

SMJERNICE ZA PROJEKTOVANJE, GRAĐENJE, ODRŽAVANJE I NADZOR NA PUTEVIMA

Knjiga I: PROJEKTOVANJE

Dio 3: PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA NA PUTEVIMA

PROJEKTANTSKA SMJERNICA (PS 1.3.3)

Poglavlje 3: GRAVITACIONI POTPORNI ZIDOV

U V O D

Gravitacioni zidovi kao podporne konstrukcije su važni elementi saobraćajnica, koji omogućavaju planiranje i građenje savremenih puteva i drugih infrastrukturnih objekata u težim geomorfološkim uslovima i značajno utiču na troškove i brzinu građenja, sigurnost saobraćaja, trajnost i funkcionalnost saobraćajnice.

Sadržaj PS 1.3.3 razdijeljen je u četiri uvodna i osam sadržajnih poglavlja (kameni gravitacioni zidovi, betonski gravitacioni zidovi, AB gravitacioni zidovi, geostatička analiza gravitacionih zidova, odvodnjavanje i zatrpanjanje zaleđa gravitacionih zidova, opšti postupci izrade gravitacionih zidova, praćenje, obezbijeđenje kvaliteta i održavanje gravitacionih zidova).

Smjernica daje uslove za upotrebu gravitacionih zidova iz različitih materijala kod kojih se može govoriti o homogenom presjeku, te geometrijske parametre sa kojima se ograničava dužina, visina i drugi konstrukcijski elementi. Navedeni su i osnovni principi statičke analize i armiranja gravitacionih zidova.

Kameni nabačaji, kašte i gabioni su po prirodi gravitacione građevine i nisu obrađeni u ovoj smjernici, pošto kod njih ne možemo govoriti o homogenom presjeku, pa su predmet neke druge, posebne smjernice.

Kod izrade PS 1.3.3 korištena su dugogodišnja iskustva pri građenju i eksploataciji gravitacionih zidova, savremena stručna i teoretska znanja te važeći propisi i standardi sa područja građevinarstva, kao i evropski standardi za geotehničko projektovanje.

Sadržaj smjernice je namjenjen za potrebe izgradnje novih i rekonstrukciju postojećih saobraćajnica, sanaciju klizišta, građenju hidrotehničkih i komunalnih objekata.

S A D R Ž A J

1. PREDMET PROJEKTANTSKE SMJERNICE	5
2. REFERENTNI NORMATIVI	5
3. TUMAČENJE IZRAZA	5
4. UVODNI DIO	6
4.1 Opredjelenje, vrste i značaj potpornih konstrukcija	6
4.2 Geotehnička zahtjevnost	7
4.3 Podloge za projektovanje potpornih konstrukcija	8
5. PREPORUKE ZA PROJEKTOVANJE	9
5.1 Ulagne pretpostavke za projektovanje	9
5.2 Metode geotehničkog projektovanja	9
5.3 Konstrukcijski principi kod projektovanja	11
5.4 Arhitektonsko oblikovanje potpornih konstrukcija	11
5.5 Preporuke za izbor tehnologije građenja	11
5.6 Projektovanje u seizmičkim područjima	12
6. KAMENI GRAVITACIONI ZIDOVI	13
6.1 Općenito	13
6.2 Konstruisanje kamenih gravitacionih zidova	14
6.3 Zahtjevi za kvalitet materijala i specifičnosti građenja	15
7. BETONSKI GRAVITACIONI ZIDOVI	17
7.1 Općenito	17
7.2 Konstruisanje betonskih gravitacionih zidova	17
7.3 Zahtjevi za kvalitet materijala i specifičnosti izgradnje betonskih gravitacionih zidova	20
8. ARMIRANO BETONSKI GRAVITACIONI ZIDOVI	22
8.1 Općenito	22
8.2 Konstruisanje AB gravitacionih zidova	26
8.3 Zahtjevi za kvalitet materijala i specifičnosti izvođenja AB gravitacionih zidova	27
9. GEOSTATIČKA ANALIZA GRAVITACIONIH ZIDOVA	28
9.1 Granična stanja nosivosti	28
9.2 Postupak dokazivanja graničnih stanja nosivosti	29
9.3 Pritisici tla	31
10. ODVODNJAVANJE I ZASIPANJE ZALEĐA GRAVITACIONIH ZIDOVA	35
10.1 Odvodnjavanje voda zaleđa	35
10.2 Odvodnjavanje površinskih voda	38
10.3 Zasipi iza zaleđa	39
10.4 Čelno zasipavanje i osiguranje	41
11. OPŠTI POSTUPCI IZGRADNJE GRAVITACIONIH ZIDOVA	41
12. PRAĆENJE, OBEZBJEĐENJE KVALITETA I ODRŽAVANJE GRAVITACIONIH ZIDOVA	43
12.1 Praćenje i obezbjeđenje kvaliteta u toku građenja	43
12.2 Održavanje gravitacionih zidova	44
12.3 Radovi na održavanju	47

1. PREDMET PROJEKTANTSKE SMJERNICE

Projektantska smjernica 1.3.3 – GRAVITACIONI ZIDOVNI opredeljuju konstrukcije, koje sa svojom konstruktivnom zasnovom prenose zaledne pritiske zemlje na temeljna tla.

Osnovna namjena smjernice je davanje upustava za izbor pravilnog oblika i vrste konstrukcije koja svoju osnovnu funkciju, za stabiliziranje zalednih pritisaka, obavlja po principu gravitacionog otpora.

Smjernica daje uslove za upotrebu gravitacionih zidova iz različitih materijala kod kojih se može govoriti o homogenom presjeku, te geometrijske parametre sa kojima se ograničava dužina, visina i drugi konstrukcijski elementi. Navedeni su i osnovni principi statičke analize i armiranja gravitacionih zidova.

Kod izvođenja su gravitacioni zidovi zahtjevne konstrukcije. Odluku o njihovoj upotrebi treba donijeti u prvoj fazi projekta puta i putnih objekata.

Izbor i obrazloženje izbora gravitacionih zidova, koja je donesena na osnovu odgovarajućih podloga, je plod saradnje projektanta puta, geomehaničara i projektanta inžinjerskih konstrukcija.

Kameni nabačaji, kašte i gabioni su po prirodi gravitacione građevine, ali nisu obrađeni u smjernici, pošto kod njih ne možemo govoriti o homogenom presjeku.

U smjernici nisu obrađene ni razne vrste kamenih i drugih obloga, koje se izvode za zaštitu kosina.

Konstrukcije ograda i ivičnih vijenaca koje su, radi veće preglednosti, prikazane kroz primjere gravitacionih zidova su predmet drugih smjernica (PS 1.2.2 i PS 1.2.3).

2. REFERENTNI NORMATIVI

Projektovanje, građenje i održavanje potpornih konstrukcija zasniva se na odredbama propisa, standarda:

- Propisi iz oblasti građevinarstva,
- Propise za projektovanje, građenje, eksploataciju i održavanje puteva,
- Zakon o javnim putevima,
- Pravilnik o tehničkim normativima i temeljnim uslovima koje moraju ispunjavati

javni putevi i njihovi elementi izvan naselja u pogledu sigurnosti prometa (Sl. list SFRJ br.35/81 i 45/81).

- Pravilnik o tehničkim normativima za određivanje opterećenja na mostovima (Sl.list SFRJ br.1/91)
- Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata, Sl. list SFRJ, br. 15-295/90.
- Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton (Sl. list SFRJ, br. 11/87).
- Pravilnik o jugoslovenskim standardima za osnove projektovanja građevinskih konstrukcija, Sl. list SFRJ, br. 49-069/98,
- Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton u objektima ispostavljenih djelovanju agresivnih medija, Sl. list SFRJ, št. 18/92.
- EN 1990.2002 EUROCODE – Osnove projektovanja konstrukcija
- prEN 1991 Eurocode – Uticaji na konstrukcije
- prEN 1992 Eurocode 2 – Projektovanje betonskih konstrukcija
- pr EN 1997 Eurocode 7 – Geotehničko projektovanje
- prEN 1998 Eurocode 8 – Projektovanje potresno sigurnih konstrukcija

3. TUMAČENJE IZRAZA

Gravitacioni zid je konstrukcija, koja sa svojom masom i sudjelujućom masom zemlje obezbijeđuje potrebnu sigurnost.

Kameni gravitacioni zid je konstrukcija iz kamenih blokova nepravilnih oblika međusobno sa betonom povezani u homogenu cjelinu, koja sa svojom oblikovnom i gravitacionom zasnovom prenosi pritiske zaleda zemlje i korisna opterećenja na temeljna tla.

Armirano betonski gravitacioni zid je konstrukcija iz betona sa armaturom, koji sa svojom oblikovnom i gravitacionom zasnovom i masom sudjelujuće zemlje, prenosi pritiske zaleda zemlje i korisna opterećenja na temeljna tla.

Podporne konstrukcije su svi tipovi zidova koji podupiru i stabiliziraju tla, brdske i druge materijale.

Temeljna tla prestavljaju kamenita, šljunkovita ili zemljana tla na koja se prenose opterećenja zida.

Zaleđna zemlja (tla zaleđa) je naziv za intaktne kamene ili zemljane materijale, koji se po potrebi podupiru odnosno štite.

Zaleđni (brdski) zasip prestavlja zemlju, koja se nakon izgradnje ili u toku građenja ugrađuje na zaleđnoj strani zida.

Dolinski (čelni) zasip prestavlja zemljani materijal, koji se nakon građenja ili u toku građenja ugrađuje na čeonoj strani zida.

Zaleđna (brdska) strana je prostor na brdskoj strani zida.

Trup zida je vertikalni nosivi element preko koga se zaleđni pritisci zemlje prenose preko temelja na temeljna tla.

Dolinska (čelna) strana je vidna strana zida.

Zaleđna (brdska) strana je površina zida na brdskoj strani, koju zid štiti.

Dolinska (čelna) temeljna peta je sa čelne strane produženi dio temelja.

Zaleđna (brdska) temeljna peta je sa zaleđne strane produženi dio temelja.

Zaleđna (hribinska) konzola je produženi konstruktivni element na zaleđnoj strani, koji služi za dodatnu stabilnost zida.

Rebro (kontrafor) je element, koji je okomito vezan sa čelne ili zaleđne strane na zid i ima staticku funkciju.

Kruna – glava je završni gornji dio zida.

Visina zida je odstojanje između najviše tačke na kruni i najniže tačke u dnu temelja.

Visina trupa zida je rastojanje između najviše gornje kote temelja i krune zida.

Debljina zida je odstojanje između čelne i zaleđne strane zida.

Širina temelja je odstojanje između krajnje čelne i zaleđne tačke temeljne plohe.

Visina temelja je odstojanje između gornje i donje plohe temelja.

Nagib temelja je ugao, koga obrazuje linija temeljne plohe sa horizontalom.

Nagib zida je ugao između čelne ili zaleđne plohe i vertikale zida.

Dubina temelja je odstojanje između najviše kote dna temelja i najniže kote terena iznad nje.

Kampada je dužina potpornog dijela zida između dvije radne spojnice ili dilatacije.

Konzolni prepust je raširenje krune potpornog zida na čelni ili zaleđni strani i služi za potrebe oslanjanja i pričvršćenja rubnog vijenca, hodnika i ograde.

Slabo nosiva tla su tla kod kojih su dozvoljene nosivosti ispod 200 kPa.

Srednje nosiva tla su tla kod kojih su dozvoljene nosivosti između 200 i 400 kPa.

Dobro nosiva tla su tla kod kojih su dozvoljene nosivosti veće od 400 kPa.

Koherentna – vezana tla su materijali granulacije do 0,06 (zrna se ne vide prostim okom). U ovu grupu spadaju prašina, glina i organska tla. Osnova za klasifikaciju je granica tečenja i indeks plastičnosti.

Nekoherentna, nevezana tla su tla sa granulacijom preko 0,06 mm. U ovu grupu spadaju čisti šljunak, čisti pjesak te pjesak i šljunak sa glinastim vezivom. Osnova za klasifikaciju je granulometrijski sastav.

4. UVODNI DIO

U podporne konstrukcije uvrštavaju se svi tipovi konstrukcija, koja podupiru tla, brdske i druge materijale ili zadržavaju vodu.

Materijal (tlo, stijena) je poduprt ako je formiran u strmijim nagibima od nagiba kod kojih može samostalno stajati.

4.1 Opredjelenje, vrste i značaj potpornih konstrukcija

U pogledu namjere, materijala, mehaničkih osobina i njihove funkcije u prostoru te tehnologije, razlikujemo sljedeće vrste potpornih konstrukcija:

- u pogledu perioda eksploatacije razlikujemo trajne odnosno privremene potporne konstrukcije,
- u pogledu materijala poznamo: betonske, kamene, čelične, drvene i kombinovane,
- u pogledu položaja uz saobraćajnice razlikujemo potporne konstrukcije, koje podupiru trup saobraćajnice odnosno padinu iznad saobraćajnice,

- u pogledu mehaničke krutosti razlikujemo krute i deformabilne potporne konstrukcije. Pojam krutosti potpornih konstrukcija je relativan, a izražava ga omjer između deformacije tla i deformacije potporne konstrukcije;
- u pogledu funkcije u prostoru razlikujemo konstrukcije za zadržavanje, podupiranje tla i brdskih padina i zadržavanje vode;
- u pogledu tehnologije izvođenja razlikujemo: potporne konstrukcije izrađene u otvorenoj građevinskoj jami, potporne konstrukcije izrađene u tlu sa iskopima po kampadama, potporne konstrukcije građene sa površine tla u zaštićenim iskopima, građenje u građevinskoj jami sa zaštitom kosina te građenje od gore prema dole po kampadama po visini i dužini.

Pri izgradnji puteva razlikujemo dvije osnovne grupe potpornih konstrukcija za podupiranje padina i trupa puteva.

4.1.1 Gravitacione potporne konstrukcije

Ovu grupu sačinjavaju gravitacioni (masivni) potporni zidovi izgrađeni od lomljenog kamena, nearmiranog ili armiranog betona.

Za stabilnost masivnih potpornih konstrukcija najvažniji je otpor tla na temeljnoj plohi, međutim, kada se radi o otporu na bočnim plohamama, on je manje izražajan radi čega ga u analizama ne uzimamo u obzir.

Ove potporne konstrukcije su ravnomjernog poprečnog presjeka, a mogu biti lokalno ojačane sa rebrima. Vlastita težina konstrukcije, u nekim slučajevima zajedno sa težinom zaleđnog tla te trenje između tla i konstrukcije doprinose stabilnosti konstrukcije.

Tipične masivne potporne konstrukcije su: masivni plitko temeljeni kameni, betonski i AB potporni zidovi ravnomjernih ili promjenljivih debljina.

4.1.2 Sidrene potporne konstrukcije

Sidreni zidovi i konstrukcije detaljnije su obrađeni u smjernici PS 1.3.4.

Potporne konstrukcije uklještene u tla prestavljaju relativno tanki zidovi iz armiranog betona ravnomjerne ili promjenljive debljine, čelični ili drveni zagatni zidovi, zidovi na šipovima, AB konrafoni, zidovi građeni po tehnologiji od gore prema

dole. Ove konstrukcije mogu biti sidrene, ojačane sa razuporama ili samo uklještene u temeljna tla. Za njihovo opredeljenje bistveno utiče otpor tla na bočnim plohamama i geotehnička sidra za obezbijedenje potrebne stabilnosti. Ove konstrukcije nemaju izrazite temeljne plohe, dok krutost na savijanje igra najznačajniju ulogu kod obezbeđenja pouzdanosti.

Vlastita težina ovakvih konstrukcija nema veliki značaj radi čega je u geomehaničkim analizama ne uzimamo u obzir.

4.2 Geotehnička zahtjevnost

Kategorija geotehničke zahtjevnosti je značajna za određivanje obsega potrebnih istraživanja, ocjenu prikladnosti konstrukcije i predviđene tehnologije izvođenja, procjenu troškova, izbor odgovarajućih projektanata i izvođača potpornih konstrukcija. Ova zahtjevnost zavisi od stepena rizika pri izvođenju radova, vrste tla te potencijalno mogućih posljedica, mogućih grešaka kod projektovanja i izvođenja u smislu ugrožavanja okoline i objekata u uticajnom području kao i na pouzdanost izgrađenih konstrukcija.

Kategorija geotehničke zahtjevnosti mora se odrediti prije početka projektovanja. U sljedećim fazama investicionog procesa može se promijeniti najviše za jednu kategoriju.

Uz poštivanje odredbi nekih standarda i praktičnih iskustava, uvedene su tri kategorije geotehničke zahtjevnosti:

4.2.1 Geotehnička kategorija 1

U prvu geotehničku kategoriju ubrajaju se male i jednostavne potporne konstrukcije ukupne visine do 3,0 m, ali samo u primjerima kada potporni odnosno planirani iskopi za izradu temeljenja ne ugrožavaju stabilnost u smislu dodatnih deformacija i prekoračenja graničnih stanja susjednih objekata, infrastrukture, pojave globalne nestabilnosti padine itd.

Kategorizacija potpornih konstrukcija u prvu kategoriju dozvoljava se samo kada za stvarna temeljna tla postoje dokumentovana iskustva, koja dokazuju da su potrebni postupci za projektovanje i izvođenje predviđenih radova toliko jednostavni da se dozvoljava upotreba iskustvenih metoda.

Nedokumentovana iskustva, koja su se prikupila od izgrađenih objekata u bližnjoj okolini ne mogu se uzeti u obzir. Za projektovanje takvih potpornih konstrukcija dovoljni su iskustveni postupci. Ocjena geološkogeotehničkih uslova i materijalnih osobina može se izvršiti prije projektovanja na osnovu upotredivih iskustava, obilaska terena itd.

U ovu kategoriju ne mogu se uvrstiti potporne konstrukcije koje služe za poboljšanje stabilnosti aktivnih, mirujućih i potencijalnih klizišta.

4.2.2 Geotenička kategorija 2

U drugu geotehničku kategoriju ubrajaju se potporne konstrukcije kod kojih nisu prisutni veliki rizici, izuzetno veliki i zahtjevni geotehnički uslovi i primjeri opterećenja.

Potpore konstrukcije uvrštane u ovu kategoriju zahtijevaju tačnost u prikupljanju kvalitativnih i kvantitativnih geotehničkih podataka i rezultata geotehničkih analiza za ispunjavanje osnovnih kriterija sigurnosti i pouzdanosti, dok se za laboratorijska ispitivanja, projektovanje i izvođenje radova mogu upotrebiti standardni i iskustvene metode. Za uvrštavanje potpornih konstrukcija u višu geotehničku kategoriju većinom su presudni geotehnički, a ne konstrukcijski razlozi.

U ovu kategoriju ubrajaju se uobičajene potporne konstrukcije visine do 10 m sa sidrima ili bez njih na ravninskim ili padinskim lokacijama bez izrazitih diskontinuiteta na kojima nema aktivnih, mirujućih, fosilnih i potencijalnih klizišta većih dimenzija i dubina iznad 5 m. Za dokazivanje stabilnosti i graničnih stanja upotrebljavaju se odgovarajući standardni postupci i računski programi.

4.2.3 Geotehnička kategorija 3

U geotehničko najzahtjevniju kategoriju potpornih konstrukcija spadaju projekti, koji prestavljaju objekte sa izrazito velikim rizikom i posebnim zahtjevima. Ova kategorija najčešće se primjenjuje u izrazito teškim terenskim i geološko-geomehaničkim prilikama i/ili velikim seizmičkim opterećenjima.

Kod raspoređivanja potpornih konstrukcija u ovu kategoriju mora se uzeti u obzir:

- rizike povezane sa velikom ugroženošću sigurnosti ljudi i života,
- rizike povezane sa jako velikim privrednim posljedicama,
- rizike radi smanjenja pouzdanosti geološko-geomehaničkih projektnih podataka,
- velike rizike koji su povezani sa pouzdanošću projektnog rješenja kada pouzdanost konstrukcije zavisi od djelovanja drenažnih sistema, kada se pouzdanost rješenja ne može u potpunosti dokazati sa geomehaničkim analizama i proračunima,
- rizike radi izrazitog stepena seizmičke ugroženosti.

U koliko postoji vjerovatnoća ugroženosti ljudskih života ili ekonomskih posledica koje bi uticale na privredu države onda i ovi rizici uvrštavaju potporne konstrukcije u 3. kategoriju zahtjevnosti.

U poređenju sa 1. i 2. kategorijom, objekti iz 3. kategorije se razlikuju po obimu, kvalitetu i kvantitetu ispitivanja te po primijenjenim metodama za geotehničke analize kao što su nelinearne i vremenski zavisne računske modele, eksperimentalne metode ispitivanja probnim opterećenjima te sa osmatranim načinom izgradnje sa sprovođenjem unaprijed planiranih mjera. Obim i način izvođenja terenskih i laboratorijskih ispitivanja i analiza po pravilu prevazilazi kvalitetno i kvantitativno standardne postupke.

Kod svih potpornih konstrukcija, koja su uključena u najvišu kategoriju geotehničke zahtjevnosti treba organizovati praćenje (monitoring) potporne konstrukcije i tla u uticajnom području u toku i nakon završetka radova.

4.3 Podloge za projektovanje potpornih konstrukcija

Geotehničko projektovanje potpornih konstrukcija sadrži ove projektne aktivnosti: koncept stabilnosnog problema, studiju odgovarajućih projektnih rješenja, prikupljanje potrebnih podataka, geomehaničke analize, izradu, kontrolu i ovjeravanje nacrta, praćenje izgradnje i izgrađenog objekta u eksploataciji.

Kod projektovanja saobraćajnica obično se pojavljuju problemi sa obezbjeđenjem ograničenih intervencija u prostor, nagibima kosina i dubina ukopavanja koji su povezani sa procijenjenim geomehaničkim karakteristikama padina, pravi razlozi za proučavanje opravdanosti izgradnje potpornih konstrukcija.

Osnovu za projektovanje potpornih konstrukcija, slično kao i kod mostova, prestavlja cjelina geodetskih, geološko-geomehaničkih, hidroloških, seismoloških, vodoprivrednih, putnih, saobraćajnih, meteoroloških, prostorskih i urbanističkih podataka lokacije za čitavo uticajno područje obrađivanog objekta. Za projektovanje potpornih konstrukcija posebno su važne geološko-geomehaničke podloge koje će biti obrađene u posebnim smjernicama.

Prije projektovanja investitor mora pripremiti projektni zadatak u kome su navedeni razpoloživi podaci, geotehničke kategorije, podaci koje mora pribaviti projektant i drugi uslovi za projektovanje i izradu potporne konstrukcije.

Prikladnost, pouzdanost i ekonomičnost projektnog rješenja neposredno zavisi od znanja, iskustva i osposobljenosti projektanta, tačnosti i razumjevanja terenskih podataka, koje mogu pribaviti samo ovlašteni stručnjaci za pojedina područja u stalnoj saradnji sa projektantom, koji mora imati određeno znanje i iskustva iz svih gore navedenih inter-disciplinarnih područja sa naglaskom na geologiju, geomehaniku i inženjerske konstrukcije.

5. PREPORUKE ZA PROJEKTOVANJE

5.1 Ulazne pretpostavke za projektovanje

Kod projektovanja potpornih konstrukcija moraju naručilac i projektant obezbijediti ispunjavanje sljedećih uslova za projektovanje:

- Projektni podaci sa područja geotehnike, geodezije, hidrogeologije i seismologije moraju se pribaviti, dokumenovati i interpretirati uz poštovanje važećih propisa i standarda.
- Osnovni dokumenti, koji služe kao osnova za projektovanje potpornih konstrukcija su projektni zadatak, geološko-geomehanski izvještaj ili dokumentovana upoređenja iskustva sa tačno navedenim propisima i standardima, koji su se primijenili kod

interpretacija podataka uz navođenje odgovornih osoba.

- Potporne konstrukcije mogu projektovati samo ovlašteni inžinjeri sa iskustvom na području geotehničkog projektovanja.
- Kod pripremanja i izrade potrebnih osnova za projektovanje potrebna je stalna saradnja između projektanata i izvođača potpornih konstrukcija.
- Na gradilištu i bazama za proizvodnju treba organizovati nadzor i službu za kontrolu i praćenje kvaliteta.
- Sve radove treba izvoditi prema pripadajućim standardima i pismenim upustvima stručnjaka sa odgovarajućim znanjem i iskustvom.
- Dozvoljava se upotreba samo atestiranih materijala i poluproizvoda.
- Potpornu konstrukciju treba pravilno održavati.
- Konstrukcija će služiti samo namjenama koje su predviđene projektnim zadatkom.

