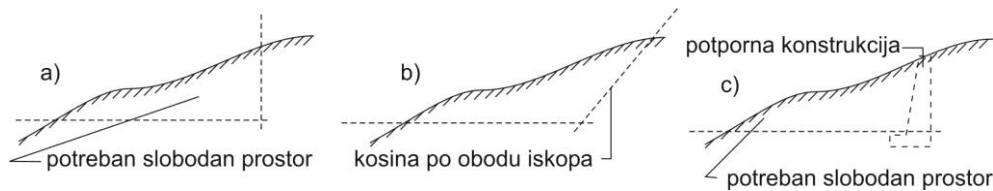


I POTPORNE KONSTRUKCIJE

I.1 UVOD

Potporne konstrukcije su građevinski objekti čiji je osnovni zadatak da podupiru ili sprečavaju od urušavanja strme zaseke terena, kao i materijal u nasipu, Slika 1. One omogućavaju da spoljašnje lice terena bude izvedeno pod strmijim nagibom od prirodnog nagiba tla. Značajno su skuplje u odnosu na varijantu da kosina bude izvedena pod nagibom koji omogućava njeno stabilno lice, ali je njihov izbor nekada neminovan zbog nedostatak prostora.



Slika 1. a) Neophodno zasecanje terena; b) kosina koja omogućava stabilnost terena; c) potporna konstrukcija koja omogućava stabilnost terena

Potporne građevine su stare koliko i graditeljstvo. U početku su građene sa zadatkom da se sačuva plodno zemljište, zaštite i osiguraju kuće, naselja i čitavi gradovi. Kasnije je njihova uloga postajala sve značajnija, a primena višestruka i skopčana sa najsloženijim radovima i problemima u graditeljstvu.

Izgradnja potpornih konstrukcija omogućava:

- stvaranje slobodnog prostora za izgradnju objekata visokogradnje ili saobraćajnica
- osiguranje nasipa pri regulaciji vodotoka
- sanaciju nestabilnih terena i padina, odnosno sanaciju klizišta
- osiguranje stabilnosti tla pri naglim visinskim razlikama na terenu
- osiguranje nasipa kojima se ostvaruje pristup na mostovima (obalski stubovi mostova)
- da se u urbanim sredinama, u skućenim prostorima za gradnju objekata sa više podzemnih etaža mogu graditi u njima parkirališta, trgovački centri, podzemni depoi, skladišta itd.
- osiguranje nasipa na saobraćajnicama
- izrada kejskih zidova na pristaništima
- formiranje skladišta za, međusobno odvojene, rastresite materijale (pesak, šljunak, tucanik, ugalj...)
- izradu bazena različitih namena
- izradu zagata, zaštitnih zidova u rečnom toku koji štite temeljnu jamu od udarne snage vode.

Potporne građevine preuzimaju opterećenje od pritisaka tla i vode, kao i uticaje statičkog i dinamičkog opterećenja koje se može naći u njihovom zaleđu. Bočni pritisak tla iza građevine, u zavisno od veličine njenog pomeranja, može biti u rasponu od maksimalnog (u stanju mirovanja) do minimalnog (aktivnog pritiska tla). Kad god je to moguće, treba izbeći hidrostatički pritisak jer on stvara veliko horizontalno opterećenje. Iz tih razloga, posebnim drenažnim merama se odvodi voda koja se skuplja iza potporne građevine.

U zavisnosti od namene, ovi objekti mogu biti građeni kao trajni ili privremeni, kruti ili savitljivi, masivni ili raščlanjeni, montažni ili liveni na licu mesta.

