na mraz uz prisustvo soli.

U konstruisanju i izgradnji ankerisanih zidova i konstrukcija pored uobičajenog betona odgovarajuće marke koriste se drenažni beton i torkret beton. Radi specifičnosti tih betona ovde se daju neke njihove karakteristike i načini izgradnje.

Tabela: 10.5.1: Drenažni beton

Tip betona	Posebna osobina po PGD i tehničkim uslovima	Dodatni zahtevi za tehničkim uslovima	Sadržaj cementa, vode i agregata
Drenažni beton – grubi, „A“	$f_{cc} = 5 \text{ N/mm}^2$ vodopropusnost kao za šljunak, k po Darcy-ju	granulacija jednofrakciona, 8-32 mm	170 kg-C, 58 I-V, 8-16 mm... 40 %, 16-32 mm ... 60 %
Drenažni beton – fini, „B“	$f_{cc} = 5 \text{ N/mm}^2$ vodopropusnost kao za šljunak, k po Darcy-ju	granulacija jednofrakciona, 8-16 mm	170 kg – C, 56 I-V, 8-16 mm ... 100 %

Ugrađivanje grubog drenažnog betona

Betonirci raspoređuju grubi drenažni beton na temeljno tlo neposredno iz kamiona – mešalice i uz pomoć rovokopača sa

utovarnom kašikom. U tlocrtu raspoređuju beton u poprečnim trakama – kontinuirano u podužnom smeru u jednom ili više taktova, po visini u jednom sloju debljine 35 cm.

Kompaktnost trake – sloja izvodi se sa ručnim vibracionim valjkom (npr. BW 70) sa dvostrukim prelazima vibracijom i to jedan prelaz poprečno i jedan prelaz uzduž.

Za negovanje betona upotrebljava se pokrivač od PE folije ili filca koji se postavlja na slobodne površine. Negovanje tekućom vodom nije dozvoljeno pošto može da dođe do zatvaranja drenažnog sistema.

Torkret beton

Torkret cementni beton (s $D_{max} = 8$ mm ili $D_{max}=16$ mm) se koristi za sprečavanje rasipanja padina ili kao potporni element. Obloga iz torkret betona zatvara napsnuća, sprečava ispadanje materijala, a time i obrušavanje. Održavanje početne otpornosti masiva je važno zbog uspostavljanja svoda koji se formira u masivu, npr. neposredno oko iskopanog profila.

Torkretirana i ankerisana armatura ili mikroarmirana (armaturne mreže, mikrovlakna) obloga ima različite debljine: 5 do 25 cm. Torkretiranje se izvodi po fazama napredovanja, dok se po debljini izvodi u slojevima. Primarna Torkret obloga se ankeriše sa rudarskim ankerima tipa Swellex, SN i BIO. Gustina ugrađenih sidara zavisi od kategorije masiva (npr. predviđene: A2, B1, B2 i PC na području portala).

Za ugrađivanje suve mešavine betona u mešalicu i torkretiranje na površinu važe slični zahtevi kao i za normalni beton koji se ugrađuje u oplatu. Na stenskom masivu mora da se ugradi odgovarajuća čelična mreža – armatura koja obezbeđuje preuzimanje sila prijanjanja sna stenski masiv. Stena prethodno mora da se očisti kompresovanim vazduhom ili vodom pod pritiskom. Mašina za torkretiranje mora da ima opremu za doziranje tečnih dodataka betonu.

Odstojanje između mlaznica i površine nanosa iznosi od 1,0 do 1,3 m, ali ne sme da bude veća od 2,0 m. Mlaznica sa pritiskom od 3 do 6 bara mora da se usmeriti pod pravim uglom na površinu. Minimalno prekrivanje mreže torkret betonom mora da bude 50 mm, čime se ispunjava uslov korozije i propusnosti.

10.5.4 GEOTEHNIČKA ANALIZA ANKERISANIH ZIDOVA

10.5.4.1 Konstrukcije zidova od šipova

Dokaz pouzdanosti ankerisanog zida je samostalni deo sadržaja idejnog i glavnog projekta. Dokaz se zasniva na rezultatima geološko-geomehaničkih ispitivanja osobina tla i studije drugih podloga.

Pojam pouzdanosti podrazumeva bezbednost, upotrebljivost i trajnost potpornih konstrukcija. Potrebna pouzdanost ankerisanih zidova mora da se dokazuje za privremene, stalne i vanredne projektne situacije koje nastaju tokom izgradnje, upotrebe, održavanja, te u vanrednim situacijama za ukupni vek trajanja potporne konstrukcije.

Kod geostatičke analize ankerisanog zida treba obraditi sledeće projektne situacije:

- projektna situacija početnog stanja padine, postojećih objekata i infrastrukture u uticajnom području pre izvođenja građevinskih radova;
- tehnološke projektne situacije koje mogu da uključuju: izgradnju prilaznih puteva, radnih platoa, iskope građevinskih jama i radne faze izvođenja ankerisanog zida;
- projektne situacije trajne eksploatacije objekta u predviđenom životnom trajanju, seizmičke i izvanredne projektne situacije.

Analizom pojedinačnih projektne situacija treba dokazati da u ukupnom životnom trajanju obrađivanog ankerisanog zida neće biti prekoračeno nijedno granično stanje nosivosti, upotrebljivosti i trajnosti.

Kod upotrebe zahtevnih mehaničkih modela tla i potpornih konstrukcija simulacijom pojedinih faza izgradnje može postepeno da se analizira više projektne situacija, uz istovremeno dokazivanje svih graničnih stanja nosivosti i upotrebljivosti.

Manje zahtevni mehanički modeli potpornih konstrukcija i tla omogućuju analize pojedinih graničnih stanja nosivosti i upotrebljivosti, ali su rezultati manje pouzdani i kod njihove interpretacije su važnija iskustva.

Dozvoljava se primena samo onih modela koji na zadovoljavajući način predočavaju mehaničke osobine tla i pojedinih elemenata potpornih konstrukcija uz granično stanje.

10.5.4.2 Granična stanja nosivosti

Po evropskim geotehničkim normama EN 1997-1:2004 razlikuju se sledeća granična stanja:

- gubitak globalne stabilnosti mase temeljnog tla zajedno sa oslancima konstrukcije koja prouzrokuje znatna pomeranja tla radi delovanja napona na smicanje, sleganja, vibracije ili podizanja, oštećenja ili smanjenja upotrebljivosti susednih ili postojećih objekata, saobraćajnica i druge infrastrukture. Za dokazivanje razmatranog primera najvažniji su parametri otpornosti i krutosti tla odnosno nosivost pojedinih konstruktivnih elemenata;
- unutrašnje rušenje ili prekoračene deformacije pojedinih elemenata konstrukcije uključujući i šipove, zidove, ankere itd. kod kojih je otpornost konstrukcionog materijala veoma važna za uspostavljanje otpora (STR);
- rušenje ili prekoračenje deformacija tla u slučajevima kada je otpornost tla odnosno stenske mase najvažnija kod uspostavljanja potrebnih otpora (GEO);
- gubitak ravnoteže geotehničkih konstrukcija ili tla usled podizanja uzrokovanog pritiskom vode (UPL);
- hidraulički lom tla, unutrašnja erozija tla i lokalno rušenje u tlu koji nastaju usled opterećenja tla hidrauličkim gradijentom (HYD);
- gubici ravnoteže konstrukcija ili tla kao krutih tela kod kojih nemaju značajniji uticaj (CAU) na obezbeđivanje potrebnog otpora materijala konstrukcije i tla.. Kod potpornih konstrukcija ovo granično stanje nije tako značajno.

Granično stanje globalne stabilnosti obrađuje geomehaničke uslove gubitka globalne stabilnosti ili prekomernih deformacija tla kod kojih je za obezbeđenje otpora najvažnija otpornost tla i stenske mase.

Kod projektovanja i građenja ankerisanih zidova mora da se dokaže globalna stabilnost uticajnog područja, uključujući i zid od bušenih šipova i postojeće objekte za sve analizirane projektne situacije.

Treba dokazati globalnu stabilnost ankerisanog zida, područja tla iznad i ispod ankerisanog zida, prilaznih puteva, iskopa, radnih platoa čiju izradu uslovljava tehnologija izgradnje.

Kod izbora odgovarajućih metoda za dokazivanje graničnih stanja globalne stabilnosti potrebno je uzeti u obzir:

slojevitost padine, pojavljivanje i smerove diskontinuiteta, proceđivanja podzemne vode, porne pritiske, uslove kratkotrajne i dugotrajne stabilnosti, deformacije radi napona na smicanje i prikladnost upotrebljenih modela za analizu potencijalnog rušenja.

Granično stanje GEO obrađuje opasnost rušenja ili prekomernih deformacija tla kod kojih je, pri obezbeđivanju otpora, najvažnija otpornost tla i stenske mase.

Kod potpornih konstrukcija granično stanje GEO po pravilu obrađuje: nosivost temeljnog tla, određivanje pritiska tla (pritiska i aktivnih otpora na potporne konstrukcije, spoljašnju nosivost geotehničkih sidara i dr.

Granično stanje STR obrađuje unutrašnje rušenje ili prekomerne deformacije elementa konstrukcije zajedno sa temeljima, šipovima, zidovima i ankerima kod kojih za dokazivanje nosivosti prevlađuje otpornost materijala konstrukcija.

Kod potpornih konstrukcija sa graničnim stanjem STR dokazuje se dovoljna nosivost preseka konstruktivnih elemenata na delovanje opterećenja zatezanja pritiska, savijanja i torzije, te kombinacije navedenih uticaja.

Granično stanje UPL obrađuje rušenje tla i/ili potporne konstrukcije usled narušene ravnoteže vertikalnih sila u slučajevima kada otpornost tla ima mali uticaj.

Granično stanje HYD obrađuje stanje rušenja tla na uticajnom području potporne konstrukcije usled prekoračenih hidrauličkih gradijenata kod kojih otpornost tla ili stenske mase ima veliki uticaj. Ova analiza graničnog stanja se uvek obavlja u slučajevima kod kojih se pojavljuje filtracija podzemne vode u smeru nagore ispred potporne konstrukcije i kod svih slučajeva kod kojih su nivoi vode ispred i iza različiti.