Projekt gravitacionih zidova mora sadržati odgovarajuću situaciju i visinski prikaz konstrukcije u mjerilima, koji obezbeđuju preglednost i cijelovitost obrađivane konstrukcije. Minimalan grafički obseg je situacija konstrukcije, poduzni i poprečni presjeci za različite visine zida te odgovarajući prikaz konstruktivnih detalja. Iz nabrojanih crteža moraju biti vidne sve dimenzije, koje su izvođaču potrebne za iskolčavanje i građenje projektovane konstrukcije.

U tekstualnom dijelu treba navesti razloge za izbor konstrukcije, osnove za oblik odnosno zasnivanje konstrukcije, osnovne geološke karakteristike terena na kojem je predviđena izgradnja. Projektant treba da dostavi sve podatke za izgradnju konstrukcije, koja je razrađena u grafičkim prilozima i eventualna upozorenja koja izvođač mora poštovati u toku građenja.

5.2 Metode geotehničkog projektovanja

U geotehničkoj praksi mogu se, pri projektovanju potpornih konstrukcija u skladu sa odredbama Eurocode 7 – Geotehničko projektovanje, upotrijebiti četiri metode geotehničkog projektovanja:

- metoda geomehaničkih analiza,
- metoda propisanih intervencija,
- metoda probnih opterećenja i modelskih ispitivanja,
- metoda pratećeg projektovanja.

Kod dokazivanja različitih stanja za pojedinačne konstruktivne elemente dozvoljeno je kombinovanje različitih metoda geotehničkog projektovanja.

5.2.1 Metoda geomehaničkih analiza

Na osnovu proračuna sa upotreboom relativno jednostavnih mehaničkih modela treba pri projektovanju dokazati, da sva granična stanja koja mogu nepovoljno utjecati na nosivost, trajnost i upotrebljivost potporne konstrukcije, ne budu prekoračena.

5.2.2 Metoda propisanih intervencija

Kod potpornih konstrukcija 1. geotehničke kategorije, za slučaj da ne postoje sigurni fizikalni modeli graničnih stanja, a računski dokaz pouzdanosti nije obavezan, može se, na osnovu iskustava, dokazivanja pojedinih graničnih stanja nadomjestiti sa izvođenjem tačno navedenih intervencija u koje spadaju projektni detalji, tehničke smjernice, kontrola upotrebljenih materijala, opisi načina izvođenja radova, zaštita konstrukcije i održavanja.

Kod ovakvog načina geotehničkog projektovanja mora projektant raspolažati sa dokumentovanim lokalnim iskustvima, koji su sastavni dio projektne dokumentacije. Uporedljivost geotehničkih uslova građenja na području projektovane potporne konstrukcije mora se dokazati sa rezultatima geotehničkih ispitivanja.

Metoda projektovanja sa propisanim mjerama često se upotrebljava kod izvođenja površinskih zaštita padina i potpornih konstrukcija visine do 3 m u poznatim geotehničkim uslovima.

5.2.3 Metoda probnih opterećenja i modelskih ispitivanja

Probna opterećenja i modelska ispitivanja za dokazivanje ispunjavanja projektnih pretpostavki potporne konstrukcije mogu se izvesti na dijelu stvarne konstrukcije ili na modelima u prirodnom stanju ili smanjenim modelima.

Rezultati probnih opterećenja i eksperimentalnih ispitivanja na modelima mogu se upotrijebiti za potvrđivanje projektnih pretpostavki i izvedenih projekata potpornih konstrukcija samo ako su uzete u obzir slijedeće uticajne razlike:

- razlika u opštim uslovima tla (zbijenost, početni naponi, vlažnost itd.) kod probnih opterećenja i kod izvođenja ispitivanja u prirodi;
- uticaji vremena posebno u primjerima kod kojih je trajanje probnih opterećenja i ispitivanja na modelima mnogo kraće od trajanja opterećenja stvarne konstrukcije;
- posebnu pažnju treba posvetiti mjerilima modela i njihovim uticajima posebno kada su upotrebljeni mali modeli.

U ovu kategoriju projektovanja ubrajamo provjeru nosivosti i popuštanja geotehničkih sidara, puzanja sidara, nosivosti i deformacije šipova itd.

5.2.4 Metoda pratećeg projektovanja

Pošto je u jako teškim geotehničkim uslovima izgradnje potpornih konstrukcija, kod kojih je u početku izražena nestabilnost kosine (padine) i uticaji podzemne vode, ne mogu se prepostaviti ponašanja potpornih konstrukcija sa vidika graničnih stanja nosivosti i graničnih stanja upotrebljivosti. U većini takvih primjera korisno je upotrijebiti metodu pratećeg projektovanja. Bistveni elemenat ovakvog projektovanja je unaprijed planirano praćenje potporne konstrukcije i uticajnog područja tla u toku građenja (projektovanje po monitoring metodi). Ovakvu metodu po pravilu upotrebljavamo kod geotehnički najzahtevnijih objekata. Kod projektovanja potpornih konstrukcija po monitoring metodi potrebno je predvidjeti mogućnost naknadnih ojačanja.

Sa projektnom dokumentacijom, prije početka građenja, treba ispuniti slijedeće uslove:

U okviru realnih mogućnosti treba, sa geomehaničkim analizama, dokazati granice prihvatljivog ponašanja konstrukcije.

Kod potpornih konstrukcija su granice prihvatljivog ponašanja određene sa dozvoljenim apsolutnim i relativnim pomjeranjima tla i konstrukcije sa još uvek prihvatljivim opterećenjima presjeka konstrukcije i širine pukotina.

Kao sastavni dio izvođačkog projekta mora biti izrađen tačan nacrt praćenja (monitoringa) pošto treba predvidjeti praćenje i mjerjenja svih parametara koji osiguravaju upotrebljivost sposobnost konstrukcije za obavljanje projektom predviđene funkcije. Sa rezultatima praćenja odnosno mjerenjima treba odrediti stvarno ponašanje konstrukcije

u onim početnim fazama građenja u kojima još postoji mogućnost sprovođenja, da sa dodatnim mjerama obezbijedimo ponašanje konstrukcije u skladu sa predviđanjima iz projektne dokumentacije.

Kod projektovanja treba unaprijed izraditi nacrte mjera koje se, u toku građenja mogu sprovesti odmah nakon saznanja ponašanja konstrukcije, koja su dobivena sa mјerenjima i izlaze iz okvira projektom predviđenih granica.

U uobičajene dodatne mjere kod potpornih konstrukcija ubrajamo: privremena i trajna geomehanička sidra, dodatno opiranje ili razupiranje, izradu dodatnih nasipa ili rasterećenja konstrukcije, dodatne drenažne intervencije, injektiranje zaleđa, vertikalni šipovi itd.

5.3 Konstrukcijski principi kod projektovanja

Pri projektovanju potpornih konstrukcija treba primjeniti slijedeće temeljne konstrukcijske principe:

- Sve potporne konstrukcije moraju se zasnovati i konstruisati tako da će, pri primjeni normalnih uslova građenja, nadzora i obezbjeđenja kvaliteta i održavanja, biti ekonomične i sposobne vršiti funkciju predviđenu sa projektnim zadatkom.
- U cilju garantovanja ekonomičnosti, potpornih konstrukcija potrebno ih je konstruisati tako da ne prekorače granično stanje nosivosti i u ekstremnim okolnostima (100 godišnja voda, poplave, kvarovi drenažnih sistema itd.). Za granično stanje sa manjim poslijedicama (granična stanja upotrebljivosti) dozvoljava se primjena samo najneugodnijih uticaja u normalnim uslovima eksploatacije (20 godišnje podzemne i površinske vode, rad drenažnih sistema uz redovno održavanje itd.).
- Potporne konstrukcije treba konstruisati tako da posljedice nepredviđenih događanja budu srazmjerne sa njihovim uzrokom. Zato treba izbjegavati, pri projektiranju potpornih konstrukcija, krte materijale kao što su nearmirani beton, jako zbijeni šljunkoviti materijali, sa cementom stabilizirana tla itd.);

- Kod zasnivanja potpornih konstrukcija treba izbjegavati konstrukcijske sisteme koji mogu, pri promjeni opterećenja, brzo promijeniti svoje kinematičke osobine odnosno stabilnost bez prethodnog upozorenja sa povećanjem pomjeranja, deformacija, pukotina, jer bi se lako i brzo porušile;
- Konstrukcije treba zasnivati i projektovati tako, da se omogući što bolje i jednostavnije izvođenje i održavanje.

5.4 Arhitektonsko oblikovanje potpornih konstrukcija

Kod većih samostalnih konstrukcija i arhitektonsko oblikovanje i uključivanje u prirodni i urbani prostor prestavlja značajnu fazu projektovanja.

Iz toga razloga treba, kod potpornih konstrukcija, koje zahtijevaju velike intervencije u prostor, u projektu grupu uključiti i stručno lice za arhitektonsko i prostorsko oblikovanje.

Za područje arhitektonskog oblikovanja odgovorni su projektant trase, odgovorni projektant potporne konstrukcije i odgovorna osoba za arhitektonsko oblikovanje.

5.5 Preporuke za izbor tehnologije građenja

Sa geotehničkog stajališta su tehnologije izvođenja potpornih konstrukcija opredjeljenje u pogledu redoslijeda faza građenja, te načina obezbjeđenja potrebne stabilnosti iskopa i izrade drenažnih sistema odnosno zasipa iza njih.

Izbor optimalne tehnologije zavisi prije svega od globalne stabilnosti uticajnog područja potporne konstrukcije, osjetljivosti objekata koji su locirani u uticajnom području, stabilnosti privremenih lokalnih iskopa, troškova građenja, raspoložive opreme potencijalnih izvođača te rokova za izgradnju.

Razlikujemo slijedeće tehnologije izvođenja:

- Duboko temeljenje potporne konstrukcije, koja se pretežno gradi sa površine postojećeg terena. Konstrukcije mogu biti sidrane ili nesidrane. Predviđene intervencije u prostor (iskopi) i potrebna ojačanja (sidra) izvode se postepeno po pojedinačnim fazama izgradnje. U tu grupu ubrajamo: zidove od bušenih šipova, dijafragme, jet grouting potporne konstrukcije.

Potpore konstrukcije izgrađene u otvorenim, međusobno odvojenim kratkim zasijecanjima koji su raspoređeni u različitim nivojima po visini, gdje su sidranjem obezbijeđeni i već izgrađeni segmenti garantuju potrebnu stabilnost iskopa za slijedeće faze. U tu grupu ubrajamo: sidrane kontinuirane potporne zidove izgrađene po tehnologiji od gore prema dole, sidrane AB grede odnosno brane za trajno čuvanje odnosno privremeno podupiranje dubokih iskopa građevinskih jama kod izgradnje potpornih konstrukcija, pokrivenih ukopa itd.

- Plitko temeljene potporne konstrukcije su potporni zidovi iz kamenja, betona ili AB izgrađeni u uobičajenim po dužini raspoređenim kampadama dužine 3 do 6 m. AB potporni zidovi mogu biti i sidrani.
- Plitko temeljene nesidrane odnosno sidrane potporne konstrukcije izgrađene u otvorenim nezaštićenim građevinskim jama. U ovu grupu se ubrajaju gradnje u kojima geološko-geotehnički uslovi omogućavaju sigurno izvođenje dubokih građevinskih jama sve do predviđene kote temeljenja, kao i sve mjere potrebne za podupiranje putnih nasipa i zatrpananja koji su predviđeni za izvođenje u toku ili poslije izvođenja radova. U tu grupu ubrajamo betonske potporne konstrukcije, kamene potporne zidove iz obrađenog ili neobrađenog kamena, armiranu zemlju itd. U koliko troškovi privremenog osiguranja građevinske jame prelaze 25% vrijednosti potporne konstrukcije, potrebno je izraditi analizu i napraviti upoređenje ekonomičnosti obezbijeđenja građevinske jame i uporediti sa varijantom izgradnje potporne konstrukcije koja se gradi sa površine postojećeg terena.
- Kombinacija više različitih tehnologija izvođenja potpornih konstrukcija gdje se donji dio potporne konstrukcije gradi sa dna građevinske jame ograničene dubine (odrede je geološko-geomehanički uslovi lokacije) odnosno sa površine pri građenju puteva ili priključnih nasipa. U ovu grupu ubrajamo duboko temeljenje masivne potporne konstrukcije (temeljene na šipovima).

Na izbor odgovarajuće tehnologije za građenje najznačajniji uticaj imaju slijedeći faktori:

Globalna stabilnost uticajnog područja, koja se ocjenjuje:

Globalna stabilnost značajnog uticaja radi čega, kod izvođenja potporne konstrukcije, neće biti ugrožena. Očekuju se samo lokalna obrušavanja otvorenih pokosa.

Mala ugroženost globalne stabilnosti, očekuje se plitko klizanje do dubine 2 m u ograničenom obsegu.

Velika ugroženost globalne stabilnosti dugih i strmih padina sa objektima i infrastrukturom, velika hidrostatska opterećenja, tla su osjetljiva na uticaje rasterećenja itd.

Stabilnost lokalnih iskopa:

Stabilnost je zagarantovana u skladu sa normama geotehničkog projektovanja.

Uslovi stabilnosti lokalnih iskopa ne mogu se sa sigurnošću dokazati radi čega postoji opasnost od lokalnih rušenja

Sigurnost lokalnih iskopa ne može se garantovati radi velike osjetljivosti tla na prisutnost vode te uticaje relaksacije tla.

Osjetljivost objekata u uticajnom području:

U uticajnom području nema lociranih značajnijih objekata pošto su isti temeljeni u stabilnim materijalima ili u slučajevima u kojima geološko-geomehanički uslovi navode podatak da se pomjeranja tla u područjima objekata zasigurno neće pojaviti.

Mogućnost pojave manjih pomjeranja tla mogu prouzrokovati samo manja oštećenja na objektima, koja ne mogu utjecati na njihovu pouzdanost. Značajnija pomjeranja tla uz objekte manje su vjerovatna.

Sigurnost i pouzdanost objekata u uticajnom području potpornih konstrukcija bila bi ozbiljno ugrožena u slučaju pojave pomjeranja tla. Opasnost aktiviranja većih pomjeranja tla i objekata u slučaju otvorene građevinske jame treba dokazati sa geomehaničkom analizom.

5.6 Projektovanje u seizmičkim područjima

Za projektovanje potpornih konstrukcija uz saobraćajnice u uslovima normalne seizmičke ugroženosti dovoljno je samo određivanje potresne kategorije uticajnog područja sa uzimanjem u obzir podatka o potresima za povratni period od 475 godina. Osnovna karta opasnosti od potresa

upotrebljava se zajedno sa EUROCODE 8 – Projektovanje sigurnih konstrukcija na potres. Za konstrukcije većeg rizika, kao što su dolinske pregrade i akumulacije, treba odrediti stvarne mikro seizmičke podatke lokacije.

Potpore konstrukcije treba zasnovati tako, da bez bistvenih oštećenja u potpunosti obavljaju svoju funkciju u toku i poslije projektnog potresa.

Granično stanje potporne konstrukcije uz potresno opterećenje je definisano kao stanje konstrukcije pri kome se pojavljuju neprihvatljiva trajna optećenja, trajna pomjeranja potporne konstrukcije ili klizanje mase tla, koja su važna kako za konstrukciju tako i za funkcionalne učinke objekata.

Mogu se birati svi tipovi potpornih konstrukcija, koje su predviđene za statička opterećenja samo što u uslovima velike seizmičnosti zahtijevaju odgovarajuće dopune.

Sa odgovarajućim zasnivanjem i konstruktivnim detaljima treba garantovati što veću duktilnost konstruktivnog sistema (krutost tla i potporne konstrukcije za seizmička opterećenja treba da su odgovarajuća, povećanje slobodnih dužina sidara itd.).

Materijale za zasipanje zaleđa treba izabrati tako, da se postigne što ravnomjernije povezivanje sa postojećim tлом.

Drenažni sistemi u zaleđu potporne konstrukcije moraju bez oštećenja, koja bi uticala na trajnost i upotrebljivost njegovih funkcija, prenositi predviđena povremena i trajna pomjeranja za projektovana opterećenja.

Kod nekoherentnog tla koji sadrži vodu, drenažni sistem treba garantovati odvajanje vode ispod potencijale plohe klizanja u zaleđu potporne konstrukcije.

6. KAMENI GRAVITACIONI ZIDOV

6.1 Općenito

Kameni gravitacioni zidovi su konstrukcije iz kamenih blokova nepravilnog oblika, veličine 0,3 – 0,7 m međusobno sa betonom povezani u homogenu cjelinu, koja sa svojim oblikom i težinom prenosi pritiske zemlje i korisna opterećenja na temeljna tla.

Zasnovani su tako, da rezultanta akcijskih sила ostaje u jezgru presjeka. Kameni gravitacioni zidovi upotrebljavaju se najviše kao potporne konstrukcije, koje štite padinu iznad saobraćajnice.

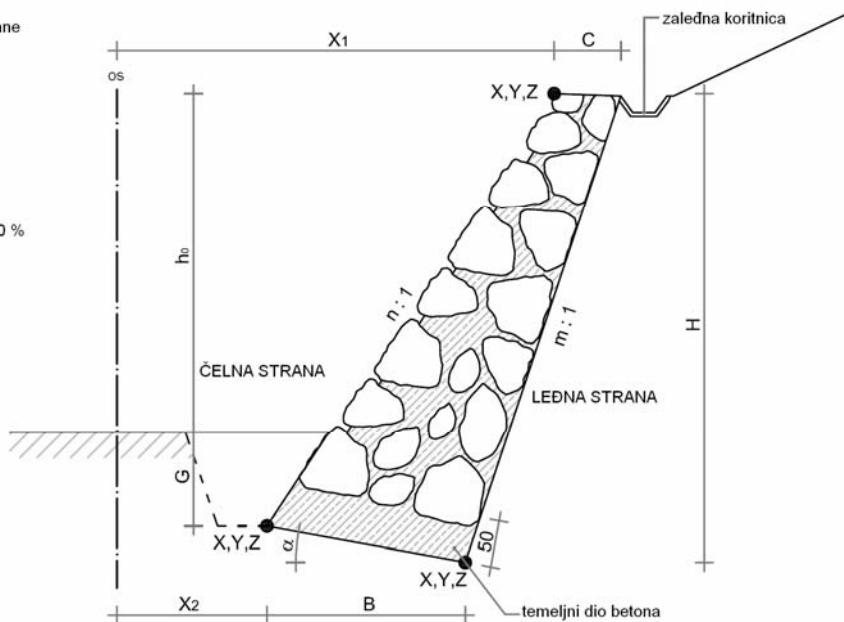
Omjer između kamenih blokova i betonske ispune je 60 : 40 do 30 : 70. U presjeku zida djeluju naponi na pritisak radi čega ojačanje sa armaturom nije potrebno.

Uobičajena visina kamenih gravitacionih zidova je 1,0 – 6,0 m, a prije svega zavisi od kvaliteta temeljnog tla. Kameni težnosni zidovi su ekonomična konstrukcija tamo gdje ima na raspolaganju dovoljno kvalitetnog kamenog materijala i gdje konfiguracija terena (nagib padine) dozvoljava izvođenje konstrukcije sa manjim nagibima zidova.

Kameni gravitacioni zidovi se, radi karakteristika oblika, upotrebljavaju za potporne konstrukcije u primjerima kada je zahvat u zaleđe ograničen, a padina još uvijek dozvoljava izvođenje iskopa od nagiba padine do nagiba leđne strane zida pošto se konstrukcija izvodi po principu kontaktnog građenja (betoniranja).

U oblikovnom smislu su kameni gravitacioni zidovi radi svog prirodnog izgleda (lice iz izabranih velikih kamenih blokova) prikladni prije svega kod neurbanih lokacija na kojima je od značaja njihovo uključenje u prirodnu okolinu. Za urbana područja su prihvatljive konstrukcije, kod kojih su čelne strane dodatno obrađene sa kamenim oblaganjem iz manjih elemenata ili se primjenjuju i druga rješenja.

h_0 = visina vidnog dijela čelne strane
 G = dubina temeljenja
 B = širina temeljne plohe
 C = širina krune
 H = visina zida
 n = nagib čelne strane
 m = nagib leđne strane
 $\tan \alpha$ = nagib temeljne plohe
 MB 30, nearmirani beton 4%
 neobrađeni prirodni kamen 60 %



Slika 6.1: Potporni kameni gravitacioni zid nad niveletom ceste sa podacima za iskolčavanje

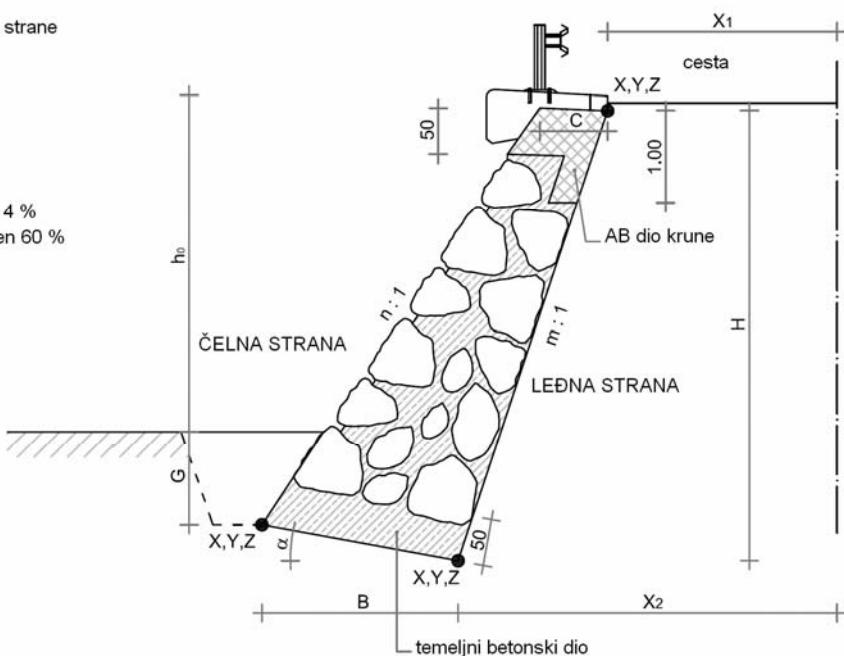
6.2 Konstruisanje kamenih gravitacionih zidova

Kameni gravitacioni zidovi izvode se do nagiba čelne strane 3:1, dok je nagib leđne strane nešto manji tako da njihova međusobna razlika nije manja od 5° . Radi lakšeg oblikovnog zasnivanja, kameni zidovi po pravilu nemaju dodatna proširenja na dnu konstrukcije (temelja).

Minimalna debljina trupa kamenog gravitacionog zida uslovljena je sa

veličinom kamenih blokova iz kojih se konstrukcija izrađuje, a čija minimalna dimenzija iznosi 0,5 m, odnosno $0,1 \text{ m}^3$. Uobičajena širina krune zida je 0,70 m. Debljina presjeka se povećava sa dubinom prema razlici nagiba čelne i zaleđne strane. Iz navedenog dejstva potrebno je kod izbora nagiba strana uzeti u obzir taku razliku da se u dnu konstrukcije obezbijedi dovoljna širina temeljne plohe, koja ne zahtijeva dodatna raširenja u čelnom ili zaleđnom smjeru.

h_0 = visina vidnog dijela čelne strane
 G = dubina temeljenja
 B = širina temeljne plohe
 C = visina zida
 H = visina zida
 n = nagib čelne strane
 m = nagib leđne strane
 $\tan \alpha$ = nagib temeljne plohe
 MB 30, nearmirani beton 4%
 neobrađeni prirodni kamen 60 %



Slika 6.2: Potporni kameni gravitacioni zid pod niveletom ceste sa podacima za iskolčavanje

Temeljni dio kamenih gravitacionih zidova izvodi se iz betona C 25/30 (MB 30). Nagib donje plohe betonskog temeljnog dijela je u granicama 10-20 % (1:10 – 1:5) prema zalednoj strani, nagib gornje plohe je zrcalno identičan. Visina betonskog temeljnog dijela iznosi 0,50 m.

Dubina temeljenja je uslovljena sa geološkom gradom tla i dubinom zamrzavanja. U slučaju, da se konstrukcije izvode u vodi, onda je minimalna dubina temeljenja 1,50 m, ili se temelj ukopa u čvrsto kamoно osnovu min. 0,5 – 1,0 m.

Poduzni tok temeljne plohe kamenih gravitacionih zidova treba oblikovati do nagiba 20 % kontinuirano, preko ove granice treba izvoditi stepenasto oblikovanje koje se prilagođava poduznom nagibu terena odnosno temeljnog tla.

6.3 Zahtjevi za kvalitet materijala i specifičnosti građenja

Kamen kao osnovni materijal kamenih gravitacionih zidova mora odgovarati slijedećim zahtjevima:

- kameni blokovi moraju biti otporni na mraz
- veličina pojedinih komada veća od 0,50 m, odnosno minimalno 0,1 m³,
- kameni blokovi moraju, prije ugrađivanja, biti čisti radi obezbjeđenja kvalitetne veze sa betonom.