PODELA POTPORNIH KONSTRUKCIJA

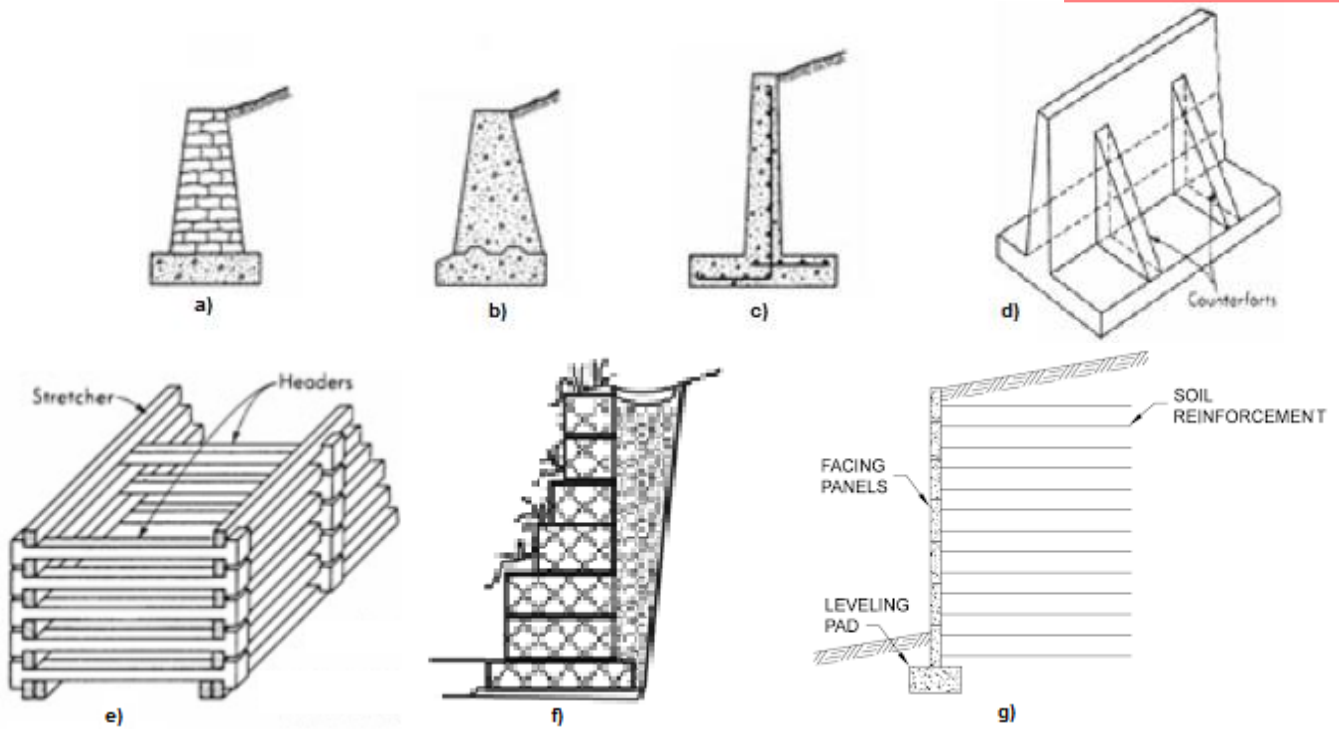
Široka primena potpornih konstrukcija uticala je na formiranje različitih tipova ovih konstrukcija, koje odgovaraju pojedinim namenama. Njihova podela se može vršiti na različite načine.

Podela prema načinu gradnje

- zasipane potporne konstrukcije
- ugrađene potporne konstrukcije
- specijalne potporne konstrukcije

Zasipane potporne konstrukcije se mogu graditi samo ako u fazi njihove gradnje postoji slobodan prostor, odnosno ukoliko tlo ne vrši pritisak na njih. U ovu grupu spadaju različite vrste potpornih zidova: masivni zidani, masivni betonski, armiranobetonski, montažni, gabionski i potporni zidovi od armirane zemlje. Posle završetka, ili tokom izgradnje, vrši se zasipanje njihovog zaleđa zemljanim materijalom, pa su po tome ove konstrukcije i dobile ime.

Potporni zidovi, nezavisno od oblika i materijala od kog su građeni, opterećenje preuzimaju svojom masom (gravitacione građevine) i prenose ga na podlogu. Za savladavanje većih visina mogu se dodavati sidra, zatege ili kontrafori. Potporni zidovi se mogu graditi kao krute jedinstvene celine (zidani, betonski gravitacijski, armiranobetonski i zidovi sa kontraforima) ili kao fleksibilne konstrukcije iz elemenata (od prefabrikovanih betonskih elemenata, gabiona i armiranog tla).



Slika 2. Zasipane potporne konstrukcije – potporni zidovi: a) masivni zidani, b) masivni betonski, c) armiranobetonski, d) armiranobetonski sa kontraforima, e) od prefabrikovanih betonskih elemenata, f) od gabiona, g) od armiranog tla

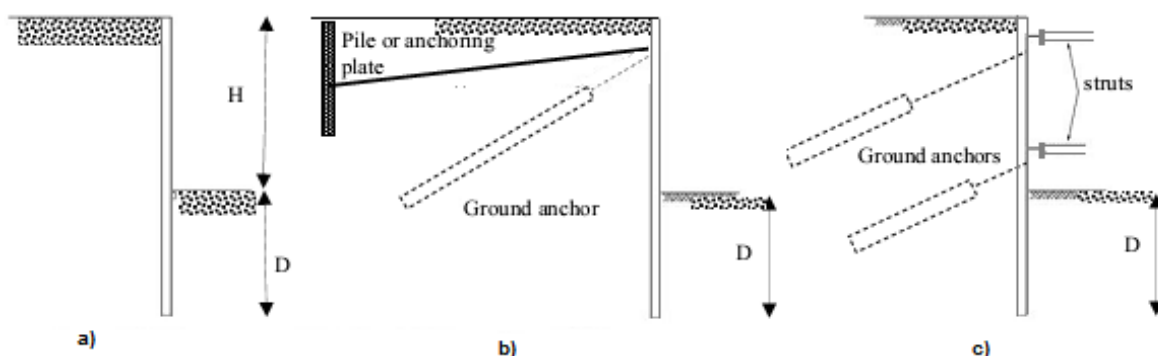
Kontrafori se mogu dodavati na konzolnu ploču zida sa prednje ili zadnje strane (kao na Slici 2.d) i imaju ulogu da ukrute konstrukciju.