Kod ankerisanih zidova, odnosno u svim slučajevima gde stabilnost konstrukcije zavisi od pasivnog otpora ispred nje, prilikom dokazivanja graničnih stanja nosivosti potrebno je da se projektovana kota tla umanji za vrednost Δa koja kod prosečne pouzdanosti kontrole i nadzora na gradilištu za ankerisane ili poduprte ankerisane zidove iznosi 10 % odstojanja između najniže potpore odnosno ankera, ali najviše 50 cm.

10.5.4.3 Granično stanje upotrebljivosti

Kod ankerisanih zidova treba obraditi granično stanje upotrebljivosti za privremene i trajne projektne situacije. Granična stanja se, pre svega odnose, na deformacije potporne konstrukcije i tla, te drugih objekata i infrastrukture na uticajnom području potporne konstrukcije.

Kod izbora računskih vrednosti graničnih pomeranja treba uzeti u obzir rizike kod određivanja prihvatljivih vrednosti, pojavu i intenzitet pomeranja tla, vrstu konstrukcije i konstrukcionog materijala, načina temeljenja, načina deformacija, dilatacije te povezivanje sa drugim objektima.

Kod zahtevnijih elemenata betonskih konstrukcija granična stanja pukotina treba da se dokažu uz posebno obrazloženje očekivanih događanja na nedostupnim mestima, te na području predviđenih radnih spojnica.

Za dokazivanje graničnih stanja upotrebljivosti elemenata konstrukcija treba da se uzmu u obzir odredbe evropskih normi prEN 1992.

10.5.4.4 Modeliranje tla i ankerisanih zidova

Geomehaničke analize ankerisanih zidova treba urediti na mehaničkim modelima tla i potpornih konstrukcija. Obično je dozvoljena upotreba analiza na proizvoljnim modelima koji su naučno utemeljeni i prihvatljivi odnosno koji su potvrđeni u geotehničkoj praksi.

U želji da dobiju sigurniju i ekonomičniju konstrukciju, projektanti upotrebljavaju različite računarske programe. Kada su u pitanju različitosti, onda se misli na različite teoretske koncepcije, a ne poreklo (autorstvo) programa. Svi programi su pripremani na način koji omogućuje jednostavnu pripremu ulaznih podataka da rezultati ovih analiza omogućuju dimenzionisanje potporne konstrukcije.

Da bi konstruktor dimenzionisao ankerisani zid dovoljno je da ima podatke o dubini temeljenja zida, potrebnoj sili ankerisanja, toku momenata savijanja i poprečnih sila po dužini zida. Poželjno je, da ima podatke o pomeranjima i savijanjima potporne konstrukcije.

Kod analize ankerisanog zida u praksi se pretpostavlja površinsko deformacijsko stanje, što znači da se zid ponaša kao ploča. Obično se ankerisani zidovi računaju kao linijski elementi širine 1 m.

U statičkom smislu ankerisani zidovi predstavljaju jednostavne linijske nosače, koji su elastično poduprti u jednoj ili više tačaka (mesto sidara) i kontinuiranoj elastičnoj potpori u temeljnom tlu.

Opterećenja ovih linijskih nosača su pritisci tla i podzemne vode iza zaleđa potporne konstrukcije, reakcija geotehničkih sidara i otpor temeljnog tla na zračnoj strani potporne konstrukcije. Opšti početni utisak nameće zaključak da je statička analiza ankerisanih zidova jednostavna. Međutim, u stvarnosti je sasvim drugačije.

Veliku teškoću predstavlja nepoznavanje deformacija potporne konstrukcije odnosno okolnog tla. Uticaj interakcije potporne konstrukcije i okolnog tla je veliki, i odražava se kako na opterećenje tako i na reaktivne količine u potpornoj konstrukciji.

10.5.4.4.1 Kruto plastični model tla i ankerisanih zidova

Kod ovog najjednostavnijeg modeliranja osobina tla predstavljen je kruto plastični model sa izabranim parametrima otpora na smicanje (parametri c' i ϕ), dok se za potporne konstrukcije primenjuje model krutog, a može da se primeni i model elastičnog tela. Geotehnički ankeri se uzimaju u obzir sa projektovanim veličinama sila ankerisanja. Podzemne vode, površinska i dodatna seizmička opterećenja u mehaničkom modelu uzimaju se u obzir kao površinske ili volumenske sile koje se nadoknađuju modelom opterećenja.

Kao osnova ovom računskom modelu služi unapred kvalitetno propisano kinematičko ponašanje potporne konstrukcije i granično odnosno projektno naponsko stanje u tlu ispred i iza potporne konstrukcije.

Upotreba kruto plastičnog modela tla i ankerisanog zida ne omogućava proračun stvarnog pomeranja potporne konstrukcije. Klizni pritisci tla izračunavaju se odgovarajućim faktorima sigurnosti prema EN 1997-1:2004. Kada se zna tok aktivnih i pasivnih pritisaka po dužini ankerisanog zida, onda je određivanje unutrašnjih statičkih količina, napona u tlu i sila ankerisanja jednostavno.

Kod ovakvog modeliranja je važno trenje između potporne konstrukcije i tla „ σ “ čiji aktivirani deo treba odrediti u odnosu na uslove aktiviranja relativnih pomeranja u kontaktnoj površini između potporne konstrukcije i tla. Trenje između potporne konstrukcije i tla se određuje prema EN 1997-1:2004.

Ovakav pojednostavljen model tla i potpornih konstrukcija uz primenu pojedinačnih jednostavnih modela graničnih stanja omogućuje kontrolisanje i utvrđivanje pouzdanosti planiranih projektnih rešenja.

Ovi modeli potpornih konstrukcija omogućuju srazmerno tačno određivanje graničnih vrednosti uticaja i otpora (aktivni i pasivni pritisci tla, te nosivost temeljnog tla) u slučajevima kada aktivirani deo tih vrednosti treba proceniti u pogledu očekivane odnosno dozvoljene deformacije potporne konstrukcije i tla u uticajnom području.

Analize sa promenom propisanog kinematičkog ponašanja i kliznih aktivnih i pasivnih pritisaka zemlje su jednostavne i često se primenjuju. Uz pravilnu primenu mobilisanih parametara otpornosti okolnog tla, ove analize daju dosta ekonomične konstrukcije. Metoda ne može da obuhvati uticaje deformabilnosti potporne konstrukcije od preraspodele pritisaka tla, zbog čega je njena primena ograničena na analizu krutih zidova. Na osnovu dobijenih rezultata može da se izračuna samo relativna, ali ne i apsolutna pomeranja ankerisanog zida.

Kod proračuna sa kliznim pritiscima zemlje potrebno je da se uzmu u obzir dva ekstremna slučaja:

- granično stanje pasivnog otpora za određivanje unutrašnjih statičkih količina i
- primena mobilisanog pasivnog otpora za određivanje dubine temeljenja.

Slaba strana opisanog modela predstavlja nemogućnost proračuna pomeranja potporne konstrukcije i verifikovanje vrednosti rezultujućih aktivnih i pasivnih pritisaka tla, odnosno ne može da računskim putem opravda koeficijent bezbednosti. Primenom faktora bezbednosti koji se u praksi najviše koriste za projektovane pritiske tla (obično se kod aktivnih pritisaka redukuje kohezija c i količnik ugla trenja $\tan\varphi$ faktorom $F_a = 1,3$ do $1,5$, a pasivni otpor faktorom $F_v = 1,5$ do $2,0$) opasnost od rušenja na ovakav način proverenog svedena je na veoma nizak nivo.

10.5.4.4.2 Elastično-plastični mehanički model

Elastično-plastično modeliranje potpornih konstrukcija i tla omogućuje analizu projektnih situacija pri čemu se uzima u obzir ukupno uticajno područje sa objektima i spravama koji se nalaze u uticajnom području. Osobine temeljnog tla su u ovakvim modelima uzete sa elastično-plastičnim konstruktivnim modelima. Elementi potpornih konstrukcija, razupirači i sidra modeliraju se elastičnim odnosno elastično-plastičnim grednim elementima.

Za analiziranje stvarnog stanja u pojedinim projektnim situacijama najbolje je primeniti metodu konačnih elemenata.

U proračunu se uzimaju dodatna projektna opterećenja, nametnuta pomeranja i uticaji podzemne vode po teoriji efektivnih naponskih stanja.

Prednosti ovakvih analiza odražavaju se pre svega u omogućavanju primenljivosti deformacija tla i pojedinih elemenata potpornih konstrukcija, te u činjenici da su sa analizom određeni stvarni uticaji na elemente potpornih konstrukcija, te deformacije na centralnom uticajnom, odnosno analiziranom području.

Numerička analiza ankerisanih zidova po metodi konačnih elemenata koja se oslanja na elastično-plastičnim modelima i omogućuje modeliranje temeljnog tla, potporne konstrukcije, sidara i prilika na spoju različitih medija sa odgovarajućom zbirkom konačnih elemenata, nudi najbolji uvid u naponsko i deformaciono stanje u zidu, ankeru i okolnom tlu. Primena interakcije između tla i konstrukcije vodi ka realnoj distribuciji pritisaka tla u pogledu na deformacije zida i tla.

Ovakav pristup zahteva prilično tačne podatke o osobinama temeljnog tla (naponi na smicanje, deformabilnost za opterećena i rasterećena stanja, stratigrafiju uticajnog područja, podatke o objektima na uticajnom području itd.). Za dobijanje ovih rezultata potrebni su opsežni radovi na ispitivanju.

10.5.4.4.3 Model na osnovu modula reakcije tla

Nepoznavanje stvarnih pomeranja potporne konstrukcije koja utiču na raspoređivanje i veličinu aktivnih i pasivnih pritisaka tla na zidove od bušenih šipova, predstavlja glavni

uzrok zbog koga se modul reakcije tla primenjuje u analizi ovih zidova.

Zidovi od bušenih šipova se u praksi modeluju kao nosači koji su na slobodnoj strani zida pod površinom zemlje (slika 10.5.33a i 10.5.33c), ili ispod „nulte“ tačke (gde je predviđena nulta razlika između aktivnih i pasivnih pritisaka tla – slika 10.5.33b) poduprti sistemom elastičnih oslonaca (opruge). U slučaju kada je zid od bušenih šipova jedanput ankerisan, obično se predviđa elastični oslonac i na mestima pričvršćenja ankera.