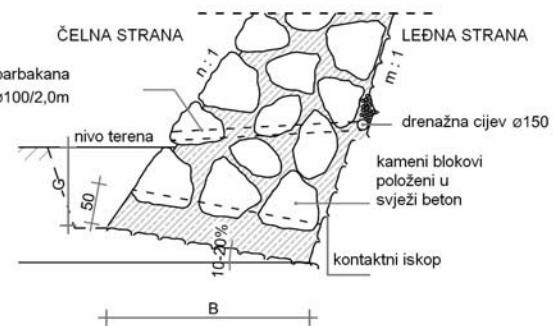
Beton kao vezni materijal, odnosno materijal za ispunu treba da ispunjava sledeće zahtjeve:

- kvalitet mješavine betona je C 25/30 (MB 30),
- betonska mješavina mora se pripremiti tako, da se može ugrađivati bez oplate.

Potreban iskop za kamene gravitacione zidove treba predvidjeti na dužini jedne radne kampade, čiju dužinu uslovjava vrsta tla iza zaledja, po pravilu iznosi od 3,0 do 6,0 m. Profil iskopa je identičan predviđenom profilu konstrukcije, tako da se građenje izvodi po principu kontaktnog građenja sa temeljnim tlom i tlom zaledja.

Temeljni dio kamenih gravitacionih zidova izvodi se iz betona C 25/30 (MB 30) u projektovanom geometrijskom obliku koji je uslovjen sa zasnovom konstrukcije. Izrada podbetona nije potrebna. Zidanje – ugrađivanje kamenih blokova izvodi se direktno u svježi beton. Ugrađivanje – zidanje kamenih blokova izvodi se uz istovremeno dodavanje mješavine betona koji mora

obezbjediti potpuno oblaganje kamenih blokova i zapunjavanje prostora između njih. Kod slaganja kamenih blokova nije dozvoljeno ponavljanje spuštanja i dizanja pošto u takvim slučajevima mogu nastupiti oštećenja već izgrađenih dijelova konstrukcija.

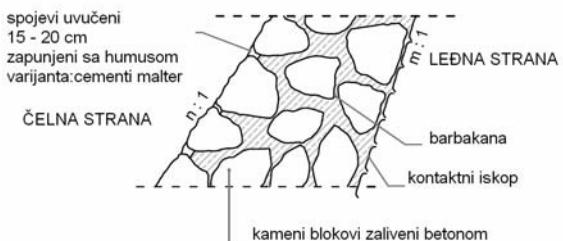


Slika 6.3: Detalj izvođenja temeljnog betonskog dijela

Kameni blokovi služu se u konstrukciju tako, da je najveća i što bolje ravna ploha elementa orijentisana prema čelu. Fuge između kamenih elemenata su uvučene 10-15 cm pa se mogu naknadno ispuniti sa mješavinom humusa i sjemena trave, a mogu se obraditi i sa cementnim malterom.

Kod izvođenja se dozvoljavaju vertikalne i horizontalne radne spojnice. Vertikalne spojnice se uslovjavaju sa dužinom radne kampade, a horizontalne od napredovanja radova na pojedinačnoj kampadi. Radni spojevi ne zahtijevaju dodatnu obradu u smislu izvođenja dilatacija (vertikalni spojevi) odnosno zaptivljanje radi obezbjeđenja vodonepropusnosti konstrukcije.

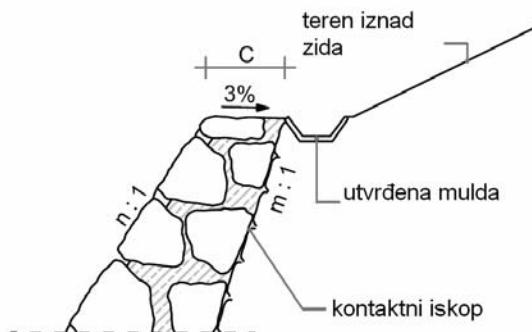
Kod vertikalnog napredovanja zidova potrebno je spriječiti moguće prodiranje zemlje koja bi umazala površinu radnog spoja i spriječila povezivanje sa već izgrađenim dijelom. U koliko do toga slučajno dođe mora se izvršiti prethodno čišćenje.



Slika 6.4: Detalj izrade kamenog gravitacionog zida

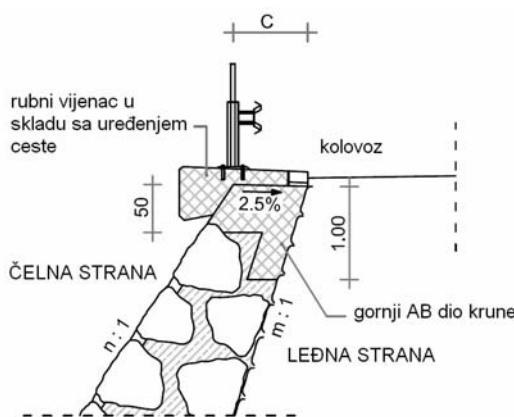
Obrada krune kamenih gravitacionih zidova zavisi prije svega od toga, da li se radi o potpornoj konstrukciji koja graniči neposredno sa kolovozom ili podupire padinu iznad kolovoza.

Kruna potpornih zidova koji podupiru padinu izvodi se iz kamenih blokova sa kojima je moguće izvesti izravnavanje prethodno ugrađenih većih kamenih blokova, tako da je u podužnom smjeru obezbijedenje odgovarajuća ravnost, u poprečnom smjeru pa obezbijeden pad 3 % prema zaleđu na kome se izrađuje mulda za odvođenje meteorne vode.



Slika 6.5: Detalj krune opornoga kamenog gravitacionog zida

U slučaju da se kameni gravitacioni zid izvodi kao potporna konstrukcija koja neposredno graniči sa kolovozom, kruna se izvodi u betonu C 25/30 (MB 30). Oblik gornjeg betonskog dijela uslovjen je sa odgovarajućim sidranjem naknadno izvedenih rubnih vijenaca.



Slika 6.6: Detalj krune potpornog kamenog gravitacionog zida

7. BETONSKI GRAVITACIONI ZIDOVI

7.1 Općenito

Betonski gravitacioni zidovi su konstrukcije iz betona, koje sa svojom oblikom i težinom prenose pritiske zemlje i korisno opterećenje na temeljna tla. Rezultatna djelujućih sila ostaje u jezgru presjeka, tako da armiranje betonske konstrukcije nije potrebno.

Maksimalna visina betonskih gravitacionih zidova je 8,0 – 10,0 m, a prije svega zavisi od kvaliteta temeljnog tla.

Leđna strana je po pravilu nageta prema zaleđu sa čime se pritisci zemlje smanjuju. Konstrukcije su ekonomične naročito tamo gdje su nagibi terena veći.

Konstrukcije sa vertikalnom leđnom stranom upotrebljavaju se pri uobičajenim nagibima i uobičajenim kvalitetu temeljnog tla, zidovi sa kosom leđnom stranom upotrebljavaju se za dobra nosiva tla i veće nagibe terena.

Betonski gravitacioni zidovi se, radi dobrih oblikovnih karakteristika, primjenjuju za potporne konstrukcije gdje su intervencije u zaleđe padine što manje tako da je zasipanje iza leđne strane zida što manje. Kontaktno betoniranje betonskih potpornih gravitacionih zidova se rijetko izvodi sa izuzetkom kada se radi o dograđivanju postojećih zidova.

U oblikovnom smislu se betonski gravitacioni zidovi, radi svog izgleda (velike vidne betonske površine), upotrebljavaju naročito na lokacijama na kojima uključivanje u prirodnu okolinu nije tako značajno, odnosno na lokacijama na kojima su već izgrađene slične betonske potporne konstrukcije. Za ispunjavanje estetskih zahtjeva mogu se vidne površine betonskih zidova obraditi na odgovarajući način sa naknadnim oblaganjem kamenom, prethodnom obradom elemenata oplate ili sa jednovremenim zidanjem kamene obloge.

7.2 Konstruisanje betonskih gravitacionih zidova

Betonski gravitacioni zidovi konstribišu se sa nagibima čelne strane od 3:1 do 10:1 ili vertikalno. Nagib leđne strane za zidove visine 5,0 – 6,0 m je vertikalni, dok se kod većih visina $\frac{1}{4}$ gornje visine izvodi vertikalno, donje $\frac{3}{4}$ visine pa se izvodi paralelno sa čelnom stranom. Betonski gravitacioni zidovi po pravilu imaju proširenje u dnu konstrukcije (temelji), koje se izvodi na čelnoj strani zida.

Minimalna debljina stijene betonskog gravitacionog zida iznosi 0,40 m. Debljina presjeka se povećava sa dubinom sa razlikom nagiba čelne i leđne strane, koja po pravilu nije taka, da ne bi zahtjevala dodatna proširenja u obliku temeljne pete.

Betonski zidovi su iz betona C 25/30 (MB 30). Nagib donje plohe temelja je u granicama 10-20 % (1:1 – 1:5) prema zaleđu. Gornja ploha temelja ima minimalni nagib 2 % od čelne strane zida. Visina temelja na kontaktu sa stijenom zida treba da iznosi 80 % debljine stijene.

Dubina temeljenja je uslovljena sa geološkom građom tla i dubinom zamrzavanja. U slučaju da se konstrukcije izvode u vodi, minimalna dubina temeljenja iznosi 1,5 m ili se temelji ukopaju u stijensku masu u dubini 0,5 – 1,0 m.

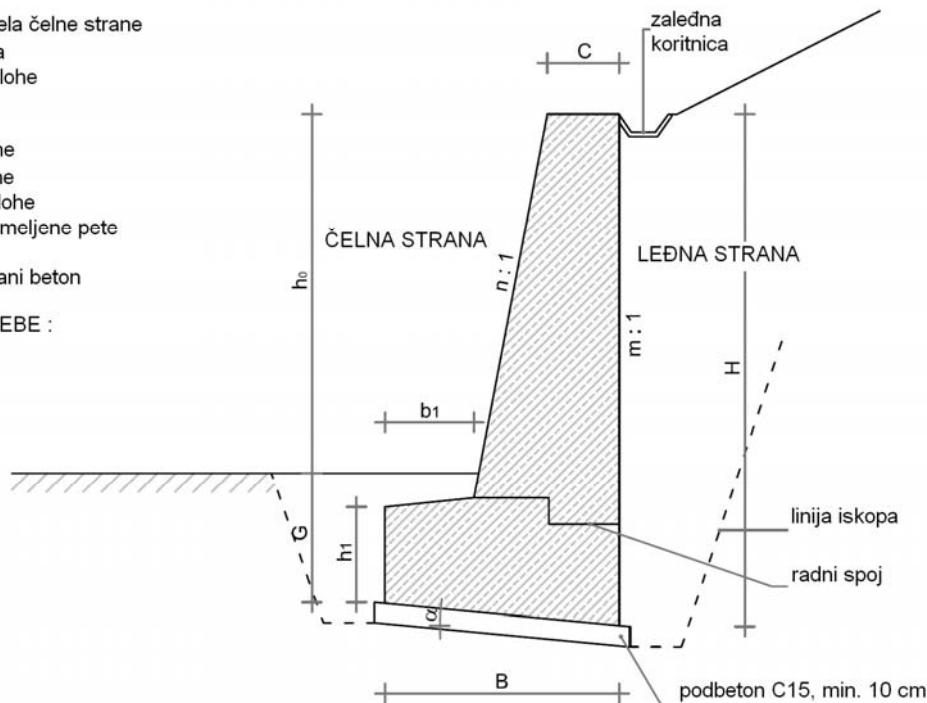
Oblikovanje podužnog toka temeljne plohe betonskih gravitacionih zidova je identičan kao kod kamenih gravitacionih zidova. Oblikovanje se izvodi u kontinuitetu do 20 % nagiba, za veće nagibe treba plohu izvesti stepenasto sa prilagođavanjem podužnom nagibu terena ispod linije temeljne plohe.

h_0 = visina vidnog dijela čelne strane
 G = dubina temeljenja
 B = širina temeljne plohe
 C = širina krune
 H = visina zida
 n = nagib čelne strane
 m = nagib leđne strane
 $\tan \alpha$ = nagib temeljne plohe
 b_1 = širina dolinske temeljene pete
 h_1 = visina temelja
 C 15/30 nearmirani beton

PODRUČJE UPOTREBE :

 $n = 3, 5, 10, \infty$ $m = \infty$ $H = 5 - 6m$

- srednje nosiva tla



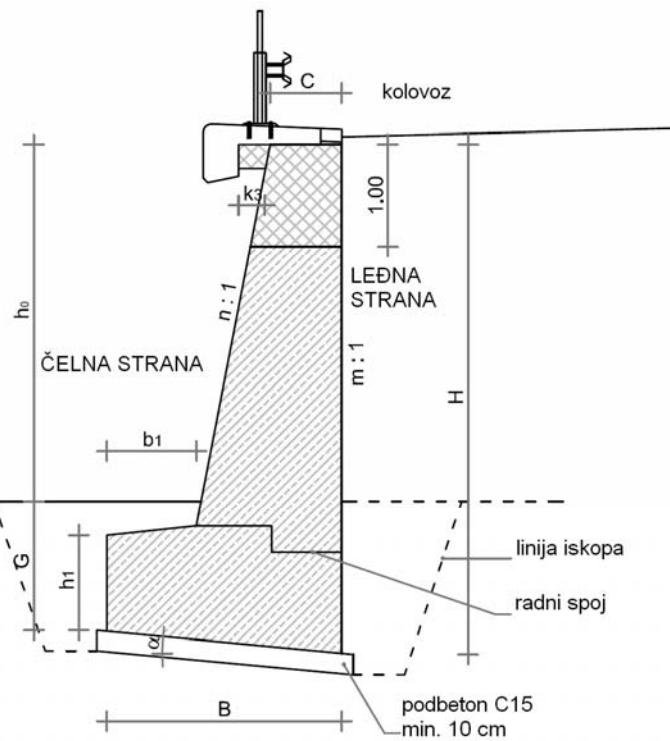
Slika 7.1: Potporni betonski gravitacioni zid nad niveletom ceste sa vertikalnom leđnom stranom

h_0 = visina vidnog dijela čelne strane
 G = dubina temeljenja
 B = širina temeljne plohe
 C = širina krune
 H = visina zida
 k_3 = širina konzolnog preloma
 n = nagib čelne strane
 m = nagib leđne strane
 $\tan \alpha$ = nagib temeljne plohe
 b_1 = širina dolinske temeljene pete
 h_1 = visina temelja
 C 25/30 nearmirani beton
 C 25/30 armirani beton

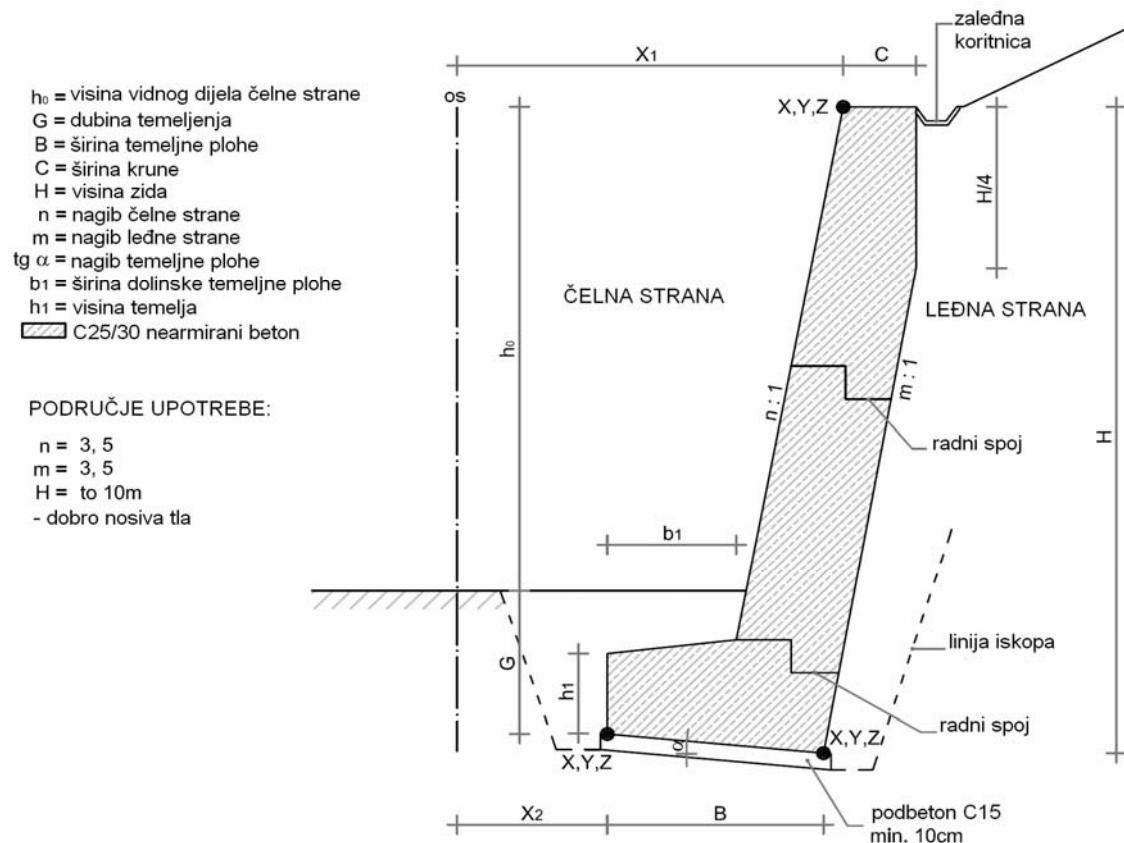
PODRUČJE UPOTREBE:

 $n = 3, 5, 10, \infty$ $m = \infty$ $H = 5 - 6m$

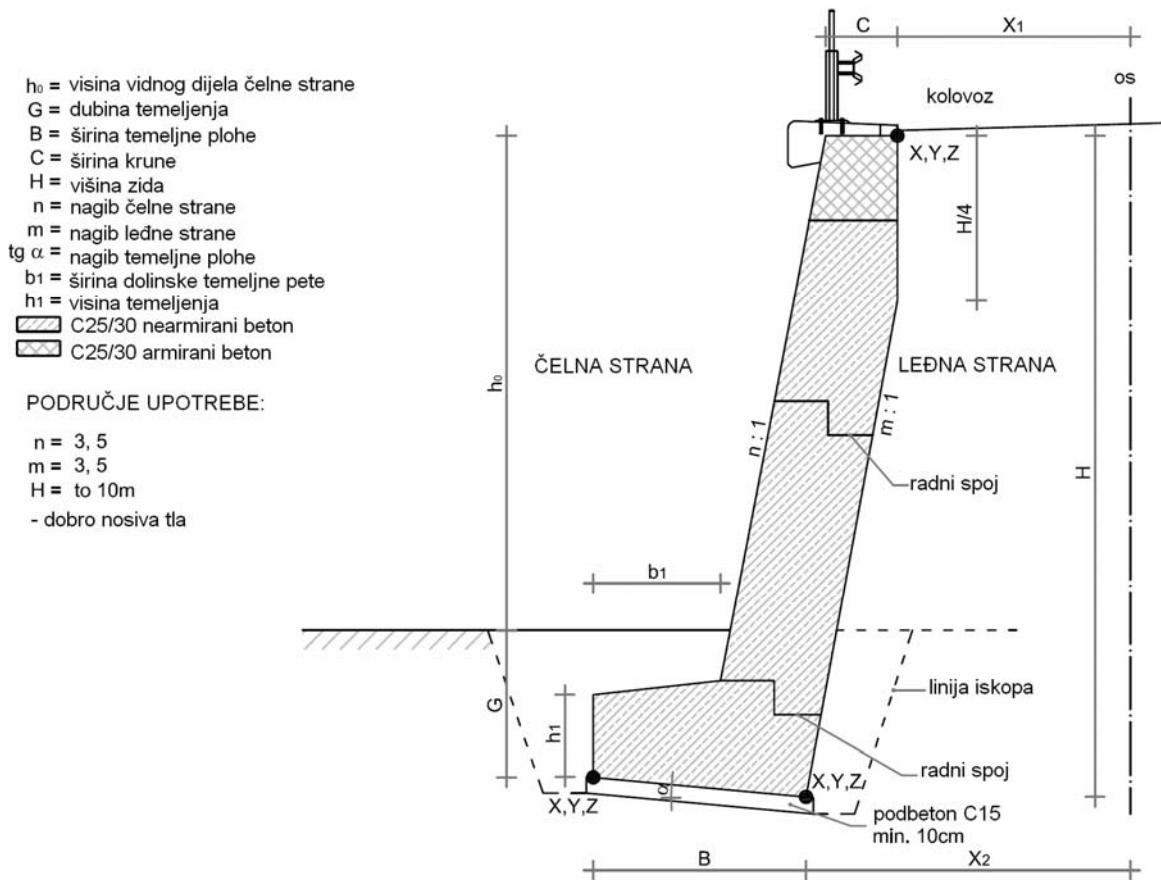
- srednje nosiva tla



7.2: Potporni betonski gravitacioni zid pod niveletom ceste sa vertikalnom leđnom stranom



Slika 7.3: Potporni betonski gravitacioni zid sa kosom leđnom stranom i podacima za iskolčavanje



7.4: Potporni betonski gravitacioni zid sa kosom leđnom stranom i podacima za iskolčavanje

7.3 Zahtjevi za kvalitet materijala i specifičnosti izgradnje betonskih gravitacionih zidova

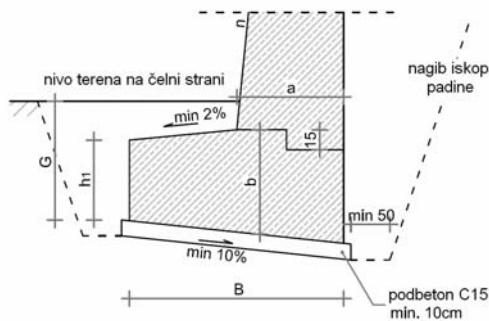
Beton mora odgovarati slijedećim zahtjevima:

- kvalitet betonske mješavine je C 25/30 (MB 30)
- betonska mješavina mora se pripremiti tako da je moguće kvalitetno ugrađivanje u oplatu
- materijal za oplatu i obrada vidnih površina moraju odgovarati uslovima za vidne i nevidne betonske površine u skladu sa smjernicom PS 1.2.10.

Potrebni iskop za betonske gravitacione zidove treba predvidjeti na dužini jedne radne kampade koja je uslovljena sa vrstom tla iza zida, a iznosi 3,0 in 6,0 m. Profil iskopa je veći od presjeka zida, pošto je na zaleđu potreban dodatni iskop za postavljanje oplate i za kasnije izvođenje radova na zasipanju prostora iza zida koji se mora dobro komprimirati za što treba obezbijediti odgovarajuću radnu širinu.

Temelji betonskih gravitacionih zidova izvodi se betonom C 25/30 (MB 30) u odgovarajućem geometrijskom obliku na prethodno ugrađeni sloj podbetona C 12/15 (MB 15). U koliko je temeljenje u stijeni, proširenje čela pete temelja se ne izvodi, nego se izvede samo sidranje neraširenog dijela zida u stijensku osnovu. Podbeton se takođe ne izvodi, ako se radi o čistoj podlogi temelja.

Radni spoj temelja i trupa zida je stepenast sa čime se postiže veća sigurnost protiv klizanja ili se u temeljni dio ugradi sidrena armatura.



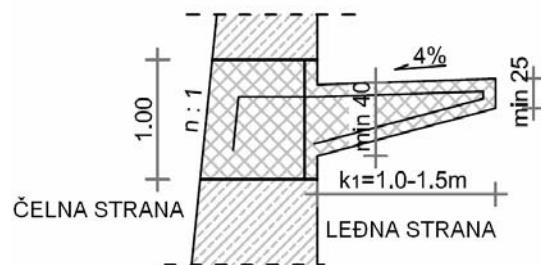
Slika 7.5: Detalj temelja betonskog zida

Dužina kampade temelja prilagođava se dužini kampade zida.

Betoniranje trupa betonskih gravitacionih zidova izvodi se po izradi temeljnog dijela koji služi kao podloga za postavljanje elemenata oplate. Trup zida se izvodi po visini u jednoj ili više radnih faza što zavisi od visine betoniranog zida.

Za postizanje veće stabilnosti betonskih gravitacionih zidova može se na leđnoj strani zida predvidjeti konzola. Dužina konzole po pravilu iznosi 1,0 – 1,5 m, ako se radi o zidovima većih dimenzija, konzola može biti i veća. U dijelu konzole betonskog gravitacionog zida treba predvidjeti odgovarajuće ojačanje sa armaturom na visini cca 1,0 m.