Prefabrikovane armiranobetonske grede, koje mogu biti ravne ili sa proširenjima na krajevima, slažu se tako da formiraju otvorenu prostornu rešetku (Slika 2.e)). Dobijeni boksovi između greda se ispunjava šljunkom ili drobinom kako bi se postigla dovoljna težina zida i ujedno dovoljna vodopropustljivost radi efikasne drenaže.

Posebnu vrstu potpornih zidova predstavljaju gabioni (Slika 2.f)). Od pocinkovane čelične žice prave se korpe oblika kvadra, koje se na ivicama ojačavaju šipkama okruglog čelika prečnika $\varnothing 6$ do $\varnothing 10$ mm. Korpe se, jedna za drugom, pune krupnim, ređanim, lomljenim kamenom sve dok se ne postigne potrebna visina zida.

Potporni zid od armiranog tla (Slika 2.g)) je građevina koja je uklopljena u nasip i sa njim čini jedinstvenu celinu. Kao celina predstavlja gravitacioni, savitljiv zid. Kako bi se izbegao hidrostatički pritisak vode nasip se u području armiranja najčešće izvodi od nekoherentnog materijala. Zatežuće sile u nasipu se preuzimaju "armaturom" koja se u tlo ugrađuje tokom izrade nasipa, a može biti u vidu metalnih traka, geotekstila ili geomreža. Lice zida od armiranog tla najčešće čini betonska obloga, koja nema nosivu, već samo estetsku funkciju.

Za izgradnju ugrađenih potpornih konstrukcija ne treba da postoji slobodan prostor za njihovu izgradnju, već se one posebnim tehnologijama izvode neposredno u tlu. Grade se pre ili tokom iskopa tla pored njih. Zbog toga se mogu izvoditi i u okolnostima koje su nepovoljne za izgradnju zasipanih potpornih konstrukcija, na primer u neposrednoj blizini postojećih zgrada ili ispod nivoa vode itd. Uglavnom su novijeg datuma a obuhvataju: zidove od vertikalnih zabijenih talpi (prijobi), armiranobetonske dijafragme i kontinualne zidove od zabijenih ili bušenih šipova.

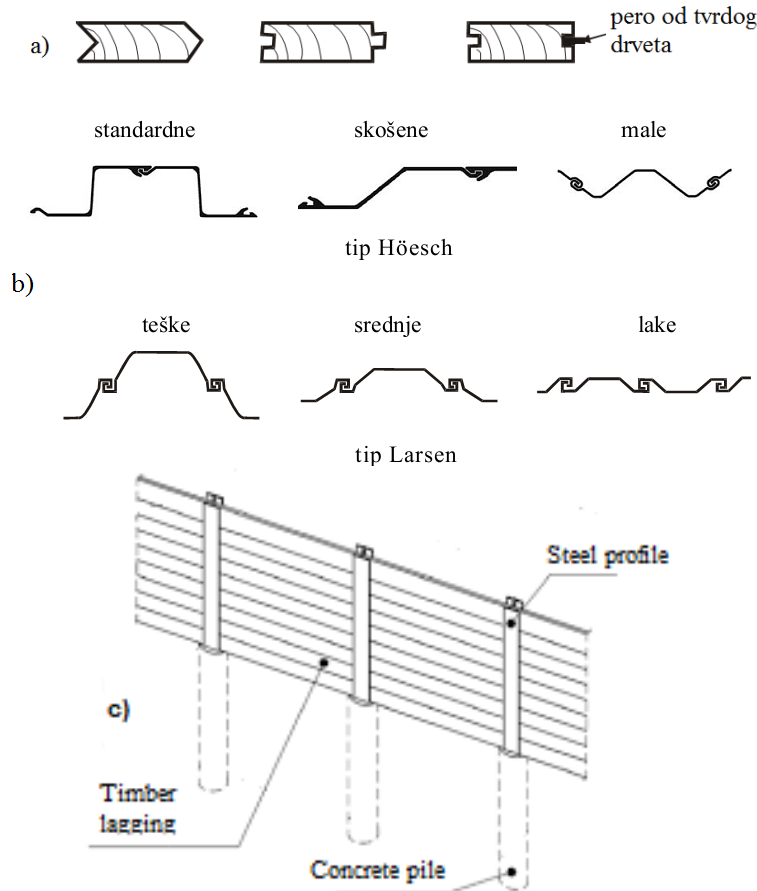


Slika 3. Ugrađene potporne konstrukcije a) uklještena u tlo, b) sa zategom ili ankerom, c) sa ankerima ili podupiračima

Vertikalni, savitljivi zaštitni zidovi (ugrađene potporne konstrukcije) su pomerljive građevine, što dovodi do pojave aktivnih i pasivnih pritisaka tla. Delovanje aktivnih pritisaka sa zadnje strane zida dovodi do pomeranja zida u pravcu aktivnih pritisaka i do pojave otpora tla sa prednje strane koji se suprotstavljaju pomeranju zida. Aktiviranje

otpora tla, u punoj meri, zahteva veliku deformaciju tla, odnosno veliko pomeranja zida, što može biti nedopustivo. Zato kod ovih građevina treba uskladiti dozvoljene vrednosti pomeranja zida i veličine aktiviranog pasivnog pritiska (otpora tla).