Kao opterećenje na konstrukciju šipova uzimaju se klizni pritisci na zaleđnoj strani zida. U odnosu na način podupiranja zida sistemom opruga sa slobodne strane potporne konstrukcije (umesto pasivnog otpora tla) opterećenje se uzima po čitavoj dužini nosača (slika 10.5.33a) ili do „nulte“ tačke (slika 10.5.33b) odnosno do dna iskopa na slobodnoj strani konstrukcije (slika 10.5.33c).

modul reakcije tla „ k “ (kN/m^3) je obično procenjena vrednost. Definisana je kao srazmerni faktor između normalnih napona u tački potporne konstrukcije i pomeranjem te tačke ($\sigma = k \cdot m$). Ovaj izraz napona pokazuje da konačni rezultat (pre svega pasivni otpor zemlje) analize zida od bušenih šipova upotrebom modula reakcije tla u mnogome zavisi od procenjene vrednosti modula reakcije tla, naročito od toga da li je ovaj modul uzet kao konstantna vrednost po čitavoj dubini ili je usvojena pretpostavka da

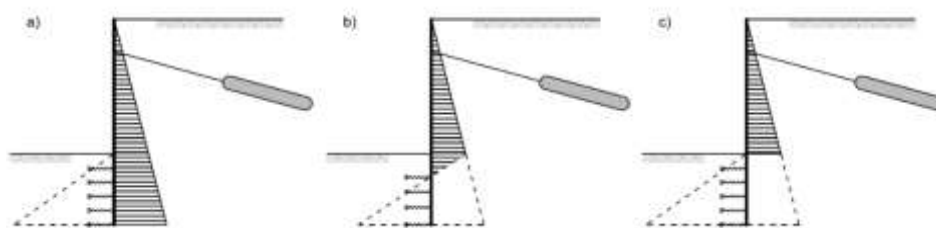
modul sa dubinom raste u zavisnosti od geološke strukture tla.

Na dobijene rezultate u velikoj meri utiče i pretpostavljeni sistem elastičnih oslonaca u podnožju potporne konstrukcije i odnosa između krutosti pojedinih računskih elemenata (zid, anker, elastični oslonci).

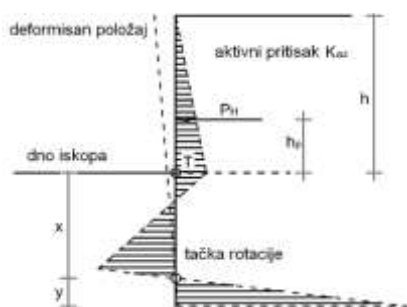
Na osnovu navedenog može da se zaključi da su rezultati statičke procene potpornih konstrukcija primenom modula reakcije tla veoma diskutabilni. Naročito je opasno korišćenju različitih računarskih programa koji omogućuju primenu elastičnih oslonaca kod kojih je definisana njihova deformacija, ali ne i nosivost. Kod primene ovakvih programa mogu da budu potcenjene dubine ukleštenja zidova od bušenih šipova (uslovi ravnoteže su ispunjeni, dok dobijeni reaktivni pritisci u elastičnim osloncima prelaze granična stanja).

Ovi modeli su neupotrebljivi ako se osim popuštanja elastičnih oslonaca ne uzmu u obzir i njihove nosivosti za određene dubine ukleštenja zida od bušenih šipova. Nosivost mora da se odredi analizom stabilnosti ili na osnovu ravnoteže kliznih pritisaka tla.

Prednost postupka primene modula reakcije tla je u tome što mogu da se odrede i pomeranja potporne konstrukcije ako se za elastične veze uzmu u obzir deformacije i nosivost. Bez obzira na ovu činjenicu, još uvek je prisutan uticaj preuzete vrednosti za modul reakcije tla.



Slika 10.5.33: Mogući načini proračuna kod statičke analize ankerisanog zida od bušenih šipova primenom modula reakcije tla



Slika 10.5.34: Raspored pritiska i pomeranja kod konzolnog zida od bušenih šipova



Slika 10.5.35: Raspored pritiska i pomeranja kod jednostruko ankerisanog zida izbušenih šipova

10.5.5 GEOTEHNIČKI ANKERI

10.5.5.1 Vrste i sastav geotehničkih sidara

Geotehnički anker u sastavu geotehničkih konstrukcija predstavlja noseći element preko kojeg se sila zatezanja sa konstrukcije prenosi u ankerisana tla. Na taj način se suštinski povećava stabilnost objekta, što je i osnovni zadatak sidara.

Danas se smatra da su najznačajniji geotehnički ankeri oni prednapregnuti ankeri koja linijski prenose silu u ankerisanu masu uz jasno izraženu slobodnu dužinu ankera. Ovakvo geotehnički anker predstavlja geostatički element koji je sastavni deo

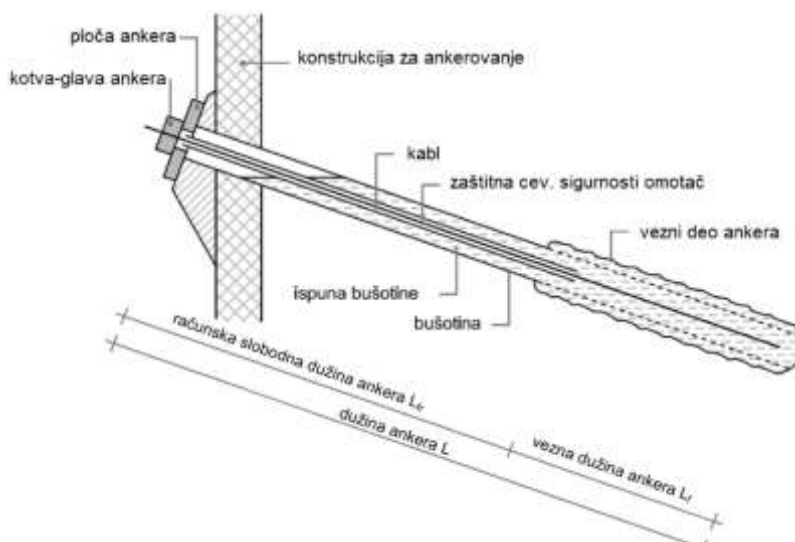
sklopa – celine objekat-anker-tlo u kome su skoro uvek složena stanja napona i deformacije. Ovo se uglavnom odnosi na napone i deformacije u kontaktu ankerisanog cilindra i ankerisane okoline u neposrednoj blizini.

Geotehnički ankeri se obično sastoje od prednapregnutih kablova. U građevinarstvu su prednapregnuti elementi ušli u primenu tek u novije vreme, odnosno tek pre 65 godina. Prednapregnuta geotehnička sidara su u upotrebi u još kraćem vremenskom periodu koji približno od 25 do 30 godina.

Geotehnički ankeri mogu da se klasifikuju na više načina. Najznačajnije podele su:

- u pogledu sastavnih delova, ankeri mogu da budu u obliku samo jedne šipke – šipkasti ankeri ili u obliku više žica, kao snop, odnosno geotehnički kablovski ankeri;
- u pogledu materijala u kome se ankerišu, dele se na geotehničke ankere koji se ankerišu u stenu i geotehničke ankere koje se ankerišu u zemlju;
- u pogledu načina i karaktera ankerisanja dele se na linijska, površinska i volumenska;
- u pogledu načina delovanja dele se na pasivne i aktivne geotehničke (prednapregnute) ankere.
- u pogledu načina upotrebe dele se na trajna, privremena i probna geotehnički ankeri.

Trajni ankeri su oni kod kojih vek trajanja mora da bude jednak veku trajanja konstrukcije koja se ankeriše. Privremenim se smatraju oni ankeri kod kojih vek trajanja iznosi do dve godine. Probni ankeri su ankeri koja su na poseban način oblikovana i ugrađena. Na ovim ankerima se vrše ispitivanja na osnovu kojih dolazimo do podataka u vezi sa izborom vrste ankera i dužine veznog dela ankera.



Slika 10.5.36: Prednapregnuti geotehnički anker sa tipičnim elementima i oznakama

10.5.5.2 Proračun geotehničkih sidara

Prema zahtevima datim u standardu EN 199-71:2004 kod projektovanja sidara treba da se uvažava sledeća granična stanja pojedinačno ili u konstrukciji:

- Konstrukciono otkazivanje (rušenje) pramena ankera ili glave ankera uzrokovano aktiviranjem napona.
- Deformacije ili korozija glave ankera.
- Otkazivanje spoja između ubrizgane mase i tla (za ubrizgane ankere).
- Otkazivanje usled nedovoljnog otpora ankerisanog bloka (za ankere uklještene u ankerisani blok).
- Gubitak ankerisane sile usled prevelikih pomeranja ankerisane glave ili usled tečenja i relaksacije.
- Otkazivanje ili prevelike deformacije delova konstrukcije zbog prenetih ankerisanih sila.
- Gubitak globalne stabilnosti potpornog tla i potporne konstrukcije.
- Interakcija grupe sidara sa tlom i sa susednim konstrukcijama.

Prilikom izbora projektnih stanja potrebno je uzeti u obzir:

- Sve okolnosti u toku izgradnje konstrukcije.
- Sve relevantne situacije u toku životnog veka konstrukcije.
- Sva merodavna projektna stanja koja su data u tački 8.2 EN 1997-1:2004 uključujući i kombinacije stanja.
- Očekivani nivo podzemne vode i vodne pritiske.
- Posledice otkazivanja nekog ankera.
- Mogućnost prekoračenja računskih sila.

- Sila ankerisanja P se pri projektovanju sidara uvažava kao stalno neprijatno opterećenje.
- Projektantski i konstrukcioni zahtevi zaključno sa zahtevima antikorozivne zaštite dati su u standardu EN 1997-1:2004 i IN 1335:1999.
- Osnovni uslov kod projektovanja sidara na granično stanje nosivosti je izražen je jednačinom

$$P_d \leq R_{a,d}$$

gde je $R_{a,d}$ projektantska veličina otpora ankera na izvlačenje određena otporom na izvlačenje R_a i P_d pri projektovanom opterećenju ankera (projektantska vrednost sile koja u temelju tla unosi anker).