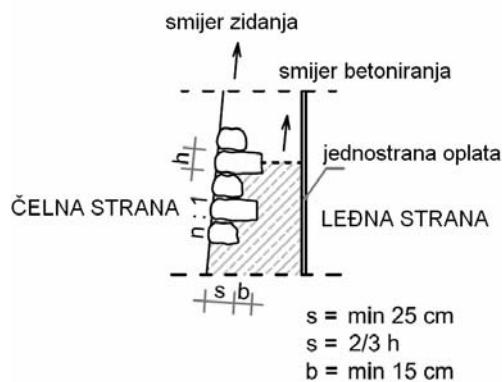
Debljina konzole na spoju sa zidom min. 0,40 m, na kraju konzole min. 0,25 m. Nagib gornje plohe konzole iznosi 4 % prema zaleđu zida.



Slika 7.6: Detalj konzole betonskog zida

U slučaju da se zahtjeva izrada čelne strane betonskih zidova u kamenu, onda se može izvoditi na dva načina:

- sa istovremenim zidanjem kamene obloge i betoniranjem zaleđa,
- sa naknadnim oblaganjem (ne preporučuje se za zidove na kontaktu sa tokom vode).



Slika 7.7: Detalj betonskog zida sa istovremenim zidanjem kamene obloge

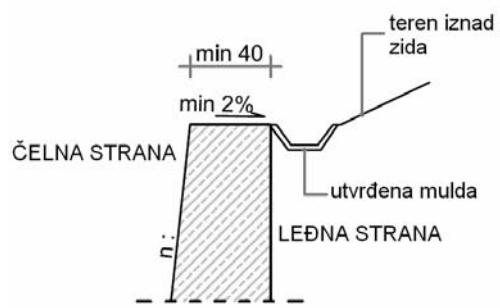


Slika 7.8: Detalj betonskog zida sa naknadnim oblaganjem

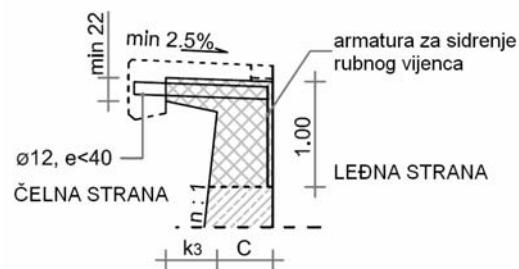
Kod izvođenja se dopuštaju vertikalni i horizontalni spojevi. Vertikalni spojevi se uslovjavaju sa dužinom radne kampade, horizontalni sa visinom napredovanja radova na pojedinčanoj kampadi. Horizontalne radne spojeve, čiji broj treba da je što manji, treba izvoditi stepenasto kao i spoj između temelja i trupa zida. Radni spojevi ne zahtijevaju dodatnu obradu u smislu vodonepropusnosti.

Obrada krune betonskih gravitacionih zidova najviše zavisi od toga, da li se radi o potpornoj konstrukciji koja graniči neposredno sa kolovozom ili konstrukciji koja se nalazi iznad kolovoza i podupire padinu. Krune zidova iznad kolovoza ne zahtijevaju posebne obrade. Širina krune je min. 0,40 m, mora imati poprečni pad 2 %, prema leđnoj strani na kojoj se izvodi odgovarajuća mulda za odvodnjavanje meteorne vode.

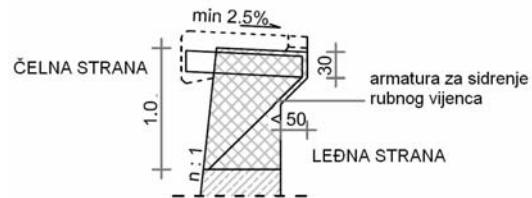
U slučaju da se betonski gravitacioni zidovi izvode kao potporna konstrukcija koja neposredno graniči sa kolovozom, treba završetak krune prilagoditi obliku rubnog vijenca i hodnika. U koliko osnovna konstruktivna visina krune ne odgovara za odgovarajuće nalijeganje, onda se kruna proširi sa prepustom. Oblikovanje konzolnog prepusta izvodi se u skladu sa PS 1.2.2.



Slika 7.9: Detalj krune betonskog gravitacionog potpornog zida



Slika 7.10: Detalj krune betonskog gravitacionog potpornog zida sa konzolom.



Slika 7.11: Detalj krune betonskog gravitacionog zida

8. ARMIRANO BETONSKI GRAVITACIONI ZIDOV

8.1 Općenito

Amiranobetonski gravitacioni zid je konstrukcija iz betona ojačanog sa armaturom koji sa svojom oblikovnom i težnosnom zasnovom i masom sudjelujećeg tla prenosi pritiske zemlje i korisnog opterećenja na temeljna tla. Zasnova konstrukcije u poređenju sa betonskim gravitacionim zidom prestavlja uštedu u debljini zida koji se u cijelosti izjednači kroz raspored dolinske ili padinske temeljne pete odnosno padinske konzole.

Razlikujemo AB gravitacione zidove kao AB zidove sa temeljom na prednjoj strani i ugaone zidove tanje bez ili sa rebrima (kontrafori) i relativno širokom temeljnom pločom.

AB gravitacioni zidovi upotrebljavaju se kao potporne konstrukcije, naročito na slabo nosivim tlima. AB ugaoni gravitacioni zidovi upotrebljavaju se najviše u slučajevima u kojima se u zaleđu na novo formira nasip. Za potporne konstrukcije koje se nalaze iznad kolovoza i podupiru padinu, ugaoni zidovi se upotrebljavaju samo u izuzetnim slučajevima, pošto zahtijevaju velike iskope u padini iza zaleđa zida što treba izbjegavati.

AB gravitacioni zidovi su konstrukcije izvedene iz betona min. C 25/30 (MB 30) i armature, koja se određuje na osnovu dimenzioniranja kritičnih presjeka konstrukcije.

Maksimalna visina AB gravitacionih zidova iznosi 10,0 – 12,0 m, u slučaju ugaonih zidova sa rebrima, visina može biti i veća. Visina najviše zavisi od kvaliteta temeljnog tla.

Upotreba AB gravitacionih zidova ne može se izbjegći u primjerima u kojima se, radi prostorskih ograničenja, ne mogu izvoditi masivni zidovi i u slučajevima kada je finansijski opravdana. AB gravitacioni zidovi upotrebljavaju se na slabijem tlu sa manjom nosivosti gdje masivne konstrukcije ne mogu udovoljiti kriteriju nosivosti temeljnog tla. U izuzetnim slučajevima se, kod slabo nosivog tla, temeljenje zida može izvesti na šipovima ili bunarima.

Ugaoni AB gravitacioni zidovi izvode se većinom kao potporni zidovi u slučajevima kada se izvode novi nasipi i gdje je zemljiste za nasip ograničeno. AB zidovi su ekonomični u smislu upotrebe betona i prikladni za tla slabije nosivosti pošto velika površina temelja smanjuje pritiske na temeljna tla. Dodatno smanjenje odnosno ugodniju raspodjelu pritisaka garantuju izvedena rebra (kontrafori).

Posebna konstrukcija AB ugaonih zidova su zidovi sa rebrima za ojačanje (kontrafori) na zalednoj strani. Ugodni su za zidove većih visina pošto se sa njihovom upotrebotom smanjuju dimenzije i količina potrebne armature, naponi i deformacije.

Rebra za ojačanje debljine 0,5 – 0,7 m postavljaju se na razmaku 3 – 5 m, dok se se njihov oblik prilagođava dimenzijama čelne stijene i temelja. Vrh rebra je 50 – 70 cm pod nivojem nivelete puta, tako da ne ometa kolovoznu konstrukciju.

Vrh zida može se izvesti bez i sa konzolom, koji se prilagođava širini bankine ili hodnika za pješake u slučajevima kada se zid nalazi na spoju sa mostom.

Izvođenje nasipa u zaleđu ugaonog zida sa rebrima je otežano. Poželjno je da nasipni materijal bude kameni odnosno šljunkoviti koji se lakše komprimira.

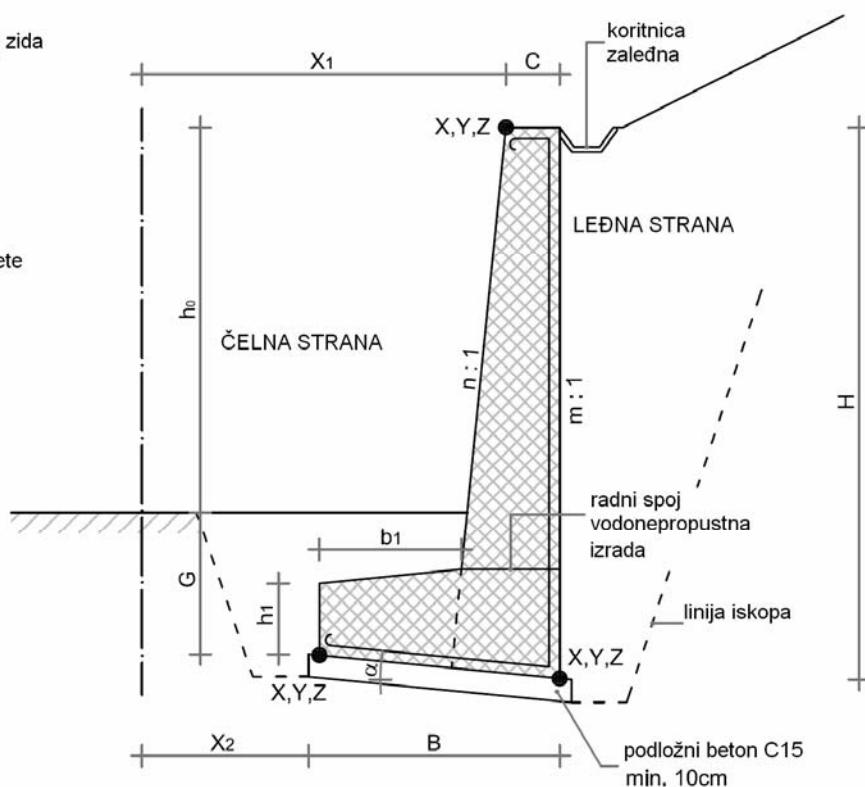
U nekim primjerima ugaoni zidovi manjih visina mogu se ojačati sa rebrima koja se nalaze sa prednje strane – vidne strane sa proširenjem temelja u tom smjeru. Ovakvi zidovi se izvode u slučajevima u kojima postoji potreba za ravnim leđnim površinama.

U oblikovnom smislu za AB težnosne zidove važe slične karakteristike kao i kod betonskih gravitacionih zidova. Tako su površinsko neobrađeni AB gravitacioni zidovi radi svog izgleda (velike vidne betonske površine) naročito ugodni za lokacije kod kojih uključivanje u prirodnu okolinu nije tako značajno, odnosno za lokacije na kojima postoje već izgrađeni slični zidovi. Za ispunjavanje estetskih zahtjeva mogu se vidne površine AB gravitacionih zidova dodatno obraditi sa naknadnim oblaganjem ili sa prethodno obrađenim elementima oplate.

h_0 = visina vidnog dijela čelnog zida
 G = dubina temeljenja
 B = širina temeljne plohe
 C = širina krune
 H = visina zida
 n = nagib čelne strane
 m = nagib leđne strane
 $\tan \alpha$ = nagib temeljne plohe
 b₁ = širina dolinske temeljne pete
 h₁ = visina temelja
 C25/30 armirani beton

PODRUČJE UPOTREBE:

n = 5, 10, ∞
 m = 5, 10, ∞
 H = to 10m

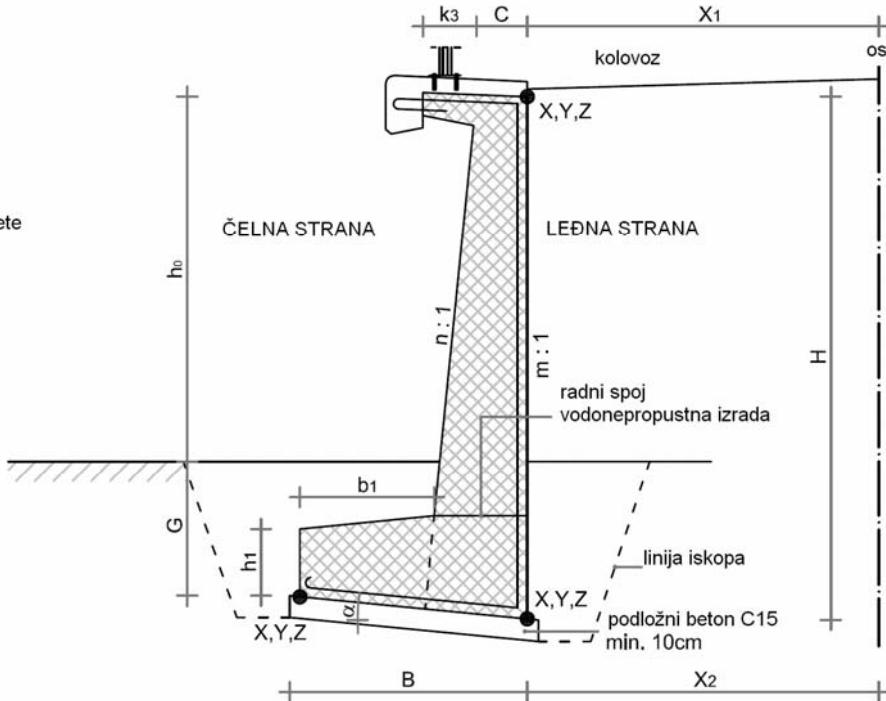


Slika 8.1: AB gravitacioni potporni zid sa podacima za iskolčavanje

h_0 = visina vidnog dijela zida
 G = dubina temeljenja
 B = širina temeljne plohe
 C = širina krune
 H = visina zida
 n = nagib čelne strane
 m = nagib leđne strane
 $\tan \alpha$ = nagib temeljne plohe
 b₁ = širina dolinske temeljne pete
 h₁ = visina temelja
 k₃ = širina čelne konzole
 C25/30 armirani beton

PODRUČJE UPOTREBE:

n = 5, 10, ∞
 m = 5, 10, ∞
 H = to 10m

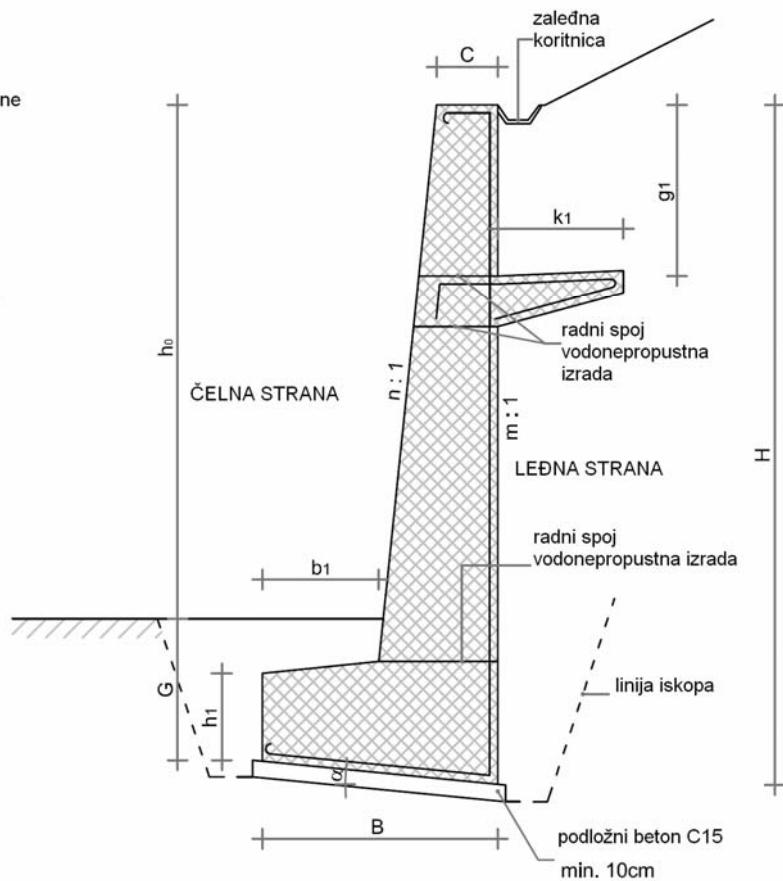


Slika 8.2: AB gravitacioni zid sa podacima za iskolčavanje

h_0 = visina vidnog dijela čelne strane
 G = dubina temelja
 B = širina temeljne plohe
 C = širina krune
 H = visina zida
 n = nagib čelne strane
 m = nagib leđne strane
 tg α = nagib temeljne plohe
 b₁ = širina dolinske temeljne pete
 h₁ = visina temelja
 k₁ = širina konzole
 g₁ = dubina konzole
 C25/30 armirani beton

PODRUČJE UPOTREBE:

n = 5, 10, ∞
 m = 5, 10, ∞
 H = 10 - 15m

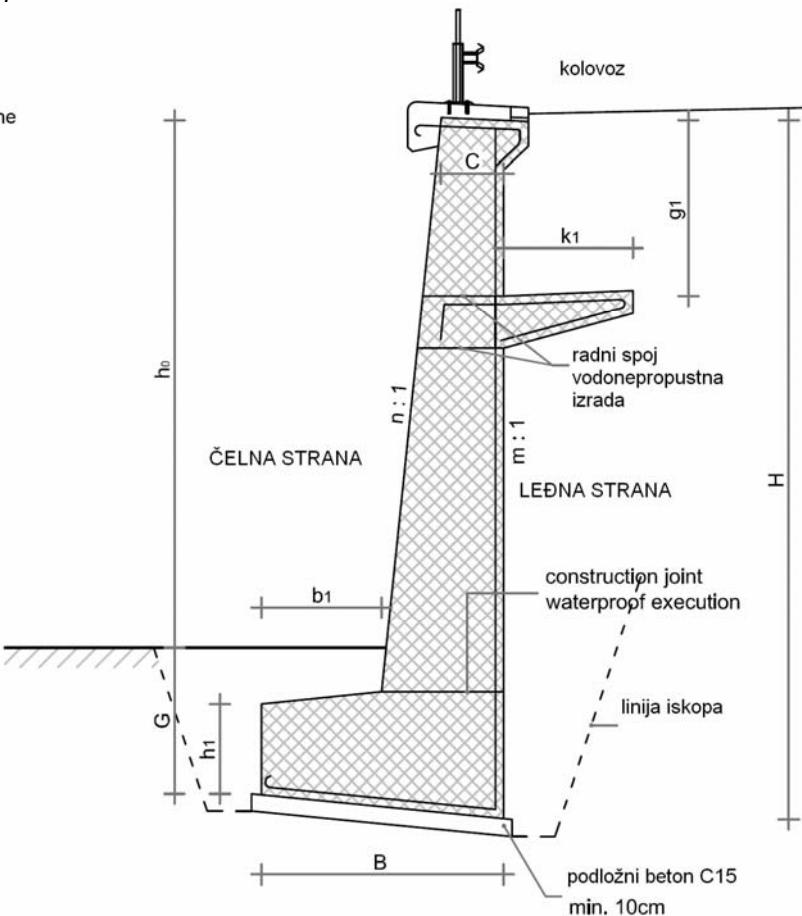


Slika 8.3: AB gravitacioni potporni zid sa konzolom

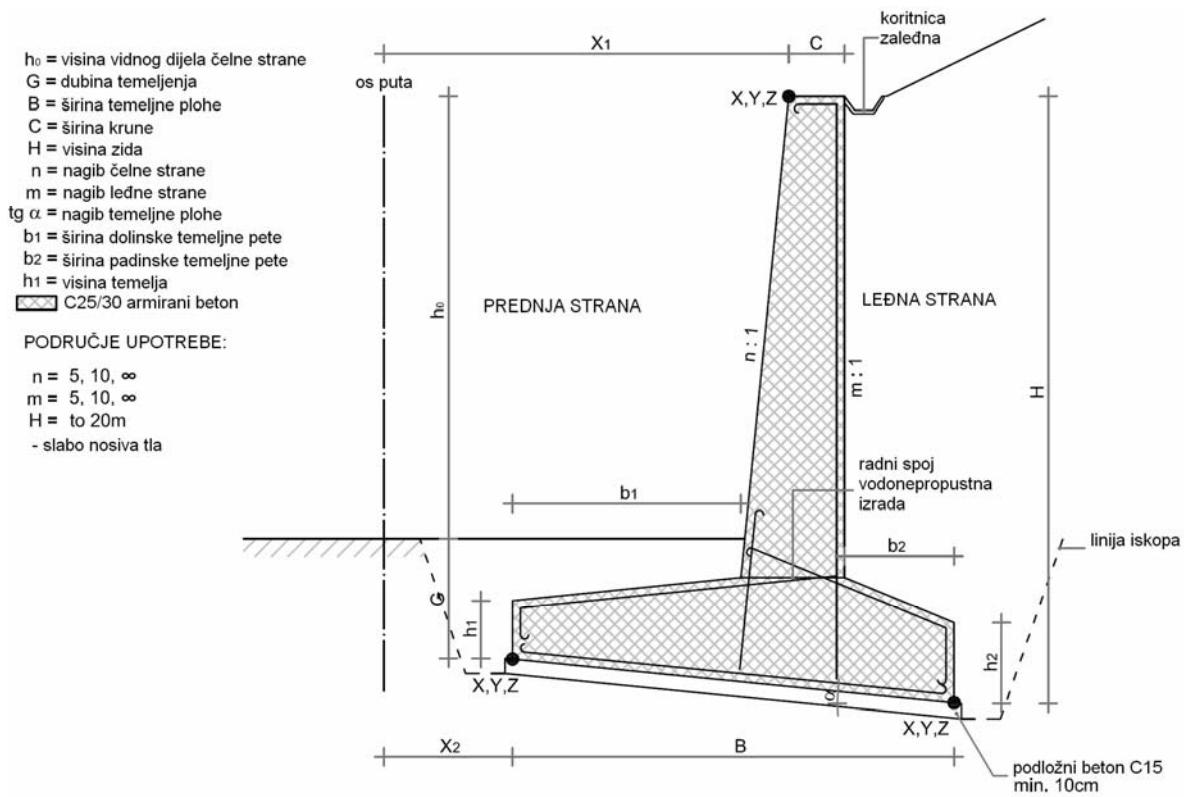
h_0 = visina vidnog dijela čelne strane
 G = dubina temelja
 B = širina temeljne plohe
 C = širina krune
 H = visina zida
 n = nagib čelne strane
 m = nagib leđne strane
 tg α = nagib temeljne plohe
 b₁ = širina dolinske temeljne pete
 h₁ = visina temelja
 k₁ = širina konzole
 g₁ = dubina konzole
 C25/30 armirani beton

PODRUČJE UPOTREBE:

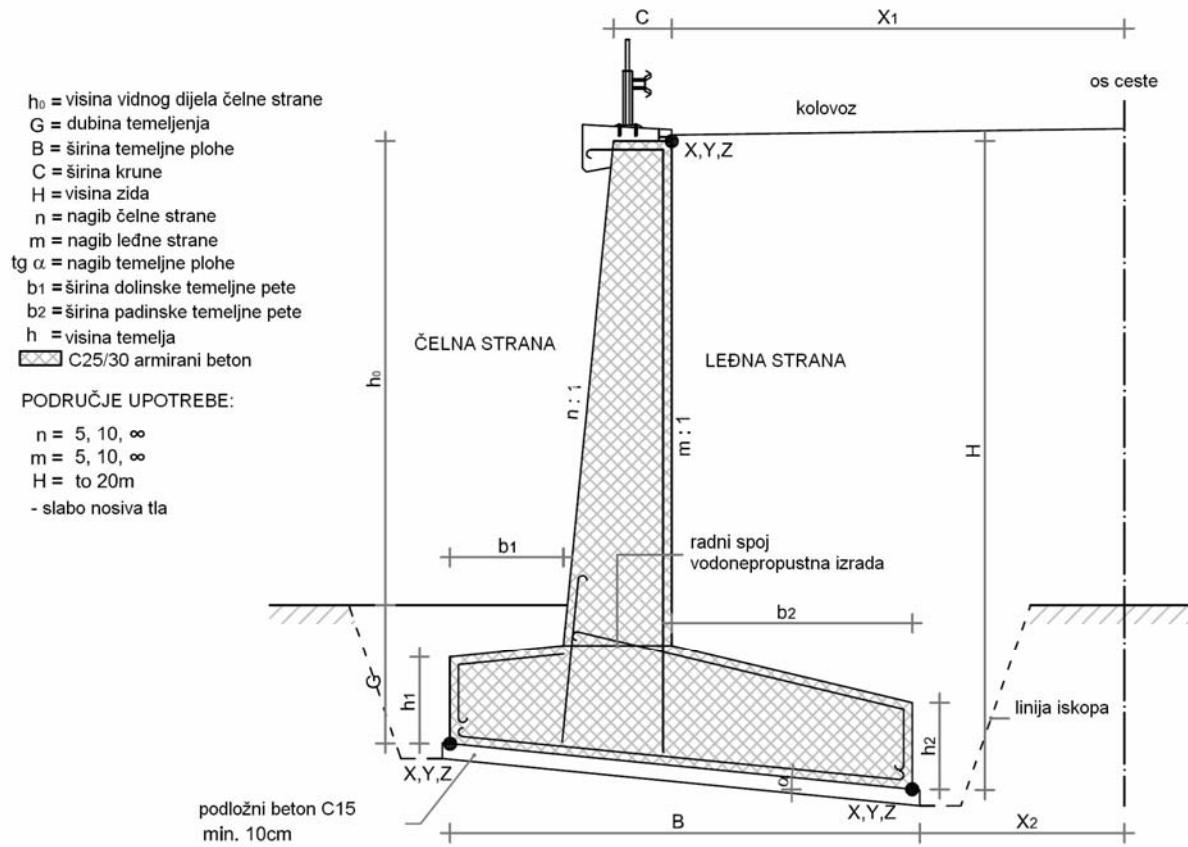
n = 5, 10, ∞
 m = 5, 10, ∞
 H = 10 - 15m