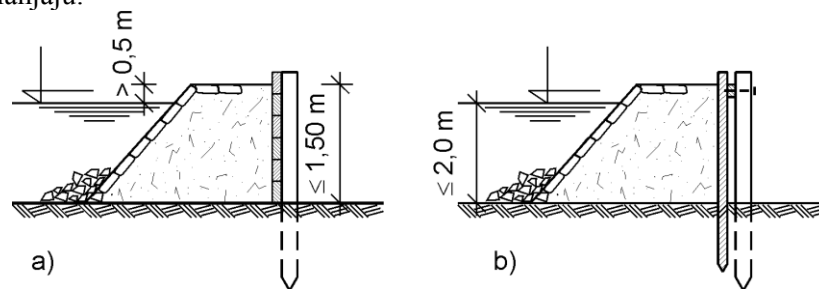
Ugrađene potporne konstrukcije mogu biti izvedene kao armiranobetonske dijafragme, zavese od šipova, priboji od zabijenih drvenih, armiranobetonskih ili čeličnih talpi, zidovi od horizontalnih talpi (Berlinska podgrada), kao i ankerovane (sidrene konstrukcije).



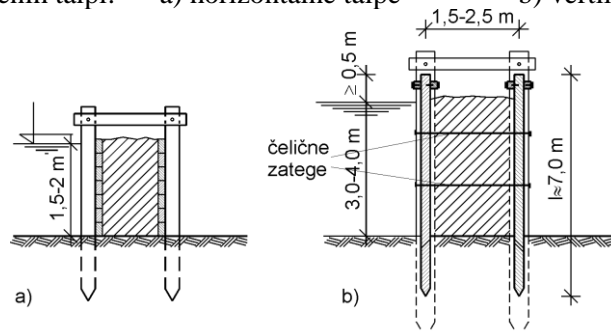
Slika 4. Talpe za izradu ugrađenih potpornih konstrukcija: a) od drveta, b) od čelika, c) Berlinska podgrada

U specijalne potporne konstrukcije se mogu ubrojiti zagati, galerije i raznovrsne ankerovane konstrukcije.

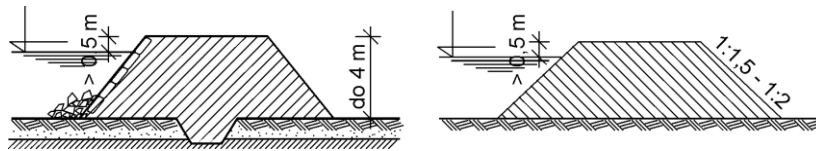
Kada običan priboj od drvenih, čeličnih ili betonskih talpi ne može biti dovoljna zaštita, izvodi se zaštita u vidu zagata - kombinacija zidova i nasipa ili samo u vidu masivnog nasipa. Zagati su potporne građevine koje služe kao zaštita temeljnih jama koje se moraju izvoditi u dubokoj vodi. To su privremne građevine koje se po završenom građenju u temeljnoj jami uklanjaju.



Slika 5. Zid zagata od drvenih talpi: a) horizontalne talpe b) vertikalne talpe



Slika 6. Drveni zagat sa dvostrukim zidom od a) horizontalnih talpi b) vertikalnih talpi (priboji)



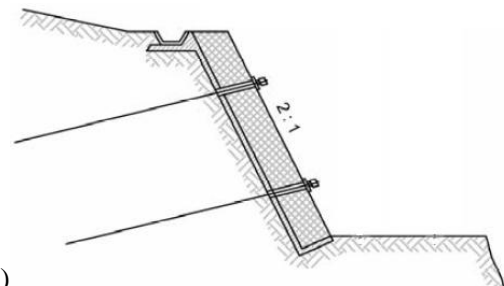
Slika 7. Zagati od zemljanog materijala (primer sa Nišave)

Galerije su građevinske konstrukcije slične tunelima, gde je spoljna strana izvedena sa otvorima koji omogućavaju osvetljenost unutrašnjosti. Mogu se izvoditi kao zasipane ili ugrađene potporne konstrukcije a koriste se za zaštitu od odrona ili kao potporna konstrukcija za stensku masu iznad galerije.