- Projektantska vrednost otpora ankera na izvlačenje se određuje na osnovu karakteristične vrednosti otpora ankera na izvlačenje $R_{a,k}$ prema jednačini

$$R_{a,d} = R_{a,k}/\gamma_a$$

- gde je γ_a delimični faktor koji uvažava nepovoljna odstupanja otpora ankera na izvlačenje. Preporučljive vrednosti za stalne ($\gamma_{a,p}$) i privremene situacije ($\gamma_{a,t}$) daje EN 1997:2004 u tački A.3.3.4 (1)P s obzirom na projektantski pristup koji je bio korišćen u proračunu ankerisane konstrukcije. Preporučljive vrednosti za stalne i privremene ankere su $\gamma_{a,p} = \gamma_{a,t} = 1,1$.
- Karakteristična vrednost otpora protiv izvlačenja ankera $R_{a,k}$ određuje se pomoću najmanje tri odgovarajuća testa u

skladu sa standardom EN 1537:1999, pri čemu projektantska vrednost nosivosti ankera mora da ispuni sledeći uslov

$$R_{a,d} \leq R_{t,d}$$

- gde je $R_{t,d}$ nosivost materijala sidara sračunata po standardu EN 1992, EN 1993 i EN 1537:1999.
- Karakteristični otpor ankera $R_{a,k}$ određuje se na osnovu broja izvedenih testiranja za prosečnu i minimalnu vrednost otpora kod testa za ocenjivanje $R_{a,m}$ te u odnosu na vrednost ξ koje su navedene u tabeli 10.5.2.

$$R_{a,k} = R_{a,m} / \xi$$

Tabela 10.5.2:

Broj testova za ocenu	1	2	≥ 3
(a) ξ na prosečnoj $R_{a,m}$	1,20	1,15	1,10
(b) ξ na minimalnoj $R_{a,m}$	1,20	1,110	1,05

- Projektantska vrednost opterećenja ankera P_d predstavlja „reakciju“ koju dobijamo kod projektovanja potporne konstrukcije. Kod prednapregnutih sidara projektantska vrednost ankerisane sile P_d je sila zaklinjenja ankera P_0 i promene koje su moguće u toku građenja i životnog veka konstrukcije.
- Projektantsku vrednost ankerisane sile P_d treba odrediti u odnosu na proračun potporne konstrukcije kao najveću vrednost između:
 - sile kod kojih treba uzeti u obzir granično stanje nosivosti potporne konstrukcije
 - sile određene kod kojih treba uzeti u obzir granično stanje upotrebljivosti potporne konstrukcije.
- Kod prednapregnutih sidara za dimenzionisanje sidara treba uzeti u obzir projektantsku silu P_d koja je najveća između vrednosti

$$P_d = \text{Max} \begin{cases} P_d(ULS) \\ 1,35P_{SLS} \\ 1,35P_0 \end{cases}$$

gde je P_d (ULS) projektantska sila ankerisanja izračunata za granično stanje nosivosti, P_{SLS} projektantska sila izračunata za granično stanje upotrebljivosti (SLS) i P_0 je sila zaklinjenja ankera.

10.5.5.3 Prenos sile ankerisanja u temeljna tla

Nosivost ankera u velikoj meri zavisi od kvaliteta unošenja sile prednaprezanja u tlo. Ovo je jedan od najvećih problema (osim zaštite kvaliteta ankera) koji se pojavljuju u ovoj vrsti konstruktivnih elemenata.

Noseće temeljno tlo u koje se ankeriše geomehnički anker može da bude zemljani ili stenski masiv.

Velike sile koje se pojavljuju u ankerisanom delu ankera prenose se na stenski masiv uz pomoć ubrizganog ankera sa cementom.

Ispitivanja koja su izvršena na ovakvim ankerima pokazala su da se u veznom delu ankera pojavljuje adhezija veličine 5000 kN/m². Uslov da spoj sa stenskom masom mora da bude nepomičan omogućuje prenos velikih sila ankerisanja u stensku masu. Prethodno mora da se ispita vodonepropusnost bušotine. Ako bušotina nije vodonepropusna, izvrši se konsolidacija bušotine ubrizgavanjem. Posle toga se vrši novo bušenje i ugrađivanje ankera, čime se postiže dovoljna bezbednost u prenošenju sile. U zavisnosti od različitih pokazatelja postoje i različite mogućnosti prenosa sile u osnovnu stensku masu. Ako postoje razlike u osobinama i hrapavosti stenske mase, prenos sile može da se odredi samo probnim ankerima pomoću kojih se određuju stvarna moguća opterećenja koje stenska masa može da preuzme. Kod probnih sidara vezna dužina se obično skрати za trećinu srazmerno faktoru bezbednosti. Anker se opterećuje do rušenja. Obično rušenje nastupa na površini između čelika i cementa po obodu ili na površini između cementa po obodu i stenskog masiva.

Nosivost sidara u zemljanim masivima zavisi od osobina masiva i tehnologije ugrađivanja veznog dela ankera. Najznačajniji faktor koji utiče na nosivost ankera je vezni deo čiji je učinak povezan sa određenim ograničenjima. Sa povećanjem pomaka veznog dela smanjuje se trenje po plaštu. Sledeći faktor koji utiče na nosivost ankera u zemljanim masivima je promer bušotine. Sa povećanjem promera bušotine povećava se sila trenja. Međutim, ovo povećanje ima svoje granice, pošto mora da se izvede po čitavoj dužini bušotine, što ima za posledicu povećane troškove bušenja.

Na nosivost ankera u zemljanom masivu utiče i pravilno izvedena bušotina po čitavoj veznoj dužini ankera. Jedan od najboljih

pokazatelja nosivosti ovih sidara je merenje povećanja pritiska pri ubrizgavanju. U čestim slučajevima, pa i u koherentnim materijalima zadovoljava i samo jednostavno ubrizgavanje. Kod materijala sa lošim osobinama to nije dovoljno. U takvim slučajevima se pribegava tzv. poinjektiranju, odnosno ponovnom ubrizgavanju veznog dela anker nakon određenog vremena. U koherentnim materijalima se obično kod prvog ubrizgavanja ispune samo pukotine u bušotini ili manje kaverne.

Takvo ubrizgavanje prenosi srazmerno male sile. Ponovnim ubrizgavanjem veznog dela anker pod visokim pritiskom povećavaju se radijalni naponi na spoju mase za ubrizgavanje sa zemljanom masom. Time se povećava sila trenja po plaštu i formira se nepravilan oblik i površina anker, čime se obezbeđuje bolji spoj anker sa okruženjem. Višestrukim ubrizgavanjem opisani efekat se dodatno poboljša.

10.5.5.4 Izrada geotehničkih anker

Izrada kompletnog geomehničkog anker sastoji se od četiri glavne operacije:

- izrada bušotine,
- sastavljanje i ugrađivanje anker,
- ubrizgavanje,
- zatezanje.

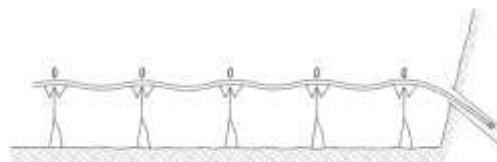
Metoda bušenja bušotine mora da odgovara materijalu u kome se vrši bušenje uz primenu odgovarajućeg promera bušotine. Kod bušenja obavezno mora da se vodi dnevnik bušenja. Nakon završenog bušenja, bušotine moraju da se zaštite zbog sprečavanja upadanja neželjenog materijala. Kod zemljanih materijala sa primesom gline i kod materijala koji su podložni brzom raspadanju treba što pre ugraditi i ubrizgati anker. Potrebno je da se ispita vodonepropusnost bušotina u kamenim masivima. Ako kvalitet bušotine nije zadovoljavajući, potrebno je da se izvrši njena konsolidacija ubrizgavanjem ili da se primenim neki drugi odgovarajući postupak.

Kod šljunkovito-peskovitih materijala kod kojih može da dođe do zasipanja, bušenje se obavlja sa zaštitnom kolonom koja omogućuje ugrađivanje anker. Ove kolone se izvlače iz bušotine istovremeno sa injektiranjem.

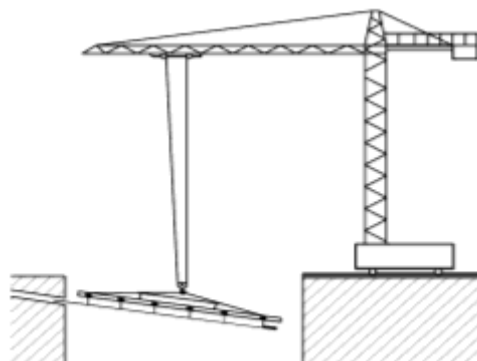
Pri izvođenju bušenja treba kontrolisati poziciju, nagib i dužinu bušotine.

Sastavljanje anker mora da se izvede u fabričkim uslovima. Transport, skladištenje, isporuka do mesta ugradnje i samo ugrađivanje mora da bude organizovano na način koji garantuje da neće doći do štetnih uticaja na funkcionalnost i efikasnost zaštite na uticaj korozije.

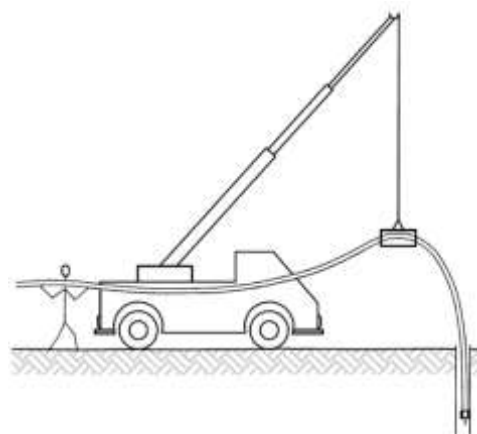
Ugrađivanje anker može da se izvede ručno, pomoću različitih dizalica ili pomoću posebnih uređaja koje se koriste za ugrađivanje sidara.



Slika 10.5.37: Ručno sastavljanje anker



Slika 10.5.38: Ugrađivanje anker kranom



Slika 10.5.39: Ugrađivanje anker autodizalicom

Ubrizgavanje je postupak kojim mora da se obezbedi prenos sile ankerisanja u veznom delu anker na ankerisanu osnovu i zaštita anker od uticaja korozije.