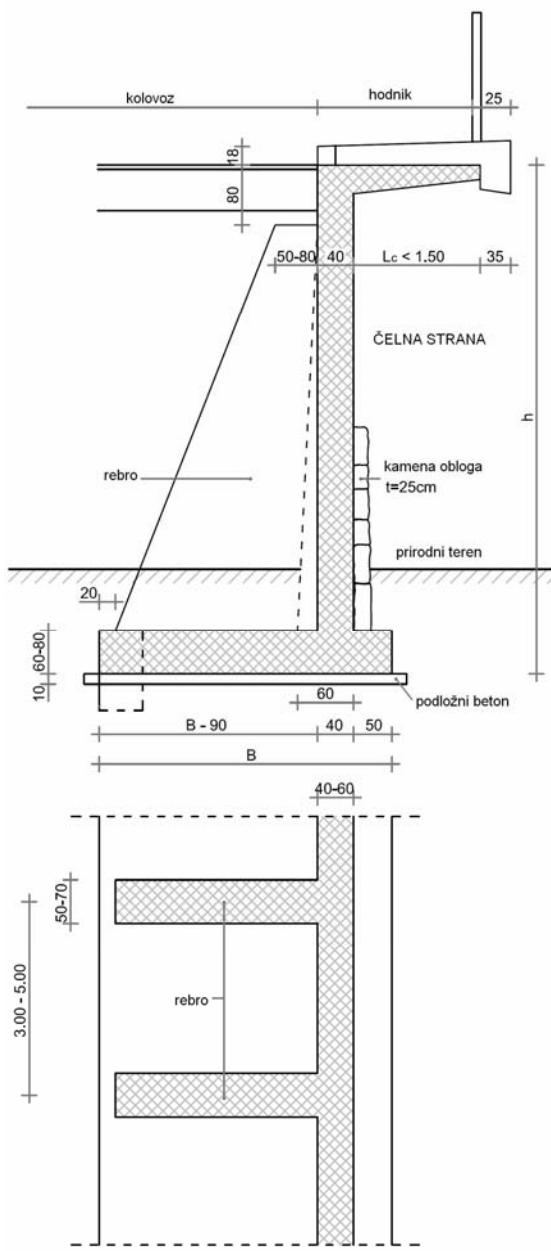
Slika 8.4: AB gravitacioni zid sa konzolom



Slika 8.5: Ugaoni AB gravitacioni zid nad niveletom ceste sa podacima za iskolčavanje



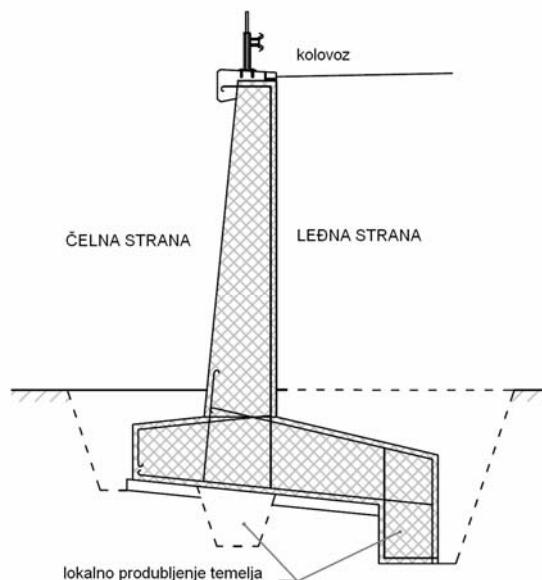
Slika 8.6: Ugaoni AB gravitacioni zid pod niveletom ceste sa podacima za iskolčavanje



Slika 8.7: Ugaoni AB potporni zid sa rebrima za ojačanje (kontrafori)

8.2 Konstruisanje AB gravitacionih zidova

AB gravitacioni zidovi konstruišu se sa nagibom čelne strane od 5:1 do 10:1 odnosno vertikalno. Nagib leđne stijene je po pravilu vertikalno. AB gravitacioni zidovi uvek imaju raširenje u dnu konstrukcije, koji se izvodi na čelnoj strani zida. Kod ugaonih AB zidova raširenje se izvodi sa obe strane.



Slika 8.8: Oblikovanje temelja za povećanje interakcije između zida i terena

Minimalna debljina AB gravitacionog zida iznosi 0,40 m. Debljina presjeka se povećava sa visinom u odnosu na razliku između nagiba čelne i leđne strane stijene, koja ni u jednom slučaju ne može biti taka da ne bi zahtijevala dodatna proširenja u obliku čelne temeljne pete, odnosno čelne i zaleđne, ako se radi o ugaonom zidu.

Konstrukcija AB gravitacionih zidova je iz betona min. C 25/30 (MB 30). Nagib donje plohe temelja izvodi se u granicama 10-20 % (1:10 – 1:5) prema leđnoj strani. Nagib gornje plohe temeljnih pete je 2 % od čelne stijene odnosno leđne stijene u primjeru AB ugaonog zida. Visina temelja na kontaktu sa stijenom je jednak debljinu stijene na toj visini.

Dubina temeljenja uslovljena je sa geološkom građom tla i dubinom zamrzavanja. U primjeru da se konstrukcije izvode u vodi, minimalna dubina temeljenja 1,5 m ili se temelj ukopa u stijensku masu u dubinu 0,5 – 1,0 m.

Oblikovanje podužnog toka temeljne plohe AB gravitacionih zidova, identičan je kao kod kamenih ili betonskih gravitacionih zidova. Oblikovanje se izvodi u kontinuitetu do 20 % nagiba, za veće nagibe treba plohu izvoditi stepenasto sa prilagođavanjem podužnom nagibu terena ispod linije temeljne plohe.

8.3 Zahtjevi za kvalitet materijala i specifičnosti izvođenja AB gravitacionih zidova

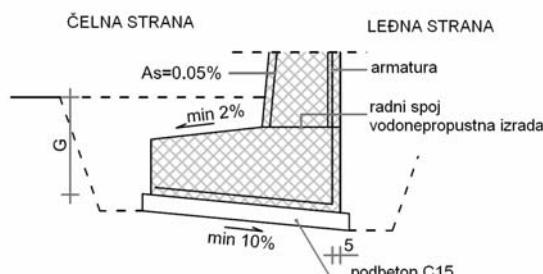
Beton mora odgovarati slijedećim zahtjevima:

- kvalitet betona C 25/30 (MB 30)
- betonska mješavina mora se pripremiti tako, da je moguće kvalitetno ugradivanje u oplatu po principu vodonepropusnog betona
- materijali za oplatu i obradu vidnih površina, moraju odgovarati uslovima za vidne i nevidne betonske površine u skladu sa smjernicom PS 1.2.10

Potrebni iskop za AB gravitacione zidove predviđa se na dužini jedne radne kampade koju uslovljava vrsta tla zaleđa, a iznosi između 3,0 i 6,0 m. Profil iskopa je veći od presjeka zida pošto se u zaleđu izvodi dodatni iskop radi postavljanja oplate. Pored toga treba uzeti u obzir potrebu za kasnije zasipavanja na leđnoj strani zida koji se mora komprimirati sa strojevima koji zahtijevaju odgovarajuću radnu širinu.

AB ugaoni gravitacioni zidovi obično se upotrebljavaju za naknadnu izgradnju nasipa iza njih, tako da je iskopavanje u zaleđu minimalno.

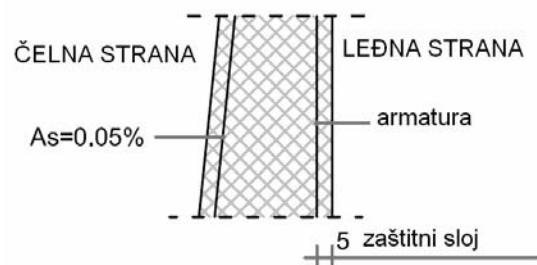
Temelji AB gravitacionih zidova izvodi se iz betona C 25/30 (MB 30) u odgovarajućom geometrijskom obliku na sloju podbetona iz C 12/15 (MB 15), čija debljina iznosi min. 10 cm. Podložni beton se ne izvodi u primjeru čiste podloge temelja. Radni spoj temelja sa stijenom može se izvesti ravno pošto armatura sprečava pojavu eventualnog klizanja.



Slika 8.9: Detalj temelja AB gravitacionog zida

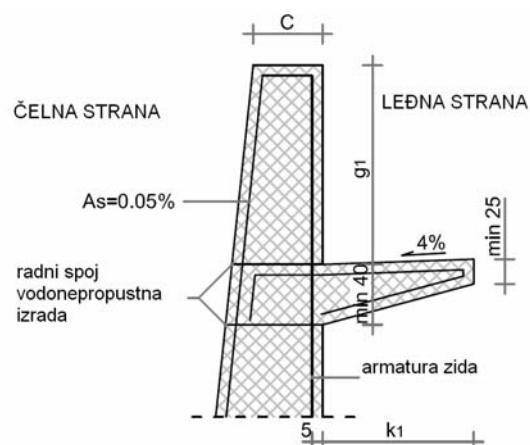
Betoniranje stijene izvodi se po završetku temeljnog dijela, koji služi kao podloga za postavljanje elemenata oplate. Stijena se izvodi u jednoj ili više radnih faza što zavisi od visine.

Za postizanje veće stabilnosti AB gravitacionih zidova može poslužiti konzola na zaleđnoj stijeni. Dužina konzole je 1,0 – 1,5 m, a može biti i veća ako se radi o većim zidovima. Debljina konzole na spoju sa zidom mora biti min. 0,40 m, na kraju konzole pa min. 0,25 m. Nagib gornje plohe konzole iznosi 4 % prema stijeni zida.



Slika 8.10: Detalj AB gravitacionog zida

U slučaju da se zahtijeva izrada čelne strane betonskog zida u kamenu, onda se ona može izvesti samo sa naknadnim oblaganjem (ne upotrebljava se za zidove na kontaktu sa tokom vode).



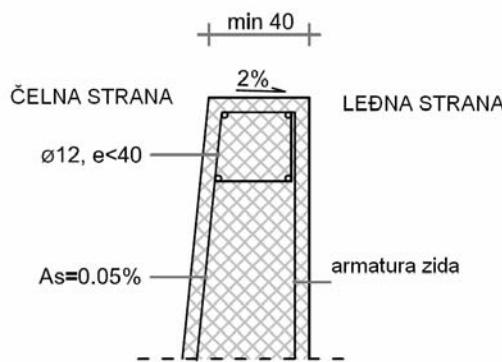
Slika 8.11: Detalj AB gravitacionog zida sa zaleđnom konzolom

Kod izvođenja dozvoljavaju se vertikalni i horizontalni spojevi. Vertikalni spojevi su uslovjeni sa dužinom radne kampade dok su horizontalni sa napredovanjem radova po visini i usvojenom visinom kampade. Radni spojevi zahtijevaju odgovarajuću obradu u smislu vodonepropusnosti. Izrada dilatacijskih, radnih i navideznih spajnica obrađena je u smjernici PS 1.2.9.

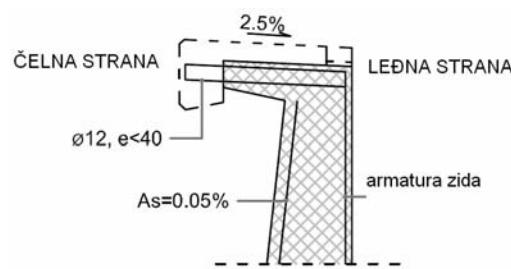
Obrada krune AB gravitacionog zidova zavisi da li se radi o potpornoj konstrukciji koja neposredno graniči sa kolovozom ili se radi o konstrukciji koja podupire padinu. Krune potpornih zidova koji podupiru padinu ne

zahtjevaju posebnu obradu. Širina krune je min. 0,40 m, prečni nagib mora biti 2 % prema zaleđnoj strani na kojoj se izvodi mulda za odvodnjavanje meteorne vode.

Ako se AB gravitacioni zid izvodi kao potporna konstrukcija, koja neposredno graniči sa kolovozom, onda se priključak krune mora prilagoditi obliku rubnog vijenca i hodnika koji se u krunu sidra. U koliko širina krune nije dovoljna za oslanjanje, onda se mora proširiti sa konzolnim prepustom.



Slika 8.12: Detalj krune potpornog AB gravitacionog zida



Slika 8.13: Detalj krune potpornog AB gravitacionog zida

9. GEOSTATIČKA ANALIZA GRAVITACIONIH ZIDOVA

Geostatička analiza mora se temeljiti na geološko geomehaničkim terenskim i laboratorijskim ispitivanjima te na prostorsko urbanističkim, saobraćajnim, geodetskim, putnim, hidrološko hidrotehničkim, klimatskim i seismološkim podacima.

Geostatička analiza je samostalni dio koji u zavisnosti od geotehničke zahtjevnosti dokazuje granična stanja nosivosti, upotrebljivosti i trajnosti.

U narednim tačkama detaljnije su prestavljena granična stanja nosivosti, postupci proračuna po preporukama prEN 1997-1.

9.1 Granična stanja nosivosti

U geostatičkoj analizi gravitacionih zidova obrađuju se sva granična stanja nosivosti za sve projektne situacije (stalne, privremene i vanredne projektne situacije) u toku građenja, upotrebe, održavanja i u vanrednim situacijama za ukupni vijek trajanja konstrukcije:

- gubici globalne stabilnosti
 - o početno stanje (stabilnost lokacije predviđene konstrukcije prije početka izgadnje)
 - o stabilnost prilaznih puteva
 - o stabilnost privremenih iskopa
 - o stabilnost radnih platoa
 - o stabilnost među stanja
 - o globalna stabilnost konstrukcije
 - o stabilnost padine iznad i ispod konstrukcije
- lom tla radi iscrpljene nosivosti
- klizanje temelja
- prevrtanje
- rušenje konstrukcijskih elemenata ili rušenje na spoju tih elemenata
- kombinovano rušenje tla i konstrukcijskih elemenata
- pomjeranje konstrukcije koja nastaju kao posljedica prekomjernog opterećenja konstrukcije ili zbog uticaja susjednih objekata.
- rušenje radi strujanja podzemne vode
- rušenje radi hidrostatičkog loma tla
- rušenje radi ispiranja sitnih frakcija
- rušenje radi nastajanja praznih prostora na granici između slojeva ili uz konstrukciju.

Kod dokazivanja graničnih stanja nosivosti naročito treba uzeti u obzir:

- promjene nivoa podzemne vode i pornih pritisaka sa vremenom i prostorom,
- nedozvoljena propusnost ispod i kroz konstrukciju
- mijenjanje karakteristika tla sa vremenom i krajem
- mijenjanje veličine i kombinacije uticaja
- iskopi i erozije ispred konstrukcije
- zasipavanje iza konstrukcije,
- učinak eventualno planiranih objekata u blizini, predviđena dodatna opterećenja i rasterećenja,
- pomjeranja tla radi slijeganja tla, smrzavanja i sličnih uzroka.

Uticaji sila leda i valova ne uzimaju se istovremeno.

Kod analize **stabilnosti lokacije** potporne konstrukcije treba uzeti u obzir slijedeće uzroke za gubitak stabilnosti:

- gubitak globalne stabilnosti tla i okolnih objekata
- nedozvoljena pomjeranja tla kao posljedica smičućih deformacija, slijeganja ili vibracija
- rušenje radi unutrašnje ili vanjske erozije
- rušenje radi hidrostatičkog loma ili uzgona
- oštećenja ili gubitak upotrebljivosti susjednih zgrada, puteva ili vodotoka radi pomjeranja tla,
- rušenje koje nastupi kao posljedica klizanja ili prevrtanje krutih kamenih blokova,
- potres.

9.2 Postupak dokazivanja graničnih stanja nosivosti

Opšta jednačina za kontrolu graničnih stanja nosivosti je:

$$E_{d,u} \leq R_{d,u} \quad (9.1)$$

$E_{d,u}$ = aktivni projektni uticaj u razmatranom graničnom stanju

$R_{d,u}$ = uporedljivi projektni odpori, koji se aktiviraju u razmatranom graničnom stanju

Opterećenja nastaju prije svega od:

- pritiska tla iz zaleđa,
- težine konstrukcije,
- dodatna opterećenja (npr. saobraćaj, težina objekata),
- hirostatički pritisci,
- valovi i sile leda,
- poniranje,
- sile od udara vozila,
- temperaturni uticaji,
- potresno opterećenje.

Projektne vrednosti uticaja E_d i projektne vrijednosti odpora R_d određuju se sa parcijalnim faktorima:

- γ_F parcijalni faktor za uticaje F_{rep} ,
- γ_E parcijalni faktor za učinak uticaja E ,
- γ_M parcijalni faktor za osobine materijala X ,
- γ_R parcijalni faktor za odpore R .

Statička analiza po prEN 1997.1 predviđa tri načina (pristup 1, 2 i 3), koji se među sobom razlikuju po kombinaciji parcijalnih faktora za uticaje, otpore i karakteristike materijala. Parcijalni faktori su navedeni u dodatku A uz normu prEN 1997.1 za konstrukcijska granična stanja STR i geotehnička granična stanja GEO. Za nesidrane gravitacione potporne konstrukcije primjenjuju se vrijednosti iz slijedećih tabela:

- A.2.1 za uticaje ili njihove učinke
- A.2.2 za karakteristike materijala
- A.2.3.5, A.2.3.6 za odpore

Tabela 9.1: Parcionalni faktori za uticaje (γ_F) ili učinke uticaja (γ_E) prEN 1997-1, A.2.1

VRSTA OPTEREĆENJA		Oznaka	Niz	
			A1	A2
STALNA	neugodna	γ_G	1.35	1.0
	ugodna		1.0	1.0
PROMJENLJIVA	neugodna	γ_Q	1.5	1.3
	ugodna		0	0

Tabela 9.2: Parcijalni faktori na karakteristike tla (γ_M), prEN 1997-1, A.2.2

KARATERISTIKA	Oznaka	Niz	
		M1	M2
Ugao smicanja (*, **)	γ_ϕ	1.0	1.25
Kohezija (*)	γ_c	1.0	1.25
Nedrenirano na odpornost	γ_{cu}	1.0	1.4
Jednostavna odpornost	γ_{qu}	1.0	1.4
Zemenljiva težina	γ_g	1.0	1.0

* drenirano stanje ** sigurnost na tan (ϕ)

Tabela 9.3: Parcijalni faktori za odpore (γ_R) za potporne konstrukcije, prEN1997-1, A.2.3.5

ODPOR	Oznaka	Niz		
		R1	R2	R3
Nosivost	γ_{Rv}	1.0	1.4	1.0
Klizanje	γ_{Rh}	1.0	1.1	1.0
Otpor tla	γ_{Re}	1.0	1.4	1.0

Tabela 9.4: Parcijalni faktori za odpore (γ_R) za kliznu i globalnu stabilnost, prEN 1997-1, A.2.3.6

OTPOR	Oznaka	Niz		
		R1	R2	R3
Otpor tla	γ_{Re}	1.0	1.1	1.0

Tabela 9.5: Račun uticaja i otpora po prEN 1997-1

	Pristup 1	Pristup 2	Pristup 3
Projektna vrijednost rezultante uticaja $E_{d,U}$	$E(F_{rep} \cdot \gamma_F, X_k / \gamma_M, a_d)$	$\gamma_E \cdot E(F_{rep}, X_k, a_d)$ or $E(F_{rep} \cdot \gamma_F, X_k, a_d)$	$E(F_{rep} \cdot \gamma_F, X_k / \gamma_M, a_d)$ or $\gamma_E \cdot E(F_{rep} \cdot \gamma_F, X_k / \gamma_M, a_d)$
Projektna vrijednost rezultante otpora $R_{d,U}$	$E(F_{rep} \cdot \gamma_F, X_k / \gamma_M, a_d)$	$R(F_{rep}, X_k, a_d) / \gamma_R$	$R(F_{rep} \cdot \gamma_F, X_k / \gamma_M, a_d)$
Kombinacija niza faktora	A1-M1-R1 and A2-M2-R1	A1-M1-R2	A1 or A2-M2-R3
Primjedba	Provjeriti obe kombinacije		A1 za konstrukcijske uticaje A2 za geotehničke uticaje

Pristup 1 zahtjeva kontrolu sa dvije kombinacije faktora sa izuzetkom slučaja u kome jedna od kombinacija nije kritična. Kod **prve kombinacije** uzimaju se parcijalni faktori za sve uticaje po A1. Parcijalni faktori za karakteristike tla su $\gamma_M = 1$ (M1), dok su uticajni faktori otpora $\gamma_R = 1$ (R1). U **drugoj kombinaciji** parcijalni faktori su $\gamma_F = 1$ (A2), sa izuzetkom za promjenljivo neugodno opterećenje $\gamma_F = 1,3$. Za karakteristike tla M2 upotrebljavaju se parcijalni faktori, dok su parcijalni faktori otpora isti kao kod prve kombinacije $\gamma_R = 1$ (R1).

U **pristupu 2** upotrebljavaju se propisani parcijalni faktori na pojedinačne uticaje, njihove učinke i odpore, dok se za karakteristike tla upotrebljavaju karakteristične vrijednosti. Pristup se naziva i pristup uticajima (učincima) i otporima.

Kod **pristupa 3** upotrebljavaju se propisani parcijalni faktori za pojedinačne uticaje ili njihove učinke, koje preuzrokuju konstrukcije i drugi uticaji koji ne proizilaze iz pritisaka zemlje. Kod proračuna uticaja i otpora, koji proizilaze iz potiska tla, primjenjuju se parcijalni faktori za karakteristike tla. Pristup se naziva pristup uticaja (učinaka) i materijalnih faktora.

Dobivene **vrijednosti materijalnih osobina tla** su rezultati terenskih i/ili laboratorijskih ispitivanja, dok su karakteristične vrijednosti

izabrane na osnovu dobivenih vrijednosti izabrane i odlučujuće (računske) vrijednosti materijalnih osobina. Karakteristične vrijednosti mogu biti više ili manje od dobivenih. U proračunu se upotrebljava najneugodnija kombinacija viših i nižih vrijednosti. Karakteristične vrijednosti mogu se odrediti i sa statičkom analizom ili na osnovu iskustava stečenih pri rješavanju sličnih problema na susjednim ili sličnim lokacijama. **Projektne vrijednosti geotehničkih parametara X_d** izračunavaju se iz karakterističnih vrijednosti:

$$X_d = X_k / \gamma_M \quad (9.2)$$

gdje su:

X_k karakteristična vrijednost parametra,
 γ_M djelomični faktor sigurnosti za materijal

Podaci o geometriji uključuju nivo i nagib planuma, nivo vode, granice pojedinih slojeva, njihovu debjinu i oblik, geometriju iskopa, oblik konstrukcija i slične druge podatke. Projektne vrijednosti podataka i geometrije a_d izračunava se:

$$a_d = a_{nom} \pm \Delta_a \quad (9.3)$$

a_{nom} geometrijski podatak

Δ_a sigurnosna geometrijska mjera

Manja odstupanja u geometriji uključuju još i faktore γ_F i γ_M , radi čega se, u dosta slučajeva, može zanemariti dodatna geometrijska sigurnost u koliko nema znatnijeg uticaja na rješenje. Kada se pasivni odpor uzima u obzir, onda se ispred konstrukcije smanjuje kota tla za 10% visine konstrukcije ispod kote iskopa, ali to smanjenje ne može biti veće od 0,5 m.