Sidrene (ankerovane) potporne konstrukcije imaju funkciju da povežu spoljašnje lice tla sa stabilnom masom u zaleđu putem sidara učvršćenih u stabilno tlo iza potencijalnog aktivnog kliznog klina. Sidra su nosivi elementi ugrađeni u unapred izvedene bušotine u tlu ili steni. Na površini tla, uz sidra postoji nosiva građevina koju mogu činiti pojedinačni blokovi, grede, roštilji, ploče ili ljske. Ovde nema hidrostatičkog pritiska, jer je vodi omogućeno slobodno isticanje na površinu.



a)



b)

Slika 8. a) Galerija; b) Sidrena (ankerovana) konstrukcija

Podela prema vrsti materijala

- konstrukcije od kamena (zidani gravitacioni zidovi i gabionski zidovi)
- konstrukcije od betona (betonski gravitacioni zidovi)
- konstrukcije od armiranog betona (armiranobetonski zidovi, zidovi od prefabrikovanih armiranobetonskih elementa, armiranobetonske dijafragme)
- konstrukcije od kamena i betona kombinovano
- konstrukcije od sintetičkih materijala (potporni zidovi od armiranog tla).

Podela prema krutosti

- krute potporne konstrukcije (zidani, betonski i armiranobetonski potporni zidovi)
- savitljive potporne konstrukcije (gabionski i zidovi od prefabrikovanih elemenata i armiranog tla, kao i uglavnom sve vrste ugrađenih potpornih konstrukcija).

Podela prema načinu preuzimanja i prenošenja opterećenja

- trenjem po kontaktu potporne konstrukcije i podloge (sve vrste potpornih zidova)
- aktiviranjem otpora tla sa prednje strane konstrukcije (sve vrste ugrađenih potpornih konstrukcija)
- razupiračima, zategama i ankerima (ugrađene potporne konstrukcije sa dodatkom razupirača, zatega ili ankera i sidrene potporne konstrukcije).

Podela prema Evrokodu 7

- masivni (gravitacioni) zidovi (zidovi od kamena, nearmiranog i armiranog betona, sa osnovom temelja sa proširenjem ili bez proširenja, sa ili bez kontrafora)
- potporne konstrukcije ugrađene (usađene) u tlo (tanki zidovi od čelika, betona, armiranog betona, sa ili bez usidrenja, sa ili bez razupiranja, armiranobetonske dijafragme)
- složene potporne konstrukcije koje uključuju različite kombinacije iz prethodne dve vrste.

I.2 ZASIPANE POTPORNE KONSTRUKCIJE - POTPORNI ZIDOVI

Uvod

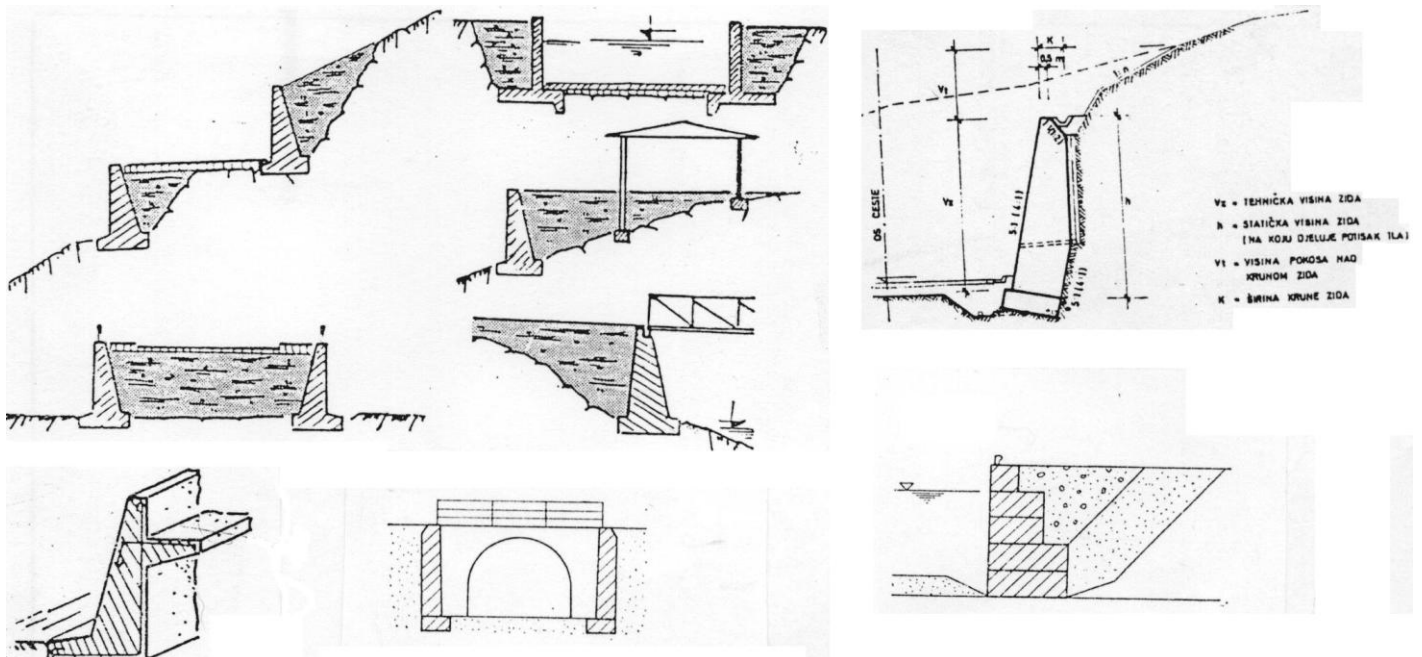
Potporni zidovi su građevine kojima se vrši podupiranje strmih ili vertikalnih kosina u terenu ili nasutom materijalu. Opterećeni su zemljanim pritiskom, koji može biti pritisak materijala zaseka ili nasipa. Za izradu potpornih zidova koriste se različiti materijali, zavisno od namene, lokacije i konstruktivnog rešenja.