Pritisak ubrizgavanja i količinu mase za ubrizgavanje treba da se prilagodi odnosno uskladi sa geometrijskim, geološkim i hidrogeološkim uslovima, tipu i sastavu ankera. Ubrižgavanje počinje od najudaljenijeg mesta, dok na drugom kraju mora da se obezbedi nesmetani izlazak vazduha ili vode iz bušotine.

Masa za ubrizgavanje je u većini slučajeva od čistog portland cementa, vode i dodataka koji redukuju sadržaj vode. Vodocementni faktor je u intervalu od 0,36 do 0,44. Kod ponovljenog injektiranja, vodocementni faktor je 0,5.

Za postizanje pravilne viskoznosti, smesa se priprema u visoko turbulentnim mešalicama. Masa za ubrizgavanje se čuva u posebnim rezervoarima koji su opremljeni stalnim mešačima i pumpama. Kod ponovnog ubrizgavanja – poinjektiranje upotrebljavaju se udarne klipne pumpe.

Kvalitet mase koja se ubrizgava i upotrebljava za stvaranje vezne dužine ankera, mora da se prilagodi osobinama temeljnog tla u kome se vrši injektiranje.

Ako za injektiranje ne upotrebljavamo cementnu suspenziju, nego neku drugu mešavinu, onda moramo da dokažemo da ona odgovara u pogledu pitanja zaštite na uticaj korozije, trajnosti i na druge mehaničke osobine.

Ubrizgavanje se obično izvodi u dva dela. Prvo se ubrizgava vezni deo ankera, vrši nakon završenog prednapreznja obavi se ubrizgavanje slobodnog dela ankera.

Ubrizgavanje spada u grupu najznačajnijih postupaka koji su u sastavu izrade ankera. Zbog toga ovoj fazi mora da se posveti posebna pažnja, pri čemu se vodi uredan zapisnik o pripremi mešavine i ubrizgavanju ankera.

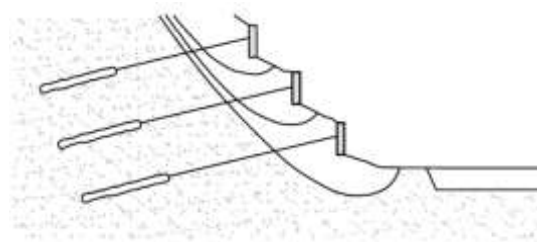
Prednapreznjem visokokvalitetnog čelika, anker preuzima onu funkciju koja mu je namenjena.

Anker može da se prednapregne tek kada je masa za ubrizgavanje dostigla propisanu otpornost. Vreme, posle kojeg prednapreznje može da se vrši, određuje se na osnovu rezultata ispitivanja ili prema uputstvima proizvođača maltera koji se ubrizgava.

Pre početka prednapreznja mora da se odredi odgovorna osoba koja će voditi kompletan postupak prednapreznja.

Zatezanje u svemu mora da se vrši prema elaboratu za prednapreznje sidara kojeg je pripremio projektant.

Zatezanje se izvodi u smislu ispitivanja ankera i u smislu kontrole zatezanja. Ispitivanje se obavlja zbog dimenzionisanja ankera, a kontrola zatezanja zbog određivanja nosivosti i preuzimanja sile ankerisanja.



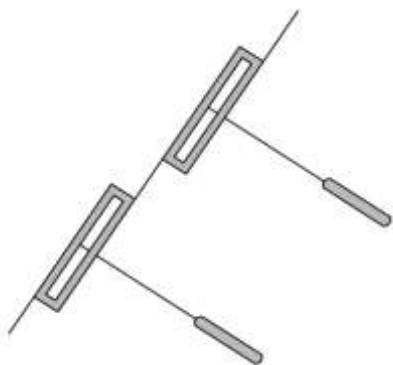
Slika 10.5.40: Ankeri na potpornoj konstrukciji

U fazi izrade, transporta, skladištenja i ugrađivanja potrebno je da se spreči pojava lokalne korozije na ankerima na kojima nije obavljeno zatezanje, te na ankerima koja su prednapeta, a još nisu ubrizgana. Privremena zaštita (umotavanje u zamašćen papir, transport u drvenim sanducima sa dobrim provetravanjem) je u praksi dala dobre rezultate. Posebnu pažnju treba posvetiti sprečavanju pojave kondezne vode. Osim toga, čelik za prednapreznje ne sme bude ispostavljen temperaturnim promenama (sunce).

Najveća opasnost za čelične pramenove ankera predstavlja višak vode iz betona koja se nalazi u zaštitnoj cevi, a u sebi sadrži hloride i sulfate. Zbog toga ovu vodu treba odstraniti iz cevi. Opšte pravilo kojeg treba primenjivati jeste to da se prednapregnuti ankeri što pre ubrizgaju, čime se mogućnost pojave kondezne vode svodi na minimum.

10.5.5.5 Upotreba geotehničkih sidara

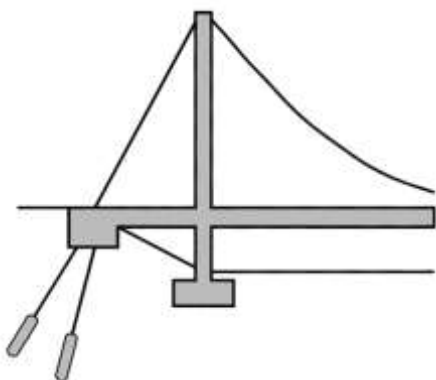
Upotreba geotehničkih sidara u praksi je dosta raširena. Međutim ankeri se upotrebljavaju samo u slučajevima u kojima primena drugih rešenja daje slabije rezultate. To se pre svega odnosi na slučajeve u kojima bi moglo doći do rušenja konstrukcije, a istu treba sačuvati, u slučajevima estetskih zahteva kada su u pitanju znatno povećani troškovi ili u slučajevima u kojima radovi ne mogu da se izvedu bez upotrebe sidara.



Slika 10.5.41: Ankerisani blokovi na kamenoj padini

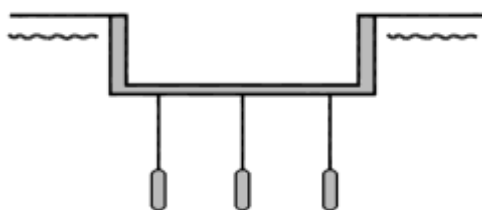
Neke konstrukcije ne mogu da se zamisle bez upotrebe ankera, kao kod:

- visokih brana zbog formiranja povoljnih naponskih stanja u kritičnim zonama. To se pre svega odnosi na obezbeđenje dobre saradnje temeljnog tla i objekta radi sprečavanja neželjenih deformacija.

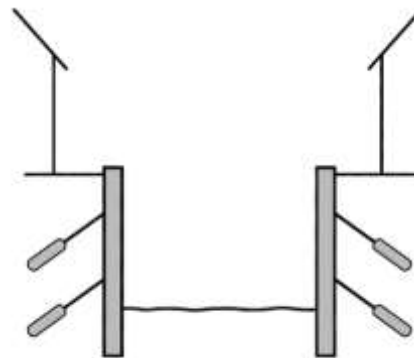


Slika 10.5.42: Ankerisani blok visećeg mosta

- kod hidrotehničkih konstrukcija kod kojih treba da se obezbedi opšta stabilnost objekta na uticaj uzgona ili klizanja, kada nadograđeni deo treba da se poveže sa postojećim delom nekog objekta, za preuzimanje hidromehaničke opreme, te za obezbeđenje stabilnosti objekata kod opterećenja na zemljotres.



Slika 10.5.43: Ankerisanje za preuzimanje sila uzgona



Slika 10.5.44: Ankerisnaje građevinske jame

- za zaštitu iskopa kod dubokih građevinskih jama,
- za sanaciju nestabilnih padina i klizišta, Ankerisanje svodova u podzemnoj izgradnji, ankerisanje potpornih stubova mostova itd.

10.5.5.6 Zaštita geotehničkih sidara

Ankeri treba da budu projektovani i izvedeni tako da obavljaju svoju funkciju sve vreme trajanja objekta, pošto obično imaju važnu funkciju u egzistenciji objekta. Zbog toga ankeri moraju da budu izgrađeni tako da predstavljaju trajne i sigurne elemente građevine. Da bi se sve to postiglo, moraju da se obezbede sledeći parametri:

- vek trajanja ankera mora da bude jednak ili veći od trajanja objekta,
- uvid u stanje ankera mora da bude dostupan u bilo kom vremenskom periodu,
- eventualni prevremeni prestanak funkcionisanja ankera mora blagovremeno da se otkrije, tako da ostane dovoljno vremena za evakuaciju ugroženog osoblja i zamenu neispravnog ankera.

Ove zahteve ne ispunjava veliki broj do sada ugrađenih sidara, a neki ispunjavaju samo delimično. Bez obzira što kod brojnih ankerisanih objekata ne može da se tačno predvidi otkazivanje funkcije delovanja pojedinih sidara, do sada nismo imali štetu na ankerisanim objektima, a nadamo se da će tako biti i u budućnosti. Sa ovom činjenicom je upoznata i sa njom se slaže većina investitora. Ovaj problem neki savlađuju profesionalnim optimizmom, dok mnogi zabranjuju upotrebu trajnih sidara. Kako bi se potonji uverili da nisu u pravu, trajni ankeri moraju stalno da se dograđuju kako bi se u njihovu funkciju što više verovalo.

Dugoročni, sigurni i trajni ankeri izrađeni od visokokvalitetnog čelika su samo ona koja su u potpunosti i trajno zaštićena od prodiranja vode i kod kojih ova zaštita i nosivost može da se proveriti u svakom u svakom trenutku. Prema saznanjima metalurga, visokokvalitetni čelik je u pogledu svojih mehaničkih osobina najzahvalniji materijal za ankerisanje konstrukcije bez obzira što su njegove mehaničke osobine ugrožene od svakoga elektrolitskoga procesa, koji se dešava na površini bez obzira na to da li ankeri imaju ulogu anode ili katode.