Kod kontrole klizanja, osim uobičajenih kontrola:

$$H_d \leq R_d + R_{p,d} \quad (9.4)$$

$$R_d = V_d \cdot \tan \delta_d \text{ drenirano stanje} \quad (9.5)$$

$$R_d = A_c \cdot c_{u,d} \text{ nedrenirano stanje} \quad (9.6)$$

potrebno je, u slučajevima u kojima zrak ili voda dostigne visinu spoja temelja i gline u nedreniranom stanju, provjeriti još i:

$$R_d \leq 0.4 \cdot V_d \quad (9.7)$$

U jednačinama 9.4 – 9.7 oznake su:

- H_d projektna vrijednost uticaja horizontalne komponente
- V_d projektna vrijednost uticaja vertikalne komponente
- δ_d ugao trenja između tla i konstrukcije
- $R_{p,d}$ projektna vrijednost pasivnog odpora
- A_c površina temelja opterećenog na pritisak
- $c_{u,d}$ projektna vrijednost nedrenirane odpornost na smicanje
- R_d projektna vrijednost odpora na smicanje

9.3 Pritisici tla

Kod gravitacionih zidova kod kojih se pomjeranja ne aktiviraju radi uticaja pritisaka tla ili su minimalna, onda se uzimaju u obzir horizontalna opterećenja na konstrukciju koja nastaju od pritisaka tla iza zaleđa kao **mirni pritisici tla p_o** . Kada se aktiviraju pomjeranja konstrukcije, onda se uzimaju **aktivni pritisici tla p_a** , ako se konstrukcija odmiče od tla, odnosno **pasivni pritisici tla p_p** kada se konstrukcija primiče prema tlu. Aktivni pritisak tla manji je od mirnog pritiska, dok je pasivni veći:

$$k_a < k_0 < k_p$$

Na veličinu i nagib pritisaka tla utiču sledeći faktori:

- karakteristike tla na smicanje
- efektivni vertikalni naponi
- dodatno opterećenje
- nagib površine terena
- nagib zida u odnosu na vertikalu

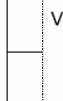
- nivo vode i poniranje podzemne vode
- veličine i smjerovi pomjeranja konstrukcije
- ravnoteža sila u horizontalnom i vertikalnom smjeru za konstrukciju u cijelosti
- krutost konstrukcije i potpornog sistema
- ugao trenja između tla i konstrukcije

Različiti autori predlažu različite jednačine za proračun u kojima se gore navedeni uticaji različito uzimaju. U slučaju vertikalnog zida i glatkog spoja između zidova i tla, upotrebljavaju se Rankinove jednačine, koje uzimaju u obzir uticaj karakteristike smicanja i napetost zaleda. Coulombova teorija punog nagiba zaleda uzima u obzir nagib potporne konstrukcije i trenje između konstrukcije i tla, dok ne uzima u obzir koheziju tla. Za konkretan slučaj se, u pogledu veličine pojedinih uticaja, odlučuje koji će se način proračuna primijeniti.

U donjoj tabeli prikazana su minimalna relativna pomjeranja konstrukcije za aktiviranje aktivnih i pasivnih pritisaka zemlje za nekoherentna tla.

Za pasivni pritisak zemlje vrijednosti u zagradama važe za relativna pomjeranja koja su potrebni za aktiviranje polovice pasivnih pritisaka. U koliko se tlo nalazi ispod nivoa podzemne vode, onda relativna pomjeranja za pasivni odpor moraju se povećati za 1,5 – 2 puta od vrijednosti iz tabele.

Tabela 9.6: Potrebna relativna pomjeranja za aktiviranje aktivnih i pasivnih pritisaka zemlje

Oblik pomjeranja	Aktivni pritisak		Pasivni pritisak	
	Rastresita tla	Gusta tla	Rastresita tla	Gusta tla
	v_a / h (%)	v_a / h (%)	v_p / h (%)	v_p / h (%)
 $v_{a,p}$	0.4 – 0.5	0.1 – 0.2	7 (1.5) – 25 (4)	5 (1.1) – 10 (2)
 $v_{a,p}$	0.2	0.05 – 0.1	5 (0.9) – 10 (1.5)	3 (0.5) – 6 (1)
 $v_{a,p}$	0.8 – 1.0	0.2 – 0.5	6 (1) – 15 (1.5)	5 (0.5) – 6 (1.3)
 $v_{a,p}$	0.4 – 0.5	0.1 – 0.2		
	v_a = pomjeranje zida sa aktiviranjem aktivnih pritisaka zemlje h = visina zida		v_p = pomjeranja zida za aktiviranje pasivnog pritiska zemlje h = visina zida	

Pasivni otpori ispred temelja gravitacionih potpornih konstrukcija uzimaju se u obzir samo u slijedećim primjerima:

- aktiviraju se odgovarajuća pomjeranja konstrukcije,
- materijal se neće iskopavati (ostaje prirodan teren)
- za čitavo vrijeme može se garantovati odgovarajuća zbijenost i kvalitet tla, koja je uzeta u proračunu,
- neće doći do rastresitosti tla, ispiranja ili slabljena karakteristika radi uticaja podzemne vode ili nepovoljnih klimatskih prilika
- neće nastati fuga od skupljanja tla na spoju između temelja i tla.

9.3.1 Mirni pritisak zemlje

Mirni pritisak zemlje p_0 računa se iz vertikalnih efektivnih napona σ' po jednačini:

$$p_0 = \sigma' \cdot k_0 \quad (9.8)$$

Za vodoravna i normalna konsolidovana tla važi jednačina (Jaky):

$$k_0 = (1 - \sin\varphi) \quad (9.9)$$

za prekonsolidovana tla po jednačini:

$$k_0 = (1 - \sin\varphi) \cdot \sqrt{OCR} \quad (9.10)$$

pri čemu je φ ugao unutrašnjeg trenja tla, a OCR faktor prekonsolidacije. Ako je zalede nagnjeno pod uglom β u odnosu na horizontalu, onda se koeficijent mirnog pritiska tla $k_{0,\beta}$ (za horizontalnu komponentu) računa po:

$$k_{0,\beta} = k_0 \cdot (1 + \sin\beta) \quad (9.11)$$

9.3.2 Aktivni i pasivni pritisak zemlje po Rankinu

Rankinove jednačine za aktivni pritisak zemlje p_a i pasivni otpor p_p su:

$$p_a = \sigma' \cdot k_a \cdot \cos(\beta) - 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a} \quad (9.12)$$

$$p_p = \sigma' \cdot k_p \cdot \cos(\beta) + 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_p} \quad (9.13)$$

Koeficijent aktivnog pritiska zemlje k_a i koeficijent pasivnog pritiska zemlje k_p računaju se po jednačinama:

$$k_a = \left(\frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}}{\cos\varphi} \right)^2 \quad (9.14)$$

$$k_p = \left(\frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}}{\cos\varphi} \right)^2 \quad (9.15)$$

Ako se radi o ravnom zaledu ($\beta=0$) onda se jednačine pojednostavljaju na:

$$p_a = \sigma' \cdot k_p - 2 \cdot \sqrt{k_a} \cdot c \quad (9.16)$$

$$p_p = \sigma' \cdot k_p + 2 \cdot \sqrt{k_p} \cdot c \quad (9.17)$$

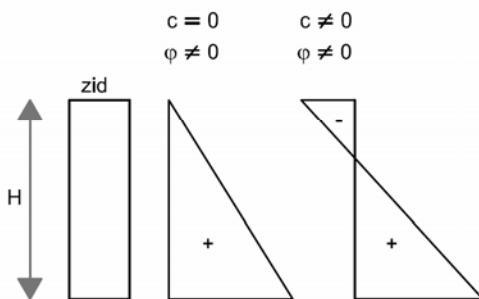
$$k_a = \tan^2(45^\circ - \varphi/2) \quad (9.18)$$

$$k_p = \tan^2(45^\circ + \varphi/2) \quad (9.19)$$

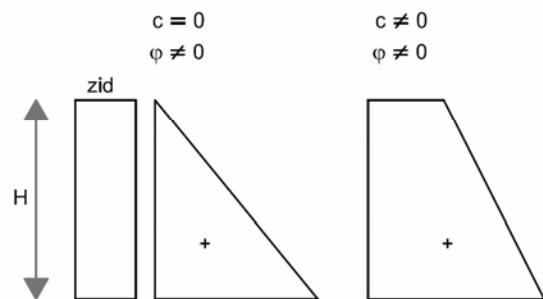
U ovim jednačinama je φ ugao unutrašnjeg trenja tla, c kohezija, σ' efektivni vertikalni naponi i β nagib terena zaleda.

Na slici 9.1 prikazan je tok aktivnih i pasivnih pritisaka na vertikalni zid sa ravnim zaledem i homogenim sastavom tla za nekoherentna tla ($\varphi \neq 0, c = 0$) i koherentna tla ($\varphi \neq 0, c \neq 0$).

a) aktivni pritisak



b) pasivni pritisak



Slika 9.1: Diagram aktivnih i pasivnih pritisaka

Coulombove jednačine za aktivni i pasivni pritisak su:

$$p_a = \sigma' \cdot K_a \quad (9.20)$$

$$p_p = \sigma' \cdot K_p \quad (9.21)$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2} \quad (9.22)$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha - \delta) \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\alpha - \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2} \quad (9.23)$$

U koliko je zalede ravno ($\beta = 0$), vertikalni zid ($\alpha = 0$) i glatku površinu ($\delta=0$), pojednostavljaju se jednačine za koeficiente aktivnog i pasivnog pritiska zemlje i prelaze u proste Rankinove izraze:

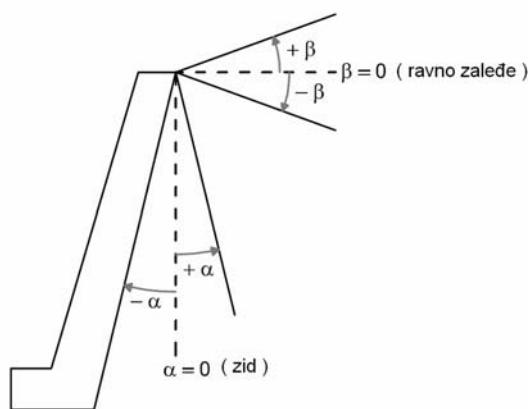
$$K_a = \tan^2(45^\circ - \varphi/2) \quad (9.24)$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \varphi/2) \quad (9.25)$$

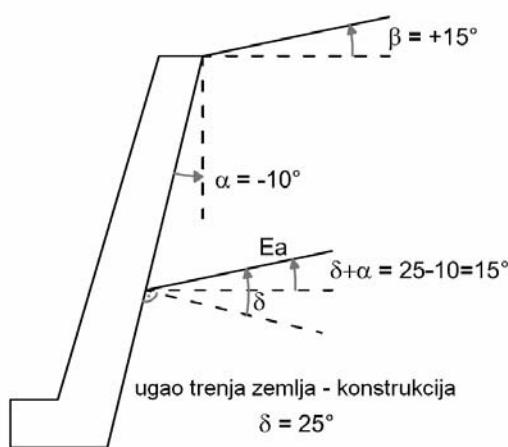
U jednačinama Coulombove teorije, označke su slijedeće:

- σ' = efektivni vertikalni naponi
- φ = ugao unutrašnjeg trenja zemlje
- β = nagib zaleda
- α = nagib zida
- δ = ugao trenja između zida i tla

Na slici 9.2 prikazani su predznaci za nagib površine terena, dok su na slici 9.3 prikazani uticaji nagiba zida i trenja između tla i konsolidacije na smjer rezultante pritiska zemlje.



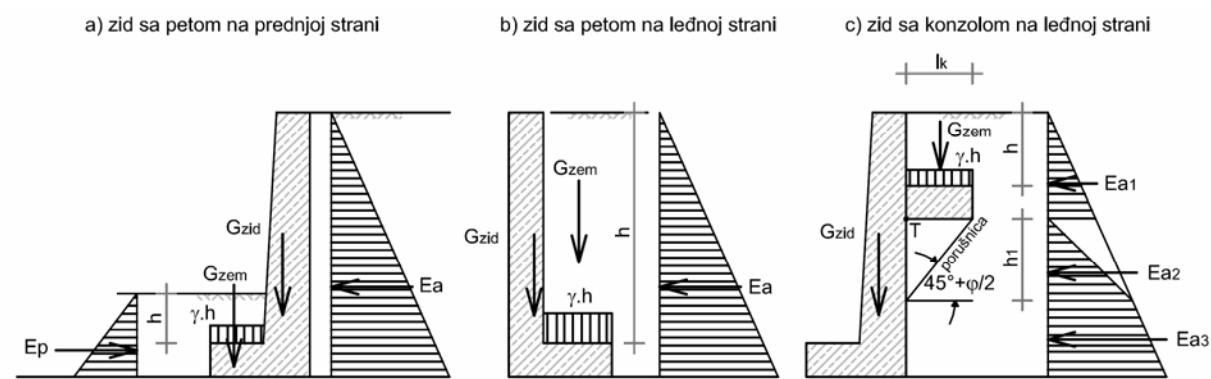
Slika 9.2: Nagib zaledja i zida



Slika 9.3: Primjer uticaja zida na nagib rezultante pritiska zemlje

Na slici 9.4 prikazana su tri različita gravitaciona zida i uticaji oblika na glavna opterećenja – težina zida G_{zid} , težina zemlje iznad pete i konzole G_{zem} i pritisici zemlje E_a (aktivni) i E_p (pasivni). Pasivni pritisak prikazan je samo na prvom primjeru zida. Kod zida sa konzolom u tački T efektivni vertikalni naponi padnu na vrijednost $\sigma'_v = 0$ kPa, što ima za posljedicu da se na toj dubini ponište vrijednosti aktivnog pritiska zemlje. Na visini h_1 uz pretpostavku linearne raspodjele dostiže se linija aktivnog pritiska zemlje, kao što je prikazano na slici (9.4c). Visina h_1 zavisi od dužine konzola L_k i ugla unutrašnjeg trenja ϕ :

$$h_1 = l_k \cdot \tan(45^\circ + \phi/2) \quad (9.26)$$



Slika 9.4: Opterećenja gravitacionog zida

10. ODVODNJAVANJE I ZASIPANJE ZALEĐA GRAVITACIONIH ZIDOVA

Poglavlje odvodnjavanja razmatra slijedeće četiri tematske grupe:

- odvodnjavanje voda zaleđa
- odvodnjavanje površinskih voda
- zasipanje (zatrpanjanje) zaleđa zida
- zasipavanje i čuvanje čela zida (prednje strane).

10.1 Odvodnjavanje voda zaleđa

10.1.1 Općenito

U tlu iza zida može biti prisutna podzemna voda, procjedne brdske vode, a mogu se nalaziti i akumulacije sa brdske strane zida. Ako su potporni zidovi izgrađeni u vodi, onda se moraju uzeti u obzir različiti nivoi voda u koritu, a sa time i nepovoljni uticaji u zaleđu zida. Ako se uticaj prisustva vode u zaleđu ne sprečava, onda se u zaleđu konstrukcije pojavljuju dodatni pritisci vode uz istovremeno smanjenje otpora tla na smicanje zasutog klinja iza zida.

Za sprečavanje nepovoljnog djelovanja pritiska vode, potrebno je uraditi efikasno i odgovarajuće odvodnjavanje vode iz zaleđa gravitacionih zidova.

Zasnivanje drenažnog sistema, koji prestavlja uslov za efikasno odvodnjavanje zaleđa, zavisi od hidrogeoloških i geomehaničkih karakteristika tla, oblika krivulje procjeđivanja, propusnosti tla, hemijskog sastava te opasnosti unutrašnje erozije u nasipu ili prirodnom tlu iza zaleđa.

Djelovanju sila toka vode iza zaleđa, najbolje se suprostavljaju kose drenaže koje su sa takvim položajem gotovo neizvodljive. Za pravilan položaj drenažnog sloja treba uzeti u obzir i činjenicu da do povećanja aktivnog pritiska tla radi pritiska strujanja vode, može nastupiti samo kada je podzemna voda stalno prisutna (stacionarna voda) na visini koja prouzrokuje te pritiske. Pritisak na gravitacioni zid se povećava u slučajevima kada, zbog naglih padavina, dolazi do velikog dotoka vode koju izvedena drenaža ne može blagovremeno odvesti.

10.1.2 Način izrade drenažnih slojeva

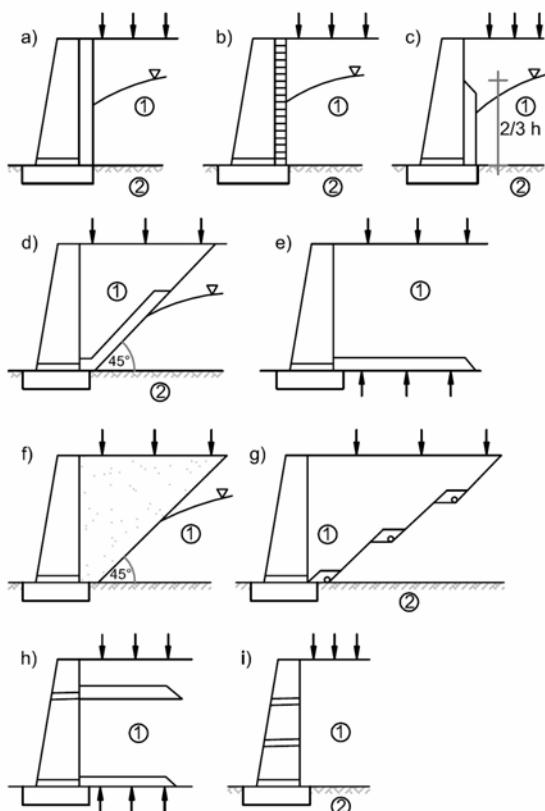
Drenažni sistem mora obezbijediti dovoljan odvod vode iz zaleđa da konstrukcija ni u tom

slučaju ne bude ispostavljena dodatnom pritisku od zadržavanja vode u zaleđu.

Drenažni sistem je sastavljen iz:

- drenažnog ili filterskog sloja
- neprekinute drenažne cijevi koja je ugrađena po dužini drenažnog sloja i odvodi vodu u odvodnik.

Kod izvođenja drenažnih sistema u zaleđu zidova, jako važno je, da li se radi o potpornoj konstrukciji kod koje će se naknadno izvoditi zasip u zaleđu ili se radi o potpornoj konstrukciji u usjecima sa stabilnim prirodnim zaleđem.



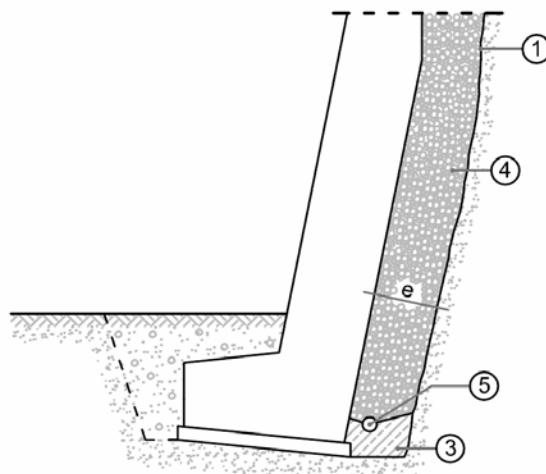
Slika 10.1: Moguće varijante lociranja drenažnog sloja u zaleđu gravitacionog zida
(1 - koherentna tlu u zaleđu – prirodna ili nasuta,
2 - nepropusna temeljna tlu)

Imajući na umu, da se drenažni sistemi rijedko ili se uopšte neodržavaju, pošto su često nedostupni, potrebno je, kod dimenzioniranja filtriranja, predvidjeti učinak smanjenja filtriranja zbog taloženja minerala i sitnih čestica u toku procjeđivanja. U slučaju da se drenažni sloj izrađuje iz nekoherentnog sirkog materijala, onda mora ispunjavati sljedeće kriterije:

- mora biti filtersko stabilan
- mora imati vodopropusnost granulacijski dobro sastavljenog šljunka
- ako se posebno ne proračunava kapacitet, onda debljina drenažnog sloja mora biti 40 – 80 cm.

U slučaju da se denažni sloj izvodi u kombinaciji sa podlogom iz filterskog geotekstila, onda se isti mora ugraditi neposredno po kosini odkopanog prirodnog terena, dok se međuprostor do leđne površine zida ispunjava sa šljunkovito-kamenim materijalom, koji omogućava svoj procjednoj vodi da prođe do drenažne cijevi koja se nalazi na dnu filterskog sloja i po kojoj otiče voda do sabirnog odvodnika. Ovako izabran položaj filtera spriječava unutrašnju eroziju u prirodnom terenu. Nedostatak geotekstilne podloge jeste njena osjetljivost na prisustvo mineralnih rastvora u procjednoj vodi, koji prouzrokuju začepljenje. Ako se radi o područjima koja su bogata sa mineralnim rastvorima, onda se upotreba geotekstila ne preporučuje.

Kao varijantno rješenje, posebno za vertikalne drenažne slojeve, je upotreba drenažnog betona. Prednost drenažnog betona je jednostavno ugrađivanje pošto nije potrebno zbijanje što prestavlja veliku prednost kod zidova koji se nalaze uz padine sa zaleđem u kome je ograničen iskop, a istovremeno obezbeđuje odgovarajuću čvrstoću.

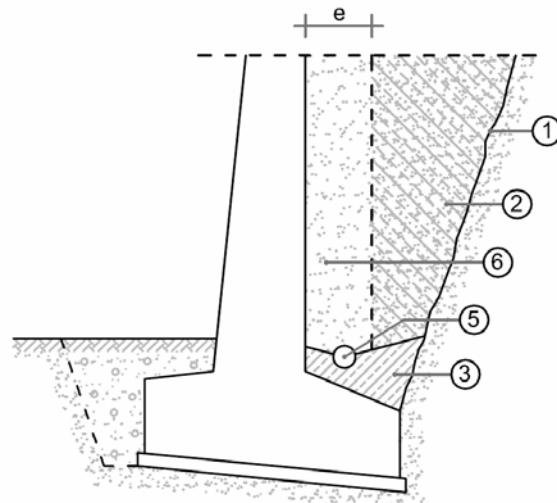


Slika 10.2: Izrada drenaže sa kamenim nabačajem ili šljunkom okrugle granulacije
 1 - iskop, 3 – beton ispune,
 4 – kameni nabačaj ili šljunak,
 5 – drenažna cijev $d_{min} = 20 \text{ cm}$)

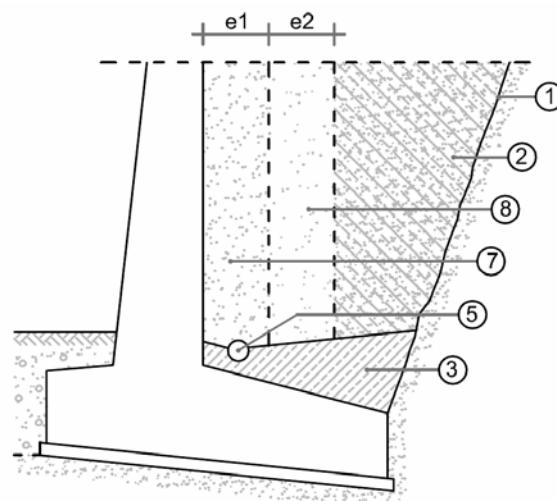
Odrediti:

- debljinu filterskog sloja e
- filterski materijal

Upotreba: kod potpornih zidova u brdovitom terenu i grubom šljunkovitom materijalu sa kojim se izvodi zasipanje zaleđa.



Slika 10.3: Izrada drenaže sa jednoslojnim filterom
 1 - iskop, 2 – zasip,
 3 – beton za ispunu,
 5 – drenažna cijev $d_{min} = 20 \text{ cm}$,
 6 – filter



Slika 10.4: Izrada drenaže sa filterom iz dva sloja
 1 – iskop, 2 – zasip,
 3 – beton za ispunu,
 5 – drenažna cijev $d_{min} = 20 \text{ cm}$,
 7 – normiran filter 1,
 8 – normiran filter 2

Odrediti:

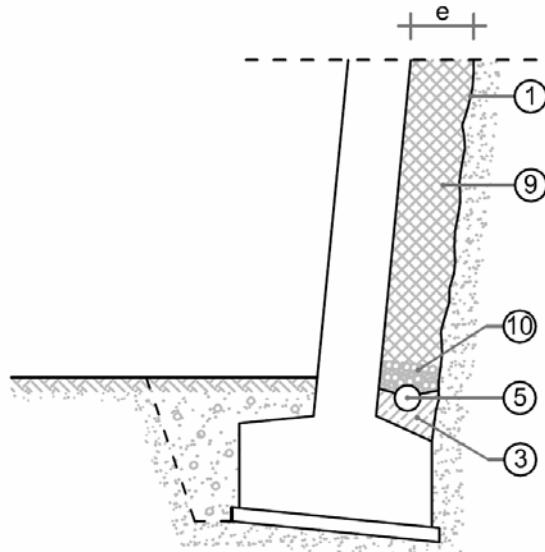
- debljina filterskog sloja e
- filterski materijal

Upotreba: kod šljunkovitog ili pjeskovitog materijala sa kojim se vrši zasipanje.