Za izgradnju potpornih zidova je potrebno osloboditi prostor na kojima se mogu nesmetano graditi, da bi se posle završetka izgradnje prostor iza zida zasuo nekim pogodnim zemljanim materijalom. Ako se takvi zidovi koriste u usecima ili zasecima, u kojima treba potkopati kosinu da bi se oslobodio prostor za izgradnju zida, onda treba osigurati da se zasecanjem kosine ne izazove njena lokalna nestabilnost ili pokrene klizište. U tom slučaju kosina se zaseca samo za deo zida, obično u dužini približno jednakoj visini zasecanja. Takav segment potpornog zida naziva se kampadom.

U jednoj kampadi treba izgraditi zid i završiti zasip tlom u njegovom zaleđu pre nego što se zaseče susedna kampada. Da bi se ubrzali radovi na zasecanju i izgradnji zida, mogu se zasecati prvo neparne kampade, dok se parne zasecaju tek kad je u neparnim završena izgradnja zida sa zasipom.

Potporni zid treba da bude tako rešen, da naprezanja u materijalu zida, kao i u temeljnom tlu, ne prelaze dozvoljene granice, i da postoji potrebna sigurnost obzirom na kliženje i preturanje. Od materijala za njihovu izradu se danas najčešće koriste beton i armirani beton, a zatim kamen (ranije se uglavnom koristio kamen). Savremeni potporni zidovi mogu da se grade i od montažnih armiranobetonskih elemenata. Kod upotrebe kamena, betona i montažnih elemenata, svi zahtevani uslovi se postižu korišćenjem njihove masivnosti tj. njihove sopstvene težine. Kod armiranobetonskih potpornih zidova, zahtevani uslovi se postižu izborom odgovarajućeg oblika zida, pri čemu se dozvoljava i naprezanje na savijanje.

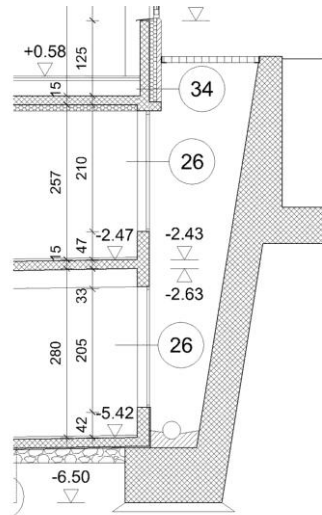
Potporni zidovi imaju vrlo široku primenu u građevinarstvu, a posebno kao prateći objekti na saobraćajnicama, kao obalni stubovi mostova, koriste se kod hidrotehničkih objekata, kod skladišta u lukama, kod uređenja površina u naseljima i industrijskim zonama.



Slika 9. Primena potpornih zidova

Sve češće korišćenje skupih i skućenih urbanizovanih područja u gradovima, zahteva da se poslovno stambeni objekti sve više grade duboko u tlu. Tako nastaju specifični problemi osiguranja zasečenih bokova i objekata koji se iza njih nalaze (Slika 10.).

Problemi se mogu javiti i pri nekontrolisanoj gradnji na nestabilnim padinama. Širenje naselja (zbog atraktivne lokacije) dovodi do preopterećenja padine i pojave aktiviranja klizišta pa se potpornim konstrukcijama mora vršiti saniranje i rešavanje složenih problema koji tom prilikom nastaju.



Slika 10. Potporni zid kao osiguranje poslovno stambenog objekta

I.2.1 TIPOVI POTPORNIH ZIDOVA

U praksi postoji nekoliko tipova potpornih zidova zavisno od vrste materijala od koga su građeni i načina kako su konstruisani. Svi oni imaju svoje prednosti i nedostatke, a izbor odgovarajućeg tipa zavisi od prirode problema koji se rešava i uslova gradnje. Najopštija podela potpornih zidova ih svrstava u tri velike grupe i to:

- masivni (gravitacioni) potporni zidovi
- armiranobetonski potporni zidovi i
- montažni potporni zidovi