Ova razlika između visokokvalitetnih čelika koji se upotrebljavaju za ankere i čelika koji se upotrebljavaju za armaturu ima za posledicu da antikorozivna zaštita izvedena pomoću cinkovanja ili katodne zaštite, kod geotehničkih sidara vrlo brzo otkazuje i u eksploataciji konstrukcije ne štiti ankere od propadanja. Pojavu i delovanje elektrolitskih procesa može da spreči samo trajna izolacija koja štiti kompletan anker od prodiranja vode. Ovako važan zahtev u građevinskoj praksi još nije postignut bez obzira što je u Švajcarskoj u poslednjim godinama učinjen veliki napredak.

Nedostatak čelika ogleda se u tome što ima tendenciju da se vrati na najniži oblik energije čeličnih oksida. Taj nedostatak prouzrokuje i omogućuje početak procesa korozije. Raspadanje čelika nastaje kao posledica različitih vrsta korozije. Što je veći stepen litine to je komplikovaniji mehanizam korozije. Običan čelik koji se upotrebljava za armaturu, te visokokvalitetan čelik koji se upotrebljavaju za ankere, izloženi su različitim vrstama korozije:

Površinska korozija se razvija na nezaštićenoj površini čelika sa dovoljnim procentom vlažnosti zraka.

Tačkasta korozija je rezultat različitih potencijala na površini čelika. Ubrzano nastajanje jona gvožđa je posledica anodne reakcije. Slobodni hloridovi joni su opasni za nastajanje ubrzane tačkaste korozije.

Naponska korozija je fenomen visokih naponskih stanja u čeličnim palicama. Njena pojava je uslovljena anodnim reakcijama koje stvaraju određene uslove za pojavu tvrdoće vodonika.

Tvrdoća vodonika - je vrsta korozije kod koje se najznačajniji uslov ogleda i u prethodnoj obradi čelika. Raspadanje metala

nije u vezi sa prethodno navedenim vrstama korozije koje su predmet anodne korozije.

Reakcije u medijima kiseline direktno ugrožavaju čelike za prednaprezanje. Ove reakcije uzrokuju stvaranje procesa u kojima se joni vodika redukuju i kod elektrolita bez kiseonika koji imaju jako negativne potencijale, posebno u slučajevima kod kojih dolazi do cepanja vode i stvaranja atoma vodonika. Ovi joni direktno ugrožavaju površinu čelika.

Kod geotehničkih sidara posebna pažnja treba da se posveti naponima korozije koji su do sada bili zanemareni. U takvim slučajevima treba razmotriti sledeće:

Lokalne napade korozije, koji nastaju kao posledica uticaja hlorida koji uzrokuju gubitak alkalne cementne zaštite oko čelika i pojavu pukotina. Ove pukotine deluju kao mehaničke pukotine, a istovremeno stvaraju pogodno tlo za pojavu napona korozije koja se oslobađa sa pojavom vodika.

Stvaranje makroelemenata koji karakteriše lokalno odvajanje anode i delimične katodne reakcije. U konkretnom primenu se radi o makroelementu kojeg obrazuje armatura objekta sa ankerom u zemlji. Armatura je zabetonirana i nalazi se u pasivnom stanju, dok se anker na mestima nedovoljne antikorozivne zaštite, nalazi u aktivnom stanju. Razlika potencijala ΔU koja nastaje između čelika u aktivnom i pasivnom stanju u tom makroelementu vodi do električnog toka i koji na ankeru izlazi iz metala i ulazi u armaturu objekta. U ovakvom slučaju na ankeru na izlaznom mestu nastaje reakcija zbog čega se noseći poprečni presek smanjuje, a naponi se povećavaju čime se stvaraju uslovi za pojavu naponskih pukotina. Gustina električnog toka anodnoga rastapanja može da pređe vrednost 1 mA/cm^2 , a zavisi od veličine oštećenja. Zbog toga „dvostruka antikorozivna zaštita“ koja se obično upotrebljava (sastoji se od cementnog maltera u koji se ugrađuje prednapeti kabel i polietilenske zaštitne cevi koja je iz jednog komada na čitavoj dužini) ne može u potpunosti da spreči ugrožavanje koje nastaje kao posledica navedenog makroelementa. Eliminacija ove pojave moguća je jedino sa električnom izolacijom od objekta. Antikorozivna zaštita sa toplim cinkovanjem, koja se koristi za normalan čelik, stvara takav makroelement. U takvom procesu cinkova prevlaka postaje anoda, a čelik katoda. Nastupajuća katodna reakcija, uz nedostatak kiseonika i prevelike katodne

polarizacije stvara mogućnost pojave atomskog vodonika. Cinkovanje kao direktna antikoroziivna zaštita zaštitnih kapa i ploča za ankerisanje ne sme dase upotrebljava zbog pojave i učinka tvrdoće vodonika. Zaštita ovih elemenata mora da se nadoknadi sistemima premazivanja.

Lutajuće struje - predstavljaju klasičan oblik problematike koja se pojavljuje kod železnica sa pogonom na jednosmernu struju. Deo kompletnog uzvratne električne struje napušta šine, ulazi u okolno tlo i kao lutajuća struja dolazi do usmerivača. Ako se na mernom putu nalaze metalne konstrukcije (armatura) koje služi kao provodnik, onda deo te lutajuće struje ulazi u tu konstrukciju dok iz nje izlazi tek u blizini usmerivača i preko tla ponovo ulazi u šine. Ugroženost od lutajućih struja nastupa pri njenom izlasku. Na tom mestu se stvara delimična anodna reakcija. Kod ulaska lutajuće struje nastupa proces delimične katodne reakcije. U slučaju da nije prisutan kiseonik odnosno kada je intenzitet struje toliki da dolazi do razjedinjavanja vode. Tada se čelik katodno polarizuje, dolazi do nastanka atomskog vodonika koji, kod geomehaničkih sidara, stvara mogućnost pojave tvrdoće vodonika. Kakvu opasnost uzrokuju lutajuće struje govori podatak da električno „istopi“ približno 9 kg čelika. Merenja su pokazala da lutajuće struje mogu iznose i preko 100A. Samo električna izolacija ankera od objekta zajedno sa dvostrukom antikoroziivnom zaštitom može da spreči ugrožavanje ankera od delovanja makroelemenata i lutajućih struja.

Katodna zaštita kod koje se pomoću kontrolisane električne struje između anoda i čeličnog elementa, koga treba zaštititi od uticaja korozije, postiže smanjenje potencijala i sprečavanje raspadanja metala. Ova metoda, koja se dosta upotrebljava kod ukopanih cevovoda i rezervoara, može da postane problematična kod zaštite visokokvalitetnih čelika. Ovde je takođe prisutna opasnost od pojava tvrdoće vodonika i napona korozije visokokvalitetnih čelika.

Iz svega navedenog sledi da za obezbeđenje sigurnosti ankera i čelika za prednaprezanje moraju da se izvedu postupci koji garantuju trajnu zaštitu protiv uticaja korozije i sprečavaju pojavu najmanje brazgotine koje mogu da prouzrokuju stvaranje napona korozije. Pored osnovnog znanja o ugroženosti, značajna je tehnologija izvođenja zaštite i mogućnost proveravanja predviđenih intervencija.

Zbog toga zaštiti od uticaja korozije treba posvetiti posebnu pažnju kod transporta, ugrađivanja i u toku eksploatacije objekta.

Osnovna antikoroziivna zaštita čelika za prednaprezanje obezbeđuje se alkalnom sredinom mase za ubrizgavanje uz pretpostavku, da je ubrizgavanje izvršeno kvalitetno bez praznina. Kontrola ubrizgavanja mora da se vrši u tokom samog izvođenja. U masi za ubrizgavanje ne sme biti sa bude dodataka koji mogu da ubrzaju proces. Drugu barijeru za zaštitu od korozije predstavlja zaštitna cev. Cevi iz plastičnih masa su bolje od čeličnih cevi. Najvažnija barijera za zaštitu prestavlja betonski omotač koji mora da ima dovoljnu debljinu. Kod pripremanja zaštitnog betona ne smeju da se primenjuju tehnološki zahvati koje služe za postizanje visokovrednog betona.

Svi dosadašnji sistemi trajnih sidara imaju „dvostruku antikoroziivnu zaštitu“. Kod ove koncepcije spoljašnju zaštitu čini plastična cev (polietilen) na čitavoj dužini ankera, a unutrašnja zaštita pojedinih pramenova se ostvaruje masom za ubrizgavanje. Najvažniji zahtev ovog sistema je vodonepropusna plastična cev (iz tvrdog polietilena) koja sprečava prodor vode u anker. Ova cev istovremeno obezbeđuje i zaštitu od lutajućih struja. Uticaji makroelemenata mogu da se samo izolacijom ankera od armature objekta.

Osnovna načela antikoroziivne zaštite sidara i prednapetih kablova su:

- da se spreči prisustvo agresivnim medijima (vodi),
- sprečiti električni kontakt objektom,
- obezbediti mogućnost kontrole.

Ispitivanja koja su obavljena na već ugrađenim ankerima merenjem električnog otpora, pokazala su da ankerisani sistemi sa dvostrukom zaštitom imaju znatne konstruktivne nedostatke. Dosta su česta oštećenja polietilenskih zaštitnih cevi koja su nastajala od nesavesnog rukovanja na gradilištu odnosno prevelikih deformacija vezne dužine ankera kod probnog zatezanja. U radu sa ankerima mora da se uzme u obzir činjenica da samo jedno oštećenje plastične zaštitne cevi može da dovede do toga da anker postane makroelement sa odgovarajućim električnim tokom. Intenzitet električnog toka zavisi od razlike potencijala koji nastaje između kotve ankera (glave) koja je električno povezana sa objektom i temeljnim tlom u području oštećenog mesta.