Odrediti:

- debljine filterskih slojeva 1 i 2
- filterski materijal

Upotreba: za fino zrnata glinovita tla.



Slika 10.5: Izrada drenaže sa drenažnim betonom

- 1 – iskop, 3 – beton ispune,
- 5 – drenažna cijev $d_{min} = 20 \text{ cm}$,
- 9 – drenažni beton,
- 10 – šljunkoviti materijal okrugle granulacije 30 – 50 cm)

Upotreba: u svim slučajevima u kojima se zahtijeva da filter mora dokazati određenu odpornost.

Kod izbora filterskog materijala treba uzeti u obzir činjenicu da filter treba da obavlja hidrostaticku i mehaničku funkciju. Ujedno filter mora sprječiti unutrašnju eroziju nevezanih kamnitih mineralnih zrna u tlu, koji graniči sa filterom, a istovremeno mora obezbijediti dovoljnu vodopropusnost.

Materijali, koji dolaze u obzir za izradu filtera, mogu se razvrstati u slijedeće grupe:

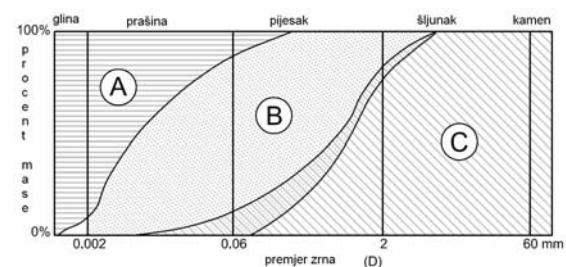
- jednofrakcijski nevezani kameni materijali ili materijali sa dobro raspoređenom granulacijom kao što su pjesak i šljunak;

- hidraulično ili bitumensko povezani materijali (filteri ili drenažni beton); agregat za beton je iz jedne frakcije, dok se filter izvodi u monolitnom ili prefabrikovanom obliku;
- filterski geotekstil.

Za filter se može reći, da obavlja dobro svoju funkciju, ako je voda, koja otiče kroz sloj nevezanih kamnitih zrnastih materijala sa povećanjem propusnosti, čista i otice u dovoljnoj količini.

Na dijagramu (slika 10.6) prikazane su krivulje prosijavanja za pojedine vrste tla na osnovu kojih treba izabrati odgovarajući tip filtera.

- tla sa krivuljom prosijavanja u zoni A spadaju u kategoriju male do neznatne ugroženosti u smislu unutrašnje erozije. Kod ove kategorije tla filter ima više mehaničku nego hidrauličku funkciju;
- prah, pješčani prah i fini pjesak – područje zone B predstavljaju tla koja su podložna velikim unutrašnjim erozijama, posebno su ugrožena tla sa jednofrakcijskom granulacijom,
- tla sa krivuljom prosijavanja u zoni C po pravilu ne zahtijevaju filterski sloj nego samo odgovarajuću veličinu rupa u plaštu drenažne cijevi.



Slika 10.6: Područja krivulja prosijavanja za tla tipa A, B i C

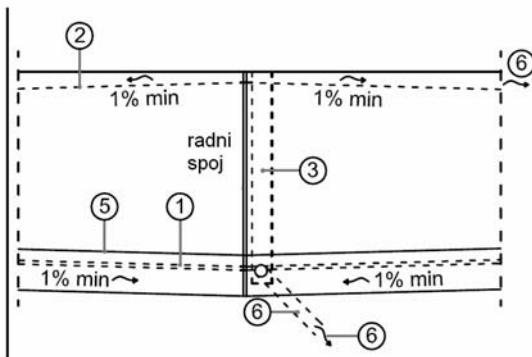
10.1.3 Odvod vode iz drenažnog sloja

Za odvod vode, koja prolazi kroz filterski sloj, treba u najnižoj tački ugraditi podužne drenažne cijevi. Cijevi mogu biti perforirane betonske, cijevi iz filterskoga betona ili drenažne cijevi iz umjetnog materijala (obično PVC). Perforacija obično zauzima 1/3 do 1/2 gornjeg oboda cijevi.

Minimalni promjer cijevi je 200 mm. Ako se očekuje opasnost pojavljivanja krečnjačke obloge onda promjer cijevi treba povećati (upotreba PVC cijevi sa stanovišta sprečavanja krečnjačkih nasлага najugodnija). Minimalni nagib u podužnom smjeru je 1 %.

Za dobro održavanje protočnosti drenažnih cijevi potrebno je na udaljenosti 50 – 70 m (u zavisnosti od konfiguracije) predvidjeti kontrolne šahtove za reviziju promjera 80 cm (u zavisnosti od dubine šahta).

Drenažnu cijev treba ugraditi na posteljicu iz podbetona, koji u poprečnom smjeru treba da se prostire po čitavoj širini filtera do iskopane zemlje prirodnog tla. Sa odgovarajućim nagibom podbetona postiže se oticanje vode u drenažnu cijev. Podbeton obuhvata perforiranu cijev do visine rupa u cijevi. Debljina betonske posteljice zavisi od prilika na terenu, ali ne smije biti manja od 20 cm.



Slika 10.7: Podužni profil odvodnjavanja zaleđa zida

- 1 perforirana betonska cijev,
- 2 betonska mulda ili kanaleta,
- 3 kontrolni šaht drenaže,
- 4 betonska cijev, $d_{min} = 30 \text{ cm}$,
- 5 površina terena,
- 6 priključak na odvodnik

Ispusti u zidu (cijevi za procjeđivanje – barbakane) mogu se upotrijebiti samo kod kontaktnog betoniranja padine koje imaju mali dotok vode i prestavljaju jedini drenažni element ovakvih zidova.

Svi navedeni primjeri upotrebljavaju se u slučaju kada je dno temelja gravitacionog zida u nepropusnom tlu u kome nije moguće oticanje voda iz zaleđa kroz temeljna tla.

U koliko se dno temelja gravitacionog zida nalazi u propusnom tlu, a zasip iza gravitacionog zida se izvodi sa nepropusnim materijalom, onda se odvodnjavanje vode iz zaleđa može izvesti bez drenažnih cijevi u zaleđu. U tom slučaju je sasvim dovoljno da se filterski sloj direktno poveže sa propusnim raščenim tlom.

U koliko se zasipanje zaleđa gravitacionog zida izvodi sa propusnim materijalom, ne mora se izvoditi filterski sloj iza zida, dok je postavljanje drenažne cijevi na dnu zida neophodno samo u slučaju nepropusnog temeljnog tla.

Gravitacioni zidovi uz vodne tokove ispostavljeni su čestim promjenama nivoa vode u vodotocima. Podizanje nivoa vode na prednjoj strani zida ima za posljedicu podizanje vode i u zaleđu. Za efikasno izravnavanje nivoa vode sa obe strane zida, potrebno je ugraditi mrežu cijevi u gravitacioni zid, a zasip iza zida uraditi iz materijala koji ima dobru drenažnu sposobnost. Za dio zaleđa važe prethodno dati podaci vezani za dreniranje zaleđa uz poštivanja činjenice da se poduzna drenažna cijev ne izvodi, nego se izvodi odgovarajuća mreža procjednih cijevi (barbakan) u zidu (maksimalni razmak 2,0 m, min. promjer 120 mm). Detalj zasipavanja oko cijevi za procjeđivanje vode mora se izvesti iz kamenog materijala okruglog oblika.

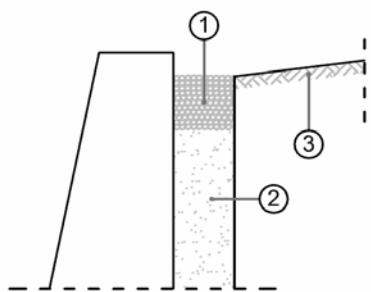
Odvodnjavanje konzola izvodi se sa drenažnom cijevi, koja se polaže na spoju konzole i zida. Procjedna voda zbog izvedenog nagiba od 4 % prema zidu, dotiče do drenažne cijevi koja se poveže sa ostalim sistemom odvodnjavanja vode iza zaleđa zida.

10.2 Odvodnjavanje površinskih voda

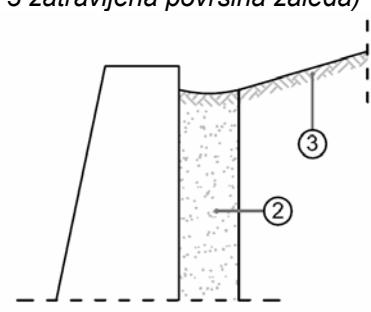
Odvodnjavanje površinskih voda sa padine iza zida sprječava procjeđivanje te vode u drenažni sloj iza zida i smanjuje njegovo opterećenje.

Površinska voda se može hvatati sa običnim elementima za odvodnjavanje kao što su mulde, kanalete ili obloženi jarkovi. Ovi elementi se preko odgovarajućih sabirnih šahtova sa pjeskolovom, spajaju na sistem odvodnjavanja koji je odvojen od drenažnog sistema. Pjeskolovi se izvode tako, da im je prilaz što lakši i održavanje što jednostavnije. Preporučuje se i zasadišvanje zaleđa krune, sa grmljem koji je veliki potrošač vode.

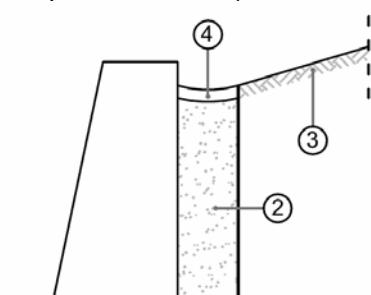
Elemente odvodnjavnaja površinskih voda sa zaleđa treba, na krajevima gravitacionih zidova, zaključiti i povezati sa odvodnjavanjem ceste. Izvedeno stanje mora obezbijediti zaštitu protiv erozije slobodnog dijela padine.



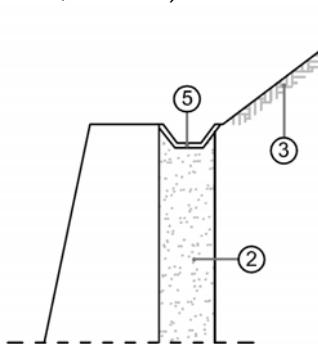
Slika 10.8: Odvodnjavanje bez mulde – za nagibe terena do 5 % sa malim doticanjem vode (1 šljunkovite okrugle frakcije 30-50 cm, 2 filter, 3 zatravljeni površini zaleda)



Slika 10.9: Odvodnjavanje sa travnatim jarkom – za nagibe terena od 5 % do 12 % sa srednjim dotokom vode (2 filter, 3 humzirana površina zaleda)



Slika 10.10: Odvodnjavanje sa muldom – za nagibe terena od 5 % do 12 % sa većim dotokom vode (2 filter, 3 zatravljeni površini zaleda, 4 mulda)



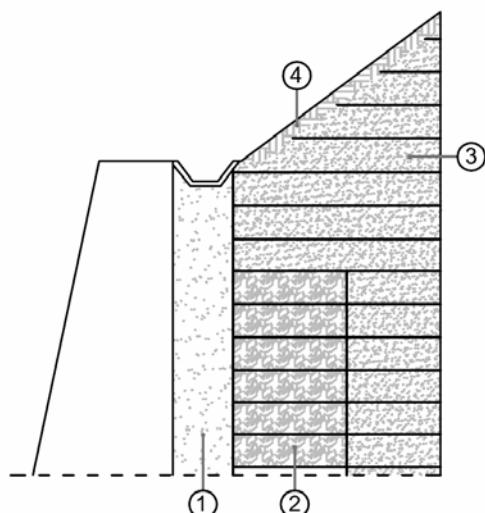
Slika 10.11: Odvodnjavanje sa kanaletom – za nagibe terena veće od 12 % sa velikim dotokom vode (2 filter, 3 zatravljeni površini zaleda, 5 kanalete)

10.3 Zasipi iza zaleda

Veliki dio oštećenja gravitacionih zidova posljedica su nestručnog zasipavanja, obično se u području neposredno uz zid zasipni materijal previše zbijie.

Kod potpornih zidova preporučuje se slijedeći postupak:

- zatrpavanje treba izvoditi u slojevima debljine do 30 cm i zbijati sa lakinim srestvima za komprimiranje,
- zbijanje može početi tek nakon odmicanja 1 m od leđne strane zida, a nastavlja se u smjeru od zida
- gornji metar zasutog materijala se komprimira do samog zida
- konstantnu debljinu jednoslojnog ili dvoslojnog filtera treba obezbijediti sa izvlačenjem graničnih dasaka ili lima
- gornju površinu zasipa treba prekriti sa slojem slabo propusne zemlje.

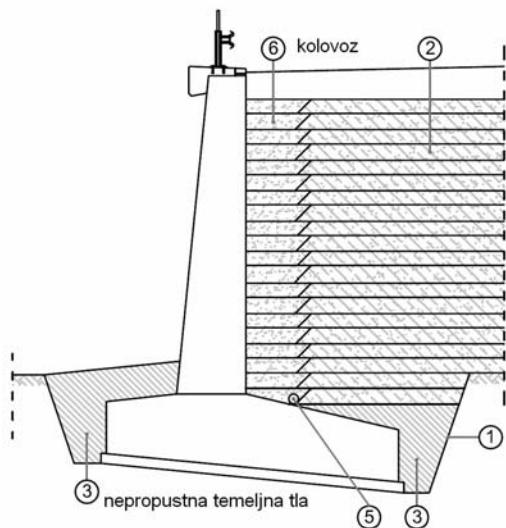


Slika 10.12: Detalj zatrpavanja gravitacionog potpornog zida (1 filter, 2 zona bez zbijanja širine 1,0 m, 3 pažljivo zbijena zona, 4 slabo propusna zemlja)

Kod potpornih zidova mora se zasuti materijal u zaledu zida dobro komprimirati zbog postizanja dovoljne nosivosti i što manjih slijeganja. Jače komprimiranje ima za posljedicu manju propusnost. Zasip potpornih gravitacionih zidova koji osiguravaju padinu razlikuje se od zasipa potpornih zidova koji osiguravaju trup puta po zapremini, koja je po pravilu mnogo veća.

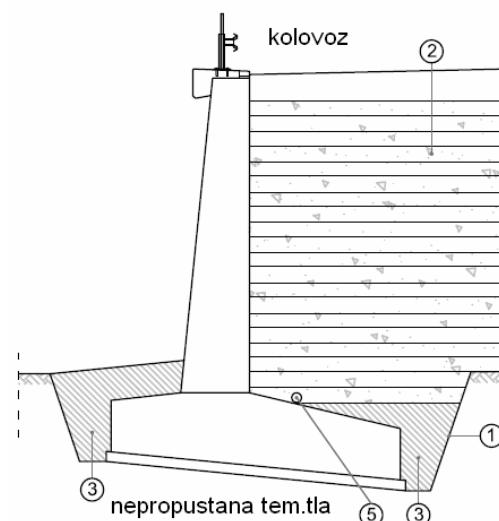
Priklučak zalednjog zasipavanja može se izvesti na dva načina:

- potporna konstrukcija izvodi se u cijelosti prije početka građenja nasipa; izgradnja nasipa ili zasipa izvodi se naknadno u slojevima po čitavoj širini nasipa sa direktnim priključenjem na zid potporne konstrukcije; u ovom slučaju slojevi se izvode u polovini debljina, a zbijanje se vrši sa lakšim strojevima za komprimiranje; ako se nasip radi iz koherentnog materijala, onda se uz zid izvodi 1 m širok pojas iz odgovarajućeg filterskog materijala koji se brine za odvodnjavanje vode iz zaledja (slika 10.13) i u slučaju da se gradi nasip iz nekoherentnog dobro propusnog materijala, filterski sloj (G) uz zaledje zida nije potreban, ugrađuje se samo stabilna drenažna cijev za odvod procjedne vode (slika 10.14).

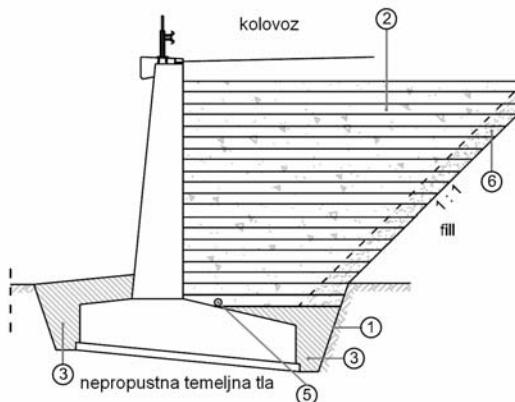


Slika 10.13: Priključak nasipa iz koherentnog zemljjanog materijala za potpornu konstrukciju (1 – iskop, 2 – nasip iz koherentnog materijala, 3 – koherentni nepropusni materijal, 5 – drenažna cijev, 6 – filter)

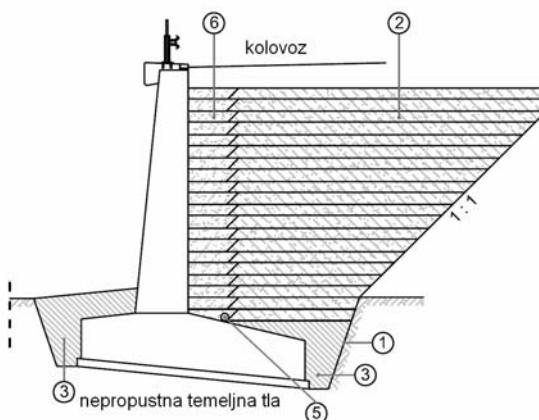
- potporna konstrukcija je odmaknuta od prirodnog zaledja ili nasipa; u ovom slučaju zasipavanje iza zida izvodi se u obliku klinja; ako je zasipni klin iz propusnog materijala onda je izrada filtera potrebna samo u izuzetnim slučajevima i to na granici između prirodnog materijala ili izgrađenim nasipom i zasipnim klinom iz nekoherentnog i za vodu dovoljno propusnog materijala (slika 10.15); ako se zasipni klin izvodi iz koherentnog materijala onda je potrebno izvođenje drenažnog sloja (filtera) uz zid potporne konstrukcije (slika 10.16)



Slika 10.14: Priključak nasipa iz nekoherentnog zemljjanog materijala ka dograđenoj potpornoj konstrukciji (1 – iskop, 2 – zasip iz nekoherentnog materijala, 3 – koherentni nepropusni materijal, 5 – drenažna cijev)



Slika 10.15: Zasipni klin iz nekoherentnog materijala (1 – iskop, 2 – zasip iz nekoherentnog materijala, 3 – koherentni nepropusni materijal, 5 – drenažna cijev, 6 – filter, po potrebi)



Slika 10.16: Zasipni klin iz koherentnog materijala i jednoslojnim filterom (1 – iskop, 2 – zasip iz koherentnog materijala, 3 – koherentni nepropusni materijal, 5 – drenažna cijev, 6 – filter)

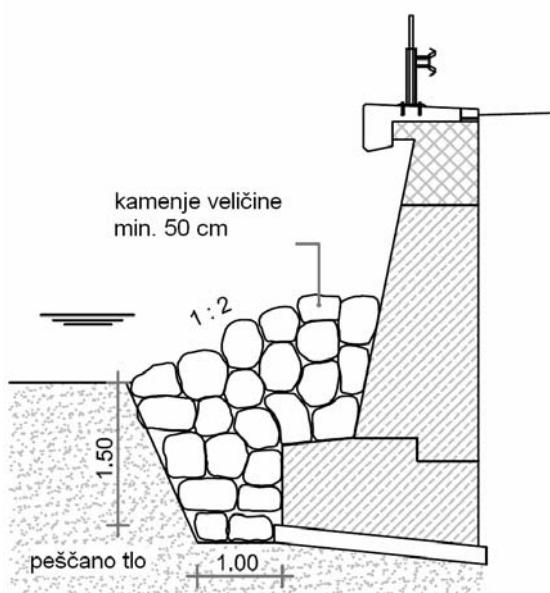
Praktična iskustva kod izvođenja zalednih zasipavanja, su pokazala, da je najjednostavnija i najkvalitetnija izrada zasiipnog klina iz nekoherentnih šljunkovito pjeskovitih materiala koji ne zahtijevaju izgradnju dodatnog filtera za odvod procijedne vode.

Značajnu ulogu kod izvođenja zasipavanja ima samo zbijanje zasutog materijala. Od načina zasipavanja i zbijanja u velikoj mjeri zavisi oblik dijagrama napona odnosno položaj hvatišta rezultante. Slabo zbijanje može prouzrokovati prekomjerna pomjeranja zidova.

10.4 Čelno zasipavanje i osiguranje

Zasuti materijal ispred čelne strane temelja, djelomično i po visini zida treba na odgovarajući način komprimirati u zavisnosti na predviđenu upotrebu površine iznad čelnog zasipavanja. Preporučuje se komprimiranje na 92 - 98 % zbijenosti po standardnom Proctorovom postupku.

U slučaju da je čelna strana gravitacionog zida ispostavljena vodenim tokovima, onda se zasipavanje iznad temelja izvodi na način koji će sprečavati uticaje erozije toka vode. Zasipavanje se izvodi sa većim komadima kamenja, veličine 0,5 m odnosno $0,1 \text{ m}^3$. Kameni blokovi moraju se međusobno dobro uklještiti, pošto povezivanje sa betonom nije poželjno.



Slika 10.17: Detalj obezbijeđenja čelne strane temelja gravitacionog zida na kontaktu sa vodenim tokovima (temeljenje u nekoherentnom temeljnem tlu).

11. OPŠTI POSTUPCI IZGRADNJE GRAVITACIONIH ZIDOVA

U poglavlju su obrađeni postupci, koje treba uzeti u obzir kod građenja svih vrsta gravitacionih zidova kako bi se obezbijedila sigurnost, odgovarajući kvalitet, izgled i upotrebljivost izgađene konstrukcije.

Projektant, na osnovu prethodno pričuvanih geomehaničkih i drugih karakteristika terena, zasnjuje konstrukciju gravitacionog zida. Kod zasnivanja konstrukcije treba uzeti u obzir:

- pouzdanost
- upotrebljivost
- uslove izgradnje
- ekonomičnost
- estetski izgled odnosno prirodne karakteristike lokacije

U tehničkom dijelu projektne dokumentacije treba pripremiti odgovarajuća obrazloženja za date podloge, izbore konstrukcije, dokaze stabilnosti i moguće postupke izgradnje.

Projektant konstrukcije u tehničkom izvještaju i geomehaničar u geološko-geomehaničkim izvještaju moraju upozoriti na sve posebne karakteristike i detalje, na koje mogu naletiti izvođači u toku izvođenja radova (lokacije klizišta, dotok podzemnih voda, maksimalne lokalne nagibe kosina privremenih ukopavanja).

Na osnovu prethodno dobivenih geomehaničkih i hidrauličkih podataka mora projektant provjeriti potrebu i odabrati odgovarajuće mjere za osiguranje stabilnosti predviđenih građevinskih zahvata. Kada su u pitanju zahvati onda treba razlikovati nove zahvate u prostoru kojima se mora obezbijediti odgovarajuća stabilnost i zahvate vezane za sanacije sa kojima se mora obnoviti porušena stabilnost već izvedenih građevinskih intervencija ili prirodnih stanja.

Faza, koja slijedi izboru konstrukcije, je provjeravanje da li se izabrana konstrukcija može izvesti na predviđenoj lokaciji. Pored izvedenih analiza stabilnosti i izrađenih nacrtova, projektant je obavezan da izradi i odgovarajuće provjere okvirnih tehnoloških ishodišća za građenje zida. Kod tehnoloških ishodišća treba analizirati sve postupke, koji su potrebni za izgradnju određenog gravitacionog zida. Treba predvidjeti:

- moguće prilazne puteve
- radne platforme za građenje
- tehnologiju izvođenja zemljanih radova sa odgovarajućim osiguranjem
- zaštitu na faktore, koji ometaju građenje (uticaji vodotoka, voda zaleđa)
- obezbijeđenje odvijanja saobraćaja i funkcionisanje ostalih infrastrukturnih tokova
- obavezne tehničke postupke pri pojedinim fazama građenja
- definiciju odgovarajućih detalja i rješenja povezana za te detalje
- zahtjevi vezani za tekuće praćenje kvaliteta materijala i izvođenja radova
- zahtjeve za praćenje geodetske kontrole
- mogućnost kasnijeg održavanja.

Izrada gravitacionih zidova sastavljena je iz više faza, koje su međusobom povezane i moraju pratiti pravilan redoslijed izvođenja. Izvođenje faza treba uskladiti i sa mogućim drugim objektima, koji su u vezi sa izvođenjem gravitacionog zida. Kod planiranja treba posebno uzeti u obzir pojedinačnu sigurnost izrade predmetnog i susjednih objekata te sigurnost i stabilnost čitavog područja sa stanovišta povezanosti i mogućnosti izgradnje svake pojedinačne faze.