I.2.2 MASIVNI (GRAVITACIONI) POTPORNİ ZIDOVI

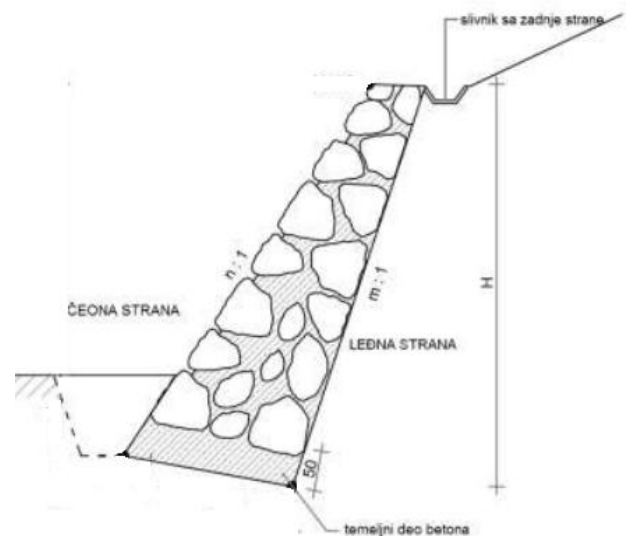
Ova vrsta potpornih zidova je dobila ime po velikoj sopstvenoj masi - težini koja im obezbeđuje stabilnost pri delovanju horizontalnih komponenti opterećenja. Pošto pritisak materijala iz zaleđa zida primaju sopstvenom težinom, znatnih su dimenzija i izrađuju se od kamena ili betona ili u kombinaciji ova dva materijala. Zbog značajnih dimenzija poprečnog preseka javljaju se samo neznatna zatezanja usled savijanja, što može da primi sam materijal zida, tako da nije potrebno ojačanje armaturom. Svojim oblikom i težinom prenose pritiske od tla i korisnog opterećenja na temeljno tlo i koncipirani su tako da rezultanta delovanja sila ostaje u jezgu preseka. Masivni zidovi se upotrebljavaju najčešće kao potporne konstrukcije koje štite padinu iznad saobraćajnice. Dubina fundiranja ovih zidova je mala u odnosu na njihovu visinu.

Kameni gravitacioni zidovi su konstrukcije od kamenih blokova nepravilnog oblika, veličine 0,3 – 0,7m povezanih međusobno betonom u homogenu celinu. Odnos između kamenih blokova i betonske ispune je od 60 : 40 do 30 : 70.

Kameni gravitacioni zidovi su zbog svog prirodnog izgleda (lice od velikih odabranih kamenih blokova) prikladni pre svega za neurbane lokacije na kojima je od značaja njihovo uklapanje u prirodnu okolinu. Za urbana područja su prihvatljive konstrukcije kod kojih su čeone strane obrađene sitnijim kamenom ili se primenjuju druga estetska rešenja.

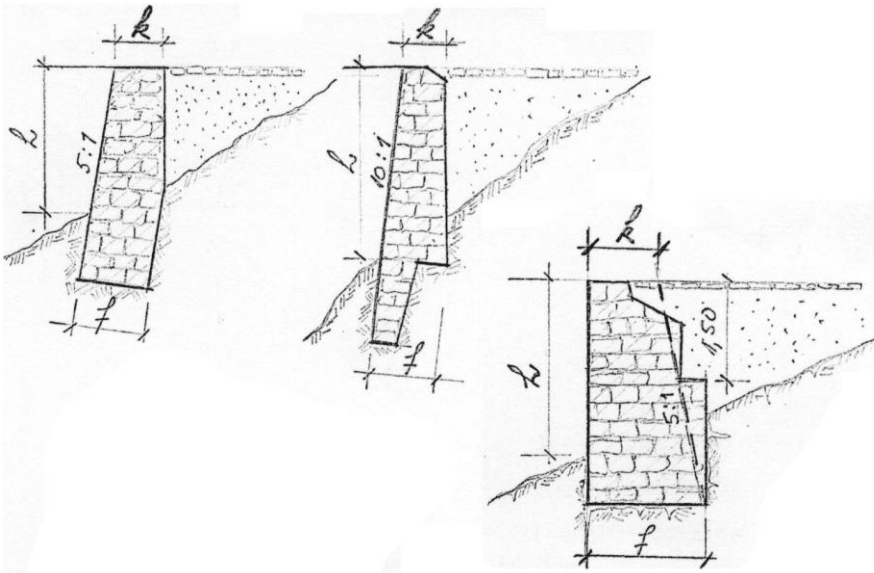
Primenjuju se u slučajevima kada je nagib padine takav da omogućava samo male intervencije na terenu u zaleđu zida jer se ovi zidovi rade bez oplata sa zadnje strane (kontaktno građenje).

Stari kameni potporni zidovi su rađeni od kamena bez betona i imaju 1.5 puta veću zapreminu od zidova koji su rađeni u istim uslovima od kamena zidanjem uz upotrebu betona.



Slika 11. Masivni zid od zidanog kamena i betonske ispune

Slikom 12. date su preporuke odnosa visine zida i nagiba čeone i leđne strane zida za kamene zidove u cementnom malteru.