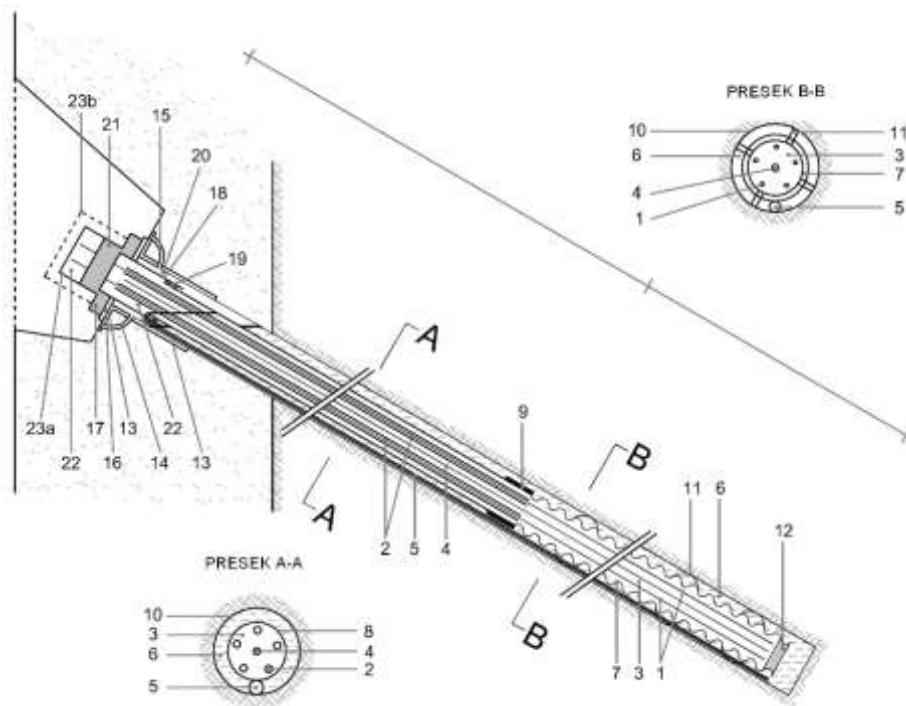
Moguće lutajuće struje na tim mestima mogu znatno da povećaju električnu struju kroz ankere. Na oštećenom mestu nalazi se koncentrisan ulaz i izlaz struje koja može da dovede do gubitka materijala na čeliku ankera i pojave tvrdoće vodonika.

Između teorije dvostruke zaštite od korozije i prakse u građevinarstvu postoji veliki raskorak. U cilju savlađivanja i eliminacije ovih raskoraka uložen je veliki rad, obavljen veliki broj probnih ispitivanja, merenja i proveravanja radnih postupaka i svih konstruktivnih kritičnih mesta.

Sav ovaj uloženi trud eliminisao je razlike koje su postojale između teorije i prakse.

Rezultati navedenih ispitivanja uzeti su u obzir u novim preporukama SIA 191. U njemu je eliminisana pojava dvojne antikorozivne zaštite. Ankeri moraju da imaju spoljašnji zaštitni omotač od tvrdog polietilena koji mora da se nalazi na čitavoj dužini prednapetog oštećenja koje može da nastane pri transportu, ugrađivanju i ubrizgavanju. U cilju sigurnog odvajanja glave (kotve) za ankerisanje od armature objekta ugrađuje se izolaciona ploča između ploče za ankerisanje, ankera i objekta koji se ankeriše.

Ova intervencija povećava otpor ankera za ulazak električne struje sa čime se istovremeno sprečava proticanje makroelementnih struja u armaturu ankerisanog objekta poprečno kroz anker u području glave ankera. Veza između čaure za ankerisanje zaštitnim omotačem cevi mora da bude vodonepropusna. Prazan prostor koji se nalazi između objekta koji se ankeriše i čaure za ankerisanje mora da se popuni ubrizgavanjem. Nezabetonirane glave sidara koje služe za kontrolu i merenje treba da budu obezbeđene zaštitnim kapama. Ove kape ne smeju da budu pocinkovane nego zaštićene od korozije premazima koji su električno neutralni prema čeliku.



Legenda:

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. ogoljeni zategnuti kabl 2. zategnuti kabl u PE zaštićenom omotaču, zamašćen 3. unutrašnje ubrizgavanje (PC) 4. injekcijska cev za unutrašnje ubrizgavanje 5. injekcijska cev za spoljašnje ubrizgavanje 6. spoljašnje ubrizgavanje 7. rebrasta zaštitna PE cev 8. glatka zaštitna PE cev 9. spoj rebraste i glatke zaštitne cevi 10. zid bušotine 11. rastojnik 12. čep za zaštitu noge ankera | <ol style="list-style-type: none"> 13. spoljni oslonac ankera sa prirubnicom od čeličnog lima
zavarenom spiralom, cevčicama za ubrizgavanje i ispuštanje vazduha 14. cev za ubrizgavanje na spoljašnjem osloncu ankera, 15. cev za ispuštanje vazduha, 16. izolaciona ploča (cevolit) 17. podložna ploča za ankerisanje koja može da bude zabetonirana ili zaštićena od korozije 18. čaura – zavarena na ankerisanu ploču 19. obruč za dihtovanje 20. injekcijska masa spoljašnjeg oboda ankera 21. kotva (glava) ankera 22. unutrašnje ubrizgavanje kotve (glave) ankera (mast ili PC) 23a zaštitna kapa (samostalna ili za betonirana) 23b zaštitna kapa sa premazom za koroziju |
|--|--|

Slika 10.5.45: Trajni anker koje odgovara važećim zahtevima u pogledu zaštite od korozije

10.5.6 SPECIFIČNOSTI IZGRADNJE ANKERISANIH ZIDOVA

10.5.6.1 Uvodne konstatacije i usmerenja

U ovom poglavlju dati su postupci koje treba uzeti u obzir tokom izgradnje ankerisanih zidova u cilju obezbeđenja sigurnosti, odgovarajućeg kvaliteta, izgleda i upotrebljivosti izgrađene konstrukcije.

Projektant konstrukcije u tehničkom izveštaju, a geolog u geološko-geomehaničkom elaboratu moraju upoznavati izvođača radova u toku izvođenja radova (klizišta, podzemne vode, maksimalne nagibe privremenih ukopa).

Izrada ankerisanih zidova sastoji se iz više faza koje su međusobno povezane i izvode se po pravilnom redosledu. Izradu faza treba uskladiti i sa eventualnom izgradnjom drugih objekata koji su u neposrednoj vezi sa izvođenjem ankerisanog zida. Kod planiranja treba posebno uzeti u obzir pojedinačne sigurnosti izgradnje predmetnog objekta i susednih objekata, te sigurnost i stabilnost celog područja, koje može da bude u vezi sa izgradnjom svake pojedinačne faze.

Izvedbeni tehnološki elaborat izrađuje izvođač radova. Tehnološki elaborat mora obezbediti oblik predviđen po projektu, kvalitet i trajnost konstrukcije uz primenu svih zahteva koji su vezani za obezbeđenje sigurnosti i zdravlja ljudi. Posebnu važnost treba posvetiti opštoj organizaciji i redosledu izvođenja radova na izgradnji koji treba biti usklađen sa statičkom analizom projektnih situacija.

Za svaki zid mora da se izradi tehnološki elaborat koji sadrži definisane prilazne puteve, radne platoe, način i tok odvodnjavanja površinskih i zaleđnih voda, faze i etape izgradnje zidova sa privremenim osiguranjem i terminskim planom napredovanja radova.

Izgradnju zida treba uskladiti sa kompletnim redosledom izvođenja radova na čitavoj deonici puta. Postupak građenja pojedinačnog zida je relativno jednostavan, dok je građenje više različitih sistema zidova dosta komplikovan rad i zahteva varijantne obrade. Organizacija i faznost izgradnje moraju da omoguće da izgradnja jednog zida ne ugrožava sigurnost već izgrađenog dela ili zida u celini (slika 10.5.46).

Odstupanja od projektovanih rešenja dozvoljena su samo uz pismenu saglasnost naručioca i odgovornog projektanta.

Prilazni put do radnih platoa mora da omogućuje pouzdan i siguran transport radnika i materijala. Trasu prilaznog puta treba provući i utvrditi tako da njegova upotreba ne uzrokuje negativne uticaje na stabilnost kosina ukopa i nasipa puta. Širinu puta treba prilagoditi terenskim prilikama i vrsti transportnih sredstava i mehanizacije. Kod izvođenja zidova od bušenih šipova, minimalna širina prilaznih puteva je 5,0 m, kod ostalih zidova min. 3,0 m.

Radni plato treba da ima dovoljnu širinu za sigurno i kvalitetno izvođenje radova. Kod određivanja širine treba uzeti u obzir i potrebnu širinu za postavljanje elemenata oplate, njihovo podupiranje i osiguranje, postavljanje radnih skela te širinu potrebnu za upotrebu mehanizacije.

Odvodnjavanje prilaznih puteva i radnih platoa treba urediti tako, da ne uzrokuje nestabilnost na području gradilišta i oštećenja navedenih površina.

Kod iskopa za ankerisane zidove ili pojedine delove zidova (kampade, etape) treba poštovati projektovana rešenja. Otvaranje građevinske jame može da se izvede najviše na dužini jedne radne kampade, odnosno maksimalno do obima koji je predviđen projektom. Iskop iza zaleđa treba da se izvodi u obimu koji obezbeđuje privremenu stabilnost kosine iskopa. Ukoliko iz objektivnih razloga, izvođač mora da izvede iskop sa nagibom kosine koji je veći od nagiba propisanog projektom, mora da se postara za odgovarajuću zaštitu iskopa koja obezbeđuje približno istu stabilnost. Ove promene mora da overi odgovorni projektant.

Kod postavljanja oplate ankerisanih zidova potrebno je da se uzmu u obzir sva projektna uputstva koja se odnose na kvalitet elemenata iskorišćenih za oplatu. Ona zavisi samo od strane zida ili eventualno dodatne obrade vidnih površina.

Armatura armiranih betonskih ankerisanih zidova ugrađuje se u skladu sa armaturnim nacrtima. Kod ugrađivanja treba paziti na zaštitni sloj armature koji mora da iznosi 5 cm za površine koje dolaze u dodir sa zemljom, na ostalim mestima 4,5 cm. Za osiguranje zaštitnih slojeva obavezna je upotreba distancera iz materijala koji ima iste

karakteristike kao beton (betonski ili beton sa vlaknima).

Betoniranje ankerisanih zidova može da počne tek posle preuzimanja armature koje obavlja nadzorni organ. Preporučuje se betoniranje sa što manjim brojem radnih spojeva.

Ako su spojevi neophodni iz tehnoloških razloga i visine zida, ove spojeve treba izvesti kao vodonepropusne u skladu sa zahtevima u pogledu vodonepropusnosti cele konstrukcije.