Izvođački i tehnički elaborat, radi svoje specifičnosti, izrađuje izvođač radova prije početka izvođenja. Tehnički elaborat mora osigurati projektom predviđeni oblik, kvalitet i trajnost konstrukcije uz poštivanje svih zahtjeva u vezi sa obezbijeđenjem sigurnosti i zdravlja pri radu.

Svaka eventualna odstupanja od projektnih rješenja dozvoljena su samo uz pismenu saglasnost naručioca i odgovornog projektanta.

Pristupni put do radnih platoa mora omogućavati pouzdan i siguran transport radne snage i materijala. Trasa pristupnog puta mora biti sagrađena i utvrđena tako, da njena upotreba ne prouzrokuje nikakve uticaje na stabilnost kosina usjeka i nasipa puta. Širine puta treba prilagoditi terenskim uslovima i vrsti transportnih sredstava odnosno mehanizacije, ali ne treba biti uži od 3,0 m.

Radni plato za građenje mora biti dovoljno širok, da omogućava kvalitetan i siguran rad. Kod širine radnog platoa treba uzeti u obzir potrebnu širinu za postavljanje elemenata oplate, njihovo podupiranje i čuvanje, postavljanje radnih skela te potrebnu radnu

širinu za upotrebu građevinske mehanizacije.

Ovodnjavajuće prilaznih puteva i radnih platoa mora se odmah urediti, da ne bi došlo do nestabilnosti na području gradilišta i optećenja navedenih površina.

Kod iskopa temelja gravitacionih potpornih zidova treba uzeti u obzir projektna rješenja. Otvaranje građevinske jame može se izvesti najviše u dužini jedne radne kampade, odnosno maksimalno u obimu koji dozvoljava projekt. Iskop zaleđa treba izvoditi u takvom obimu koji obezbijeđuje odgovarajuću stabilnost iskopane kosine. U slučaju da izvođač mora, iz objektivnih razloga, izvesti iskop u većem nagibu od nagiba koji je po projektu propisan, onda se mora pobrinuti za odgovarajuću zaštitu, koja obezbijeđuje istu sigurnost. Ove promjene mora ovjeriti odgovorni projektant.

U slučaju temeljenja u vodi treba predvidjeti odgovarajuću zaštitu od tokova vode. Zaštitu mora obezbijevati sigurnost radnog platoa uz istovremeno sprečavanje štetnih uticaja toka vode na konstruktivne elemente zida.

Prije izvođenja podbetona, iskopanu građevinsku jamu mora preuzeti odgovorni geomehaničar, koji u slučaju odstupanja od projektom predviđenih karakteristika temeljnog tla propisuje odgovarajuće mјere (zamjena slabo nosivog tla sa zasipom ili mršavim betonom, upotrebu drugih mehaničkih ili kemijskih postupaka za poboljšanje tla). Za geometrijski pravilno izvođenje temeljenja zaduženi su izvođači i odgovorni nadzorni organ.

U slučaju temeljenja na prirodnoj podlozi potrebno je dubinu usjeka u stjenovitu – brdsku podlogu prilagoditi kvalitetu tla. Najmanje ukopavanje u stjenovito tlo mora biti 0,50 m. Prije betoniranja mora se površina stijenske mase dobro očistšiti u cilju postizanja što boljeg spajanja temelja i stijenske podloge.

Privremene kosine kod izgradnje potpornih zidova, prije svega u prekonsolidovanim prirodnim materijalima, koji u slučaju padavina upijaju vodu sa čime izgube znatan dio odpornosti i mogu postati nestabilni, treba obezbijevati sa zaštitnom nepropusnom folijom.

U slučaju potencijalne lokalne nestabilnosti (prije svega u mekim stijenama) treba kosine zaštititi sa brizganim betonom i pasivnim sidrima.

Kod postavljanja oplate za gravitacioni zid treba voditi računa o upustvima iz projekta koji se odnose na upotrebu odgovarajućeg kvaliteta elemenata za oplatu. Kvalitet upotrebljene oplate zavisi od položaja strane zida i dodatne obrade vidnih površina.

Armatura AB gravitacionih zidova ugrađuje se prema projektu. Pri polaganju armature treba paziti na zaštitni sloj betona, koji mora iznositi na zasutim površinama 5 cm, kod nezasutih 4,5 cm. Za obezbjeđenje zaštitnih slojeva obavezna je upotreba distancera koji se rade iz materijala koji imaju iste karakteristike kao beton (betonski ili iz betonskih vlakana).

Betoniranje gravitacionih zidova može odpočeti tek nakon preuzimanja armature koju obavlja nadzorni organ. Preporučuje se betoniranje sa što manjim brojem radnih spojeva. U koliko su ti spojevi neophodni iz tehnoloških razloga ili visine zida, onda treba i radne spojeve uraditi kao vodonepropusne.

Sučeljene spojnice između pojedinih kampada izvode se u skladu sa smjernicom PS 1.2.9. Posebnu pažnju treba posvetiti slučajevima kod kojih nastupa nejednakost nosivosti tla za pojedine kampade. U takvim slučajevima obavezno se izvodi Zub pošto u suprotnom primjeru postoji velika vjerovatnoća da će doći do pomjeranja između pojedinih kampada.

U primjeru izrade potpornih gravitacionih zidova koji se nalaze ispod kolovoza, onda se konstrukcije izvode po kampadama do visine krune. Završni dio objekta koga prestavlja odgovarajući rubni vijenac sa zaštitnom ogradom izvodi se u cijelosti kao završna faza.

Zasipni materijaliza zaleda ugrađuje se u skladu sa opisanim postupcima. Izrada zasipa sa odgovarajućim komprimiranjem može se izvoditi tek nakon postizanja dovoljne čvrstoće betona ugrađenog u gravitacioni zid.

Svi elementi odvodnjavanja na leđnoj strani gravitacionih zidova moraju se izvesti u skladu sa propisanim postupcima. Njihovo zasipanje se dozvoljava tek nakon potvrde nadzornog organa da su urađeni u skladu sa projektom.

12. PRAĆENJE, OBEZBJEĐENJE KVALITETA I ODRŽAVANJE GRAVITACIONIH ZIDOVA

12.1 Praćenje i obezbjeđenje kvaliteta u toku građenja

Za obezbjeđenje kvalitetnog i sigurnog gravitacionog zida moraju se ispuniti uslovi u pogledu angažovanja osposobljenog izvođača i odgovarajućeg stručnog nadzora.

Međusobna saradnja, izvođača i nadzora je uslov da se izgradnja obavlja po pravilnom redoslijedu koji jamči odgovarajući kvalitet i ispunjavanje terminskih planova izgradnje.

Zadatak odgovornog nadzornog organa je da obavlja nadzor na:

- da se gravitacioni zid gradi u skladu sa ovjerenom i revidovanom projektnom dokumentacijom,
- da se u projekt za izvođenje odmah unose sve promjene i dopune koje nastaju u toku građenja i da se sa takvim promjenama slaže investitor i projektant
- da je kvalitet ugrađenih građevinskih i drugih proizvoda, instalacija, tehnoloških naprava i opreme te upotrebljeni postupci potvrđeni sa odgovarajućim dokazima,
- da izgradnja protjeće u skladu sa dogovorenim rokovima i terminskim planom.

Odgovorni nadzorni organ mora svakodnevno upisivati zapažanja u građevinski dnevnik.

Osnovni uslov za pravilan položaj u prostoru dimenzija gravitacionog zida je pravilno i na odgovarajući način izvršeno iskolčavanje karakterističnih točaka gravitacionog zida. Iskolčavanje obavlja odgovorni geometar izvođača radova. Primopredaja iskolčavanja izvodi se zapisnički, koga ovjerava odgovorni geometar, odgovorni prestavnik izvođača i nadzorni inžinjer.

U okviru preuzimanja građevinske jame potrebno je provjeriti eventualna odstupanja stvarnog stanja od stanja koji je predviđen projektnom dokumentacijom. Preuzimanje obavlja odgovorni nadzorni inžinjer za građevinske radove i odgovorni geomehaničar. U koliko su odstupanja tolika da zahtijevaju promjene, onda iste mora potvrditi odgovorni projektant na osnovu podataka koje su pripremili odgovorni geomehaničar i izvođač radova.

Kod izgradnje gravitacionih zidova mora se obezbijediti praćenje izgradnje u skladu sa važećim zakonskim odredbama. Osim odgovornog nadzornog inženjera i odgovornog geomehaničara, preporučljivo je i prisustvo odgovornog projektanta u obliku projektantskog nadzora.

Nadzor prati pravilnost postavljanja oplate, pravilan izbor materijala za oplatu, ugrađivanje armature sa posebnom pažnjom u pogledu kontrole zaštitnih slojeva betona. Potrebna je kontrola izvođenja radnih i dilatacijskih spojeva, privremenih mjera u toku građenja u cilju osiguranja sigurnosti i zdravlja pri radi. Posebnu pažnju nadzor treba posvetiti izvođenju elemenata za odgodnjavanje i ostalih dijelova konstrukcije koji su izgrađeni, a nakon izgradnje nisu vidni. Sve dijelove koji se zasipavaju mora nadzorni organ, prije izvođenja zasipavanja, preuzeti i pismeno potvrditi sa upisom u građevinski dnevnik.

U toku izgradnje stalno treba voditi evidenciju o eventualnim promjenama i dopunama rješenja iz projektne dokumentacije.

U toku praćenja i evidentiranja potrebno je obaveštavati i projektanata dokumentacije izvedenih radova. U cilju efikasnog praćenja izgradnje i pravilnosti u tehničkoj dokumentaciji prikazanih radova, preporučuje se, da se za ovaj dio tehničke dokumentacije na samom početku izvođenja radova izabere i projektant, koji će se brinuti za izradu projekta izvedenih radova.

U toku preuzimanja gravitacionog zida treba provjeriti usklađenost geometrije i kvaliteta ugrađenih materijala sa projektnom dokumentacijom objekta. Neophodno je ustanoviti da li je objekat izrađen na način, koji osigurava sigurnu upotrebu u predviđenom roku trajanja objekta i njegovu usklađenost sa izdatom građevinskom dozvolom.

12.2 Održavanje gravitacionih zidova

Pored kvalitetno izvedenih radova, održavanje objekta spada u uslove koji garantuje sigurnost upotrebe i trajnost konstrukcije.

Osnova za kvalitetno održavanje objekta je odgovarajuća i stručna osposobljenost izvođača radova na održavanju objekta te prethodno izrađen projekat održavanja u kome su navedene sve specifičnosti svakog

objekta za koje izvođač održavanja mora posvetiti pažnju.

Za obezbijeđenje efikasnosti održavnaja potrebno je da izvršilac radova, pored opštih odredbi i upustava, uzme u obzir i specifičnosti pojedinih konstrukcija.

Projekat za održavanje i eksploataciju, koga treba izraditi izvođač radova, prestavlja sistematično uređen zbir slikevog gradiva, nacrta i teksta, koji određuju pravilne intervencije za upotrebu i održavanje gravitacionog zida sa svim pomoćnim objektima i instalacija koja su u njegovom sastavu.

U projektu održavnaja treba navesti sve karakteristične dimenzije konstrukcije, sistem odvodnjavanja te opis i položaj eventualno ugrađenih instalacija. Podatke treba navesti u obliku odgovarajućih crteža i dodatnih objašnjenja u tekstualnom obliku. Ako treba pri nekoj konstrukciji, obratiti posebnu pozornost određenim detaljima ili dijelovima, onda te činjenice treba posebno navesti.

Sastavni dio projekta održavanja je i nulti snimak ugrađenih repera za praćenje deformacija, koje izvođač ugrađuje na projektom predviđena mjesta.

Važniji poslovi kod održavanja gravitacionih zidova su:

- redovna mjerena ugrađenih repera i upoređenje sa nultim mjeranjem, u koliko izmjerena pomjeranja prelaze vrijednost 5 mm, onda mjerena treba izvoditi češće,
- čišćenje elemenata odvodnjavanja zaleđnih i površinskih voda: drenažni sistemi, odvodni sistemi, kanalizacije, površinsko odvodnjavanje u vidu jaraka, mulda i koritnice treba očistiti od nečistoće i osigurati dobru protočnost; posebnu pažnju navedenim elementima treba posvetiti u jesen i proljeće,
- čišćenje objekta poslije završetka zime,
- kontrola pojavljivanja eventualnih pukotina koje su posljedica izvanrednih događanja (prirodne nesreće u obliku potresa, visoke vode, pojava klizišta, saobraćajne nesreće) ili su nastale kao posljedica grešaka koje do sada nisu otkrivene, odnosno zbog starenja objekta.

Kontrolisanje omogućava uspostavljanje određenog nivoa redovnog održavanja te uočavanje i odklanjanje nedostataka koje mogu prouzrokovati veća oštećenja sa većim štetama.

Kontrolisanje – nadzor se sastoji iz slijedećih aktivnosti:

- obavljanje pregleda,
- izrada izvještaja,
- programiranje intervencija za održavanje i sanaciju,
- kontrola kvaliteta izvedenih intervencija na održavanju i sanaciji

Pregledi se dijele prema vremenu i funkciji na:

- tehnički pregled (pri predaji objekta),
- tekući pregledi (uz obilazak trase)
- redovni pregledi nakon istega jedne godine po tehničkom pregledu
- redovni pregledi svake 2 godine,
- glavni pregledi svake šeste (6) godine i nakon prolaska garancije,
- izvanredni pregledi (poslije izvanrednih događanja),
- detaljni pregledi (sa posebnom namjenom).

U garantno vrijeme se pregledi (osim tekućih) obavljaju sa znanjem zvođača odnosno davaoca garancije. O datumu obavljanja pregleda mora biti obaviješten davalac garancije. U garantnom vremenu je izvođač održavanja dužan organizovati izvanredni pregled odmah nakon saznanja o nastanku izvanrednog događanja.

12.2.1 Tehnički pregled (početni, prvi pregled uz predaju objekta)

Tehnički pregled se izvodi u skladu sa važećim Zakonom o izgradnji objekata. Obavlja ga pristojni organ koji je izdao građevinsku dozvolu. Pri pregledu se konstatiše sledeće:

- da li je objekat izведен u skladu sa građevinskom dozvolom,
- da li se iz dokaza o pouzdanosti objekta može zaključiti, da je objekat izведен u skladu sa građevinskim propisima koji se obavezno primjenjuju u toku građenja,
- da li se iz dokaza o pouzdanosti objekta može zaključiti, da su u toku građenja primijenjene sve mjere koje će spriječiti odnosno smanjiti na najmanju mjeru uticaje, koje može prouzrokovati objekat sam po sebi odnosno sa upotrebom u svojoj okolini,

- da li su instalacije, tehnološke naprave i ostala oprema kvalitetno ugrađene, da li ispunjavaju propisane parametre uzimajući u obzir tehnološki proces, sigurnost i zdravlje pri radu, sigurnost pred požarom i čuvanje okoline,
- da li postoji odgovarajući dokaz o pouzdanosti objekta, koji je urađen u skladu sa odredbama Zakona o izgradnji objekata,
- da li su upustva za održavanje i upotrebu objekta urađena u skladu sa odredbama Zakona o izgradnji objekata,
- da li je u skladu sa geodetskim propisima urađen geodetski nacrt novoga stanja zemljišta i novo izgrađenih objekata.

Potrebno je napraviti nulti nivelmanski zapisnik o očitavanju repera, koga treba priložiti uz projekat održavanja.

12.2.2 Tekući pregledi

Tekuće preglede obavljaju ophodari puta uz redovni obilazak trase najmanje jedanput mjesечно.

Termin:
Najmanje jednom mjesечно u okviru obilaska trase.

Namjena:
Ustanoviti i odstraniti one greške koje ugrožavaju saobraćaj.

Obseg i način:
Vizualno uočavanje grešaka na opremi objekta (ograda, odvodnjavanje, eventualna korozija) te odklanjanje manjih nedostataka (prije svega u smislu čišćenja).

Dokumentacija:
O izvedenim pregledima vodi se pismena evidencija u knjizi održavanja objekta, u slučaju većih grešaka i oštećenja potrebno je obavijestiti nadložnog upravitelja puta.

Izvođač pregleda:
Putni ophodar – srednja stručna spremna i položen kurs za ophodara – kontrolora.

12.2.3 Redovni pregledi

Termin:
Prvi redovni pregled izvodi se u prvoj godini po tehničkom prijemu objekta, ostali redovni pregledi izvode se svake dvije godine, osim ako je u istoj godini na redu glavni pregled.

Namjena:

Pregledati sve dijelove opreme i nosivog sistema, koji su dostupni bez posebnih naprava. Namjena mu je da se otkriju sve pojave koje ugrožavaju sigurnost saobraćaja, te oštećenja ili štetne pojave na konstrukciji koja mogu ugroziti sigurnost, upotrebljivost i trajnost objekta.

Obseg:

- ustanoviti sve promjene na čitavom objektu od zadnjega pregleda,
- ustanoviti stanje objekta i pojedinih sklopova sa razlikom u pogledu početnog stanja kvaliteta,
- izvesti mjerena mogućih većih deformacija na objektu,
- izvesti visinsku i situacionu povezanost repera te rezultate unijeti u pripremljeni reperski obrazac,
- predlagati eventualne mjere za dodatno ispitivanje,
- pregledati mjere održavanja

Način:

Radovi se izvode vizualno ili jednostavnijim ispitivanjima (sklerometriranjem, kucanjem, geodetskim mjeranjem).

Oprema za mjerjenje:

Kontrola kvaliteta betona se određuje sa sklerometrima. Pomjeranja repera treba mjeriti sa geodetskim instrumentom ili metodama koje osiguravaju tačnost $\pm 1 \text{ mm}$.

Dokumentacija:

Obavezno se vodi zapisnik o pregledu. Upisuju se opšti podaci, stanje objekta i njegovih sklopova (opreme i nosive konstrukcije) sa predviđenim odgovarajućim mjerama.

Izvođač pregleda:

Ekipa pod vodstvom stručnjaka sa visokom stručnom spremom, položenim stručnim ispitom i odgovarajućom praksom. U garantnom roku, pregledima treba prisustovati i prestavnik izdavača garancije.

12.2.4 Glavni pregled**Termin:**

Svakih 6 godina i nakon isteka garancije.

Namjena:

Cilj i sadržaj pregleda je isti kao kod redovnih pregleda, s tim da je obim pregleda povećan. Potrebno je pregledati i teže dostupna mesta za što se moraju upotrijebiti odgovarajuće naprave za pristup (stopeće ili viseće skele ili posebno vozilo sa platformom ili košarom).

Odkopavanje zasutih površina izvodi se samo u slučaju kada postoji sumnja za oštećenja koja su mogla nastati zbog prodiranja vode, pojave deformacija, pukotine i sličnih pojava.

Kod svakog glavnog pregleda treba izvršiti merenja repera, a izmjerene visine unijeti u reperski obrazac.

Izvođač pregleda:

Ekipa pod vodstvom stručnjaka sa visokom školskom spremom, položenim stručnim ispitom koji je posebno osposobljen za preglede i ocjenjivanje gravitacionih zidova. Prema potrebi sarađuje i stručna institucija koja obavlja specijalna mjerena i ispitivanja.

12.2.5 Izvanredni pregledi

Vrše se uz ili po pojavi izvanrednih stanja kao što su:

- elementarne nesreće (potres, izvanredni dotoci vode, visoke vode, izvanredne temperature, požar na objektu ili u njegovoj neposrednoj blizini),
- teže saobraćajne nesreće i udari vozila u objekat,
- ako se u toku redovnog ili glavnog pregleda ustanovi pomjeranje reperskih tačaka za više od 5,0 mm; u tom slučaju se intenzitet mjerena povećava na vremenski period 6 mjeseci, odnosno 4, 3 ili 1 mjesec što zavisi od veličine prirasta pomjeranja.

Obseg i cilj pregleda zavisi od vrste i obsega oštećenja odnosno razloga za pregled.

12.2.6 Detaljni pregled

Detaljni pregled služi kao osnova za ocjenu stvarnog kvaliteta i sigurnosti cijele konstrukcije ili kao osnova za način rehabilitacije objekta. Pregled se izvodi u sljedećim slučajevima:

- ako postoji dvoumljenje u odgovarajući kvalitet, nosivost ili sigurnost,
- kada se očekuju povećana opterećenja ili izvanredni tereti,
- ako su redovni i glavni pregledi ustanovili potrebu za izvođenja rehabilitacije objekta,
- ako su u pitanju sutski sporovi ili drugi slični slučajevi.

Obseg i sadržaj detaljnog pregleda zavisi od uzroka koji zahtijevaju njegovo izvođenje.

Težište pregleda je na vizualnom pregledu objekta i na konkretnim ispitivanjima konstrukcije (statičko i dinamičko ispitivanje)

te ispitivanjima karakterističnih dijelova konstrukcije i njenih materijala.

Pregled obavlja stručna institucija koja posjeduje opremu i stručnjake za potrebe ispitivanja te znanje za pravilno tumačenje rezultata. U izvještaju se moraju navesti rezultati svih vanrednih mjerena i predviđeni odgovarajući zaključci.

12.3 Radovi na održavanju

Velika opterećenja sa pritiscima zemlje, saobraćajna opterećenja, pojave erozije i mjere za održavanje voznog stanja puteva (solenje) su uzroci koji gravitacione zidove svrstavaju u kategoriju opterećenih objekata. Smanjenje nabrojenih uticaja ima bistveni značaj za vijek trajanja objekta.

Uz radove za održavanje spadaju, pored čišćenja objekta i opreme, zamjene istošenih dijelova opreme i svi oni radovi koji ne zadiru u konstrukciju objekta.

Obim radova na održavanju (osim redovnog čišćenja) određuje se na osnovu prije nabrojanih pregleda.

O održavanju objekta mora izvršilac voditi knjigu održavanja, u koju se upisuju sva događanja na objektu (obavljeni radovi na održavanju, pregledi, posebni prevozi i drugi značajni dogotki). Knjiga se mora dostaviti u garantnom roku i isporučiocu garancije.

Svaki objekat treba da ima svoj karton evidencije, koji sadrži slijedeće osnovne podatke:

- naziv objekta,
- ime i prezime projektanta,
- broj projekta,
- naziv izvođača objekta,
- godina izgradnje objekta,
- naziv upravljača objekta,
- godišnji plan tekućih pregleda sa rubrikom u kojoj se vidi kada su bili izvedeni pregledi,
- naziv odgovorne osobe za tekuće pregledе i tekuće radove na održavanju.

Sa primjećivanjem oštećenja na objektu, mora služba za održavanje odmah obavijestiti upravitelja objekta, a u garantnom roku i izvođača objekta.

12.3.1 Redovno čišćenje objekta

Redovno čišćenje objekta uključuje generalno čišćenje dva puta godišnje (u proljeće i u jesen) te dodatno čišćenje na

poziv ophodara puta, ako radovi na čišćenju prevazilaze njegove vlastite mogućnosti. Datum i obim redovnog čišćenja unosi se u kartoteku objekta.

Proljećno čišćenje

Obavlja se po završetku zimske sezone pluženja i posipavanja, odnosno solenja i to u slijedećem obimu:

- pranje površina ispostavljenih solenju,
- čišćenje drenaža,
- čišćenje kanalizacije iza i ispred zida
- čišćenje površinskih elemenata odvodnjavanja (jarnici, mulde, koritnice)
- čišćenje kolovoznih površina, odstranjivanje pijeska u području konstrukcije,
- čišćenje struge vodotoka uz objekat,
- čišćenje dilatacija,
- čišćenje saobraćajne opreme i opreme za osiguranje saobraćaja.

Jesensko čišćenje

Obavlja se pred zimsku sezonu, a sadrži slijedeće radove:

- čišćenje drenaža,
- čišćenje kanalizacije ispred i iza zida,
- čišćenje ispusta drenaže za zidom,
- čišćenje površinskih elemenata odvodnjavanja (jarnici, mulde, koritnice)
- čišćenje kolovozne površine (ulje, odpaci, lišće i druga vegetacija)
- čišćenje struge vodotoka uz objekat
- čišćenje okoline objekta (odstranjivanje rastinja)
- čišćenje dilatacija

Zimsko čišćenje

Kod pluženja snijega u zimskom periodu mora se snijeg u cijelosti odstraniti sa objekta. Svakodnevno topljenje neodstranjenog snijega izaziva štetna zamakanja konstrukcije, koje u saradnji sa soli povećava koncentraciju klorida i nepovoljno utiče na konstrukciju.

Za uklanjanje snijega mora se izabratи najugodniji termin da se ne bi, radi nasilnog uklanjanja smrzutih ostataka, napravila dodatna oštećenja na objektu.

10.3.2 Dodatno čišćenje

Izvodi se na poziv ophodara puta i odklanjaju uzroci poziva (saobraćajne nezgode, prirodne nepogode i slično).