Dodirne spojnice između pojedinih kampada treba izvesti u skladu sa SRDM 9.12.9. Posebnu pažnju treba posvetiti slučajevima kod kojih su nosiva tla promenljivo nosiva. U takvim primerima obavezno se zid izvodi sa zubom zbog sprečavanja pomeranja između pojedinih kampada. Kod takvih spojeva treba izbegavati geotehnički ankeri.

Osnovni elementi koji sastavljaju konstrukciju ovih zidova su armirani beton i geomehanički ankeri. U pogledu izvođenja samih armiranih betonskih elemenata nema posebnih zahteva koji izlaze iz okvira opšte poznate tehnologije, dok izvođenje geotehničkih sidara treba da se obavlja prema odredbama datim u poglavlju 9.

Na slici 10.5.46 detaljno su prikazane sve faze izgradnje zida. Posebnu pažnju treba posvetiti gradnji zidova koji se izgrađuju odozgo nadole. Ovaj tip zida upotrebljava u zahtevnim geološko-geomehaničkim uslovima, a gradi se po kampadama na preskok minimalne dužine 5,0 m. Kampade obično imaju dužinu 7,0 m, visinu do 3,5 m, a zavise od geološko-geomehaničkih karakteristika i hidroloških uslova.

Zidovi koji su duži od 30 m moraju da se dilatiraju. Dilataciju treba da se izvede smičućim zubom kroz koji prolazi traka za dilatiranje. Dužine pojedinih dilatacionih jedinica treba da budu približno 20 m.

Na zidovima po dužini dilatacija sa obe strane treba predvideti ankere u svakoj etapi bez obzira na potrebu sa geostatičkog vidika. Smičućim zubom i ankerima uz dilataciju sprečava se eventualna pojava nejednakih deformacija na zidu.

10.5.6.2 Izgradnja zidova od bušenih šipova

Izrada zidova od bušenih šipova sastoji se od više radnih faza koje su međusobno povezane i slede jedna drugoj. Pošto su zidovi od bušenih šipova obično vezani za druge objekte, izvođenje pojedinih faza treba da bude usaglašeno sa predviđenim planom.

Svi postupci za izvođenje, te za siguran i kvalitetan rad treba da budu opisani u tehnološkom projektu izvođenja zidova od bušenih šipova i u projektu organizacije gradilišta. Ove projekte moraju da pripreme projektant i izvođač radova.

Projektant konstrukcije u tehničkom izveštaju i geolog u geološkom elaboratu moraju da upozore izvođača radova na sve posebne specifičnosti na koje mogu naići u toku izvođenja radova (lokacije klizišta, lokacije dotoka vode, maksimalni lokalni nagibi privremenih ukopavanja...).

Radni plato mora da bude toliko širok da omogućuje kvalitetno i sigurno izvođenje radova kod upotrebe stroja za „bušenje“ šipova i da je njime omogućeno ugrađivanje armaturnih koševa i betona. Širina platoa mora da iznosi najmanje 5 m. Mora da se na odgovarajući način utvrdi odvodnjavanje.

Odvodnjavanje platoa mora da bude izvedeno tako da ne uzrokuje nestabilnost tla na široj lokaciji građenja. Pri izvođenju šipova važna je kota platoa. Ona treba da iznosi najmanje 10 cm više od buduće gornje kote vezne grede šipova. Ovim se sprečava krivljenje armature, koja viri iz već izgrađenih šipova, sa gusenicama mašine za izradu šipova.

Na platou se izvodi i iskolčavanje šipova. U glavnom projektu mora da bude obrađeno i dato iskolčavanje zida od bušenih šipova u karakterističnim profilima. Iskolčavanje je obrađeno u Goussovim koordinatama.

Kod bušenja šipova pre svega treba da se obrati pažnja na tačnost izvođenja u pogledu vertikalnosti i lokacije šipa. Eventualne greške nakon iskopa ometaju tok izgradnje, dok pri samoj gradnji nekonstantne mere uzrokuju dodatne teškoće.

Bušenje mora da prati odgovorni geolog koji vodi dnevnik bušenja šipa sa stalnim upisima sastava tla. Sa odgovornim izvođačem radova brine o tačnosti izvedenih šipova u pogledu kota i da li su dovoljno uklješteni u

nosiva tla. U slučaju odstupanja u nosivom tlu od predviđanja iz projekta, odmah moraju da obaveste odgovornog projektanta, te da zajedno usvoje dalja uputstva.

Kada se postigne zahtevana dubina bušenja, u bušotinu treba što pre ugraditi armaturu šipa. U slučaju da je dužina šipa veća od dužine armaturnih šipki, onda treba dva koša spojiti na licu mesta. Pri tome treba paziti da hod spiralne armature bude gušći na području postavljanja koša.

Betoniranje se izvodi pomoću kontraktorske cevi koja u svakom trenutku mora da bude potopljena u betonsku mešavinu min. 1 m. To zahteva betoniranje od početka do kraja bez prekida i zastoja.

U skladu sa napredovanjem betoniranja iz bušotine se izvlači zaštitna kolona šipa. To se mora da se vrši pažljivo da sene bi izvukla armatura.

Betoniranje se izvodi na približno 30 do 50 cm iznad predviđene kote gornje ivice šipa. Pri tom se izgura betonska mešavina sa primesom zemlje na vrh šipa. Zato se taj višak betona uklanja narednog dana, dok se beton ne stvrdne.

Vezna greda se izvodi na podbetonu. S obzirom da je greda vidljiva, treba je da se upotrebi oplatu za vidljivi beton, a ivice treba da se skinu.

U slučaju da se u veznoj gredi nalaze kotve za ankerisanje, treba ih da se ugrade pod pravim uglom na anker i da se oplata grede prilagodi tom položaju.

Odmah nakon izrade, na vezne grede treba da se ugrade reperi za merenje deformacija nultim – početnim visinskim kotama i da se označi njihovu tačna pozicija.

Ako su predviđeni ankeri, nakon izrade vezne grede pristupa se ugradnji i prednaprezanju ankera.

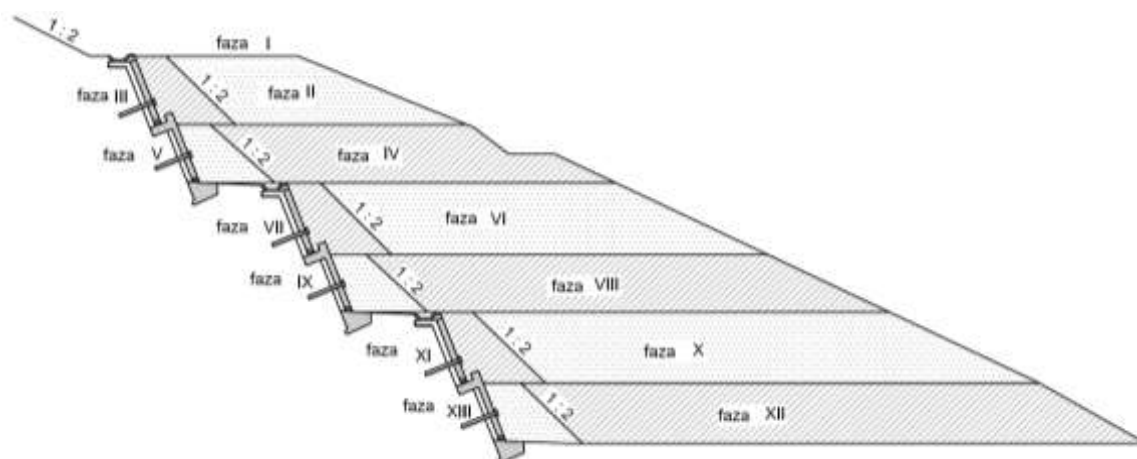
Nakon prednaprezanja sledi otkopavanje tla na slobodnoj strani do nivoa sledeće grede za ankerisanje odnosno do dna izvođenog zida iz prethodne faze. Postupak izgradnje srednje grede za ankerisanje, ugrađivanje i prednaprezanje sidara identičan je prethodno opisanom.

Kada su primarni delovi zida od bušenih šipova izgrađeni, počinje izgradnja drenaža: horizontalnih ispod vezne grede i vertikalnih

između šipova. Ujedno se obrađuju vidljiv površine šipova, koje u nekoherentnom tlu mogu da budu „obložene“ dobetoniranim delom tla ili da se peru vodom pod pritiskom.

Na kraju postupka sledi i izrada završnog sloja između šipova: preko betonskog drenažnog sloja zategne se PVC folija, na bočnom delu šipa zalepi se bubreća traka i zabetonira razmaknuti prostor između šipova.

Na dnu vidnog dela zida od šipova skuplja se drenirana voda iz prostora između šipova, a odatle se pomoću podužne drenažne cevi izvodi van zida u okolinu ili se spajaju na odvodnjavanje ukupne okoline.



I. faza: široki iskop izvođača trase do vezne grede

II. faza: široki iskop izvođača trase do donje ivice prve etape u nagibu 1:2

- III. faza:
1. Iskop izvođača zida u nagibu zida za prvu etapu u pojedinačnoj kampadi
 2. Izrada privremenog podbetona debljine 15 cm
 3. Polaganje podužne drenažne cevi
 4. Izrada betona uz otvore za odvodnjavanje
 5. Postavljanje ploča
 6. Betoniranje filterskog betona
 7. Prednaprežanje geotehničkog ankera
 8. Izgradnja kanalete
 9. Betoniranje vezne grede ploča

IV. faza: široki iskop izvođača trase do donje ivice druge etape u nozi br. 1:2

- V. faza:
1. Iskop izvođača zida u nagibu zida za drugu etapu u pojedinačnoj kampadi
 2. Uklanjanje podbetona
 3. Ugrađivanje drenažnog geotekstila i podužne drenažne cevi iza temelja
 4. Izrada temelja
 5. Postavljanje ploče
 6. Betoniranje filterskog betona
 7. Betoniranje spojeva između ploča
 8. Prednaprežanje geotehničkog ankera
 9. Uređenje berme

VI. faza kao II. faza

VII. faza: kao III. faza

VIII faza: kao IV. faza

IX. faza: kao V. faza

X. faza: kao II. faza

XI. faza: kao III. faza

XII. faza: kao II. faza

XIII. faza: kao III. faza

Slika 10.5.46: Šematski prikaz faza građenja ankerisanog zida