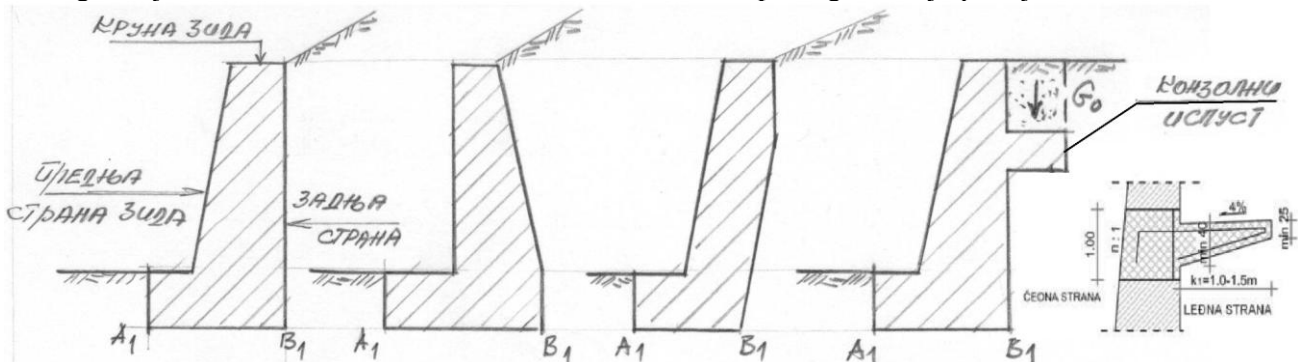
L (m)	НАГИБ					
	5:1		10:1		∞:1	
	k	f	k	f	k	f
1	50	55	65	75	70	90
2	60	80	75	90	80	120
3	70	105	85	105	90	150
4	80	130	95	120	100	180
5	95	155	105	135	115	215
6	105	180	120	155	130	250
7	120	205	135	175	145	285
8	135	230	150	195	160	320
9	150	260	165	215	175	355
10	165	290	180	240	190	390

Slika 12. Tipovi potpornih zidova od kamena u cementnom malteru

Betonski masivni zidovi se danas češće grade od kamenih zidova. Njihova izrada je brža, mehanizovana, oplata tipizirana, pa se ekonomski gledano dobijaju povoljnija rešenja. Monotonija sivih betonskih površina kod masivnih betonskih zidova se razbija različitim šarama, žlebovima i ispupčenjima koja se dobijaju pomoću specijalno obrađene oplata.

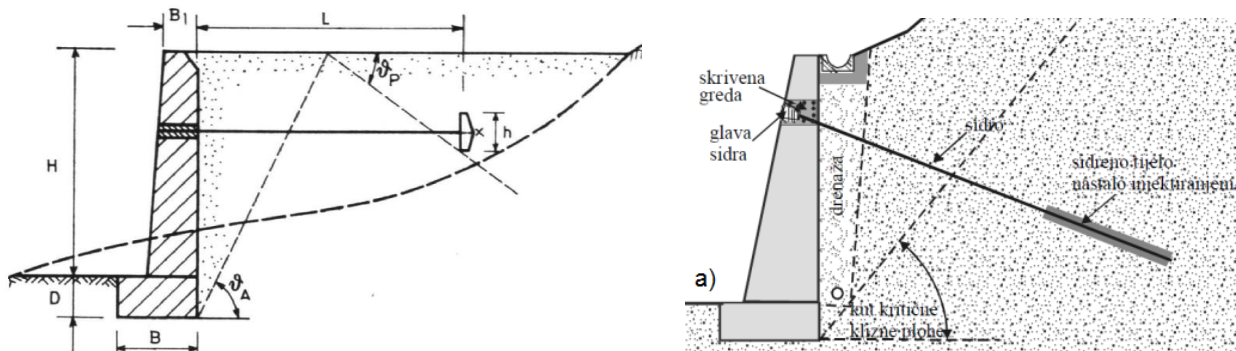
Kod betonskih gravitacionih zidova se mogu postići znatne uštede odgovarajućim oblikovanjem prednje i zadnje strane zida. Naginjanje zadnje strane zida smanjuje i povoljno usmerava silu aktivnog pritiska. Ekonomični su naročito tamo gde su nagibi terena veći. Zidovi sa vertikalnom leđnom stranom se primenjuju kod uobičajenih nagiba i pri uobičajenom kvalitetu temeljnog tla, a zidovi sa kosom leđnom stranom se primenjuju na tlu bolje nosivosti i kod većih nagiba terena. Često se koriste konstruktivna rešenja sa konzolnim ispustom na zadnjoj strani zida koji angažuje težinu nasipa G_0 (Slika 13.).

Maksimalna visina betonskih gravitacionih zidova je 8,0 – 10,0m, i pre svega zavisi od kvaliteta temeljnog tla. Kontaktno građenje betonskih masivnih zidova se retko izvodi, osim pri dograđivanju postojećih zidova.



Slika 13. Različiti oblici masivnih potpornih zidova

Kod betonskih masivnih zidova većih visina ekonomski je opravdana upotreba sidara ili zatega za preuzimanje dela horizontalnog aktivnog zemljanog pritiska. Aktivni pritisak na taj način može biti znatno smanjen a time i potrebna debljina zida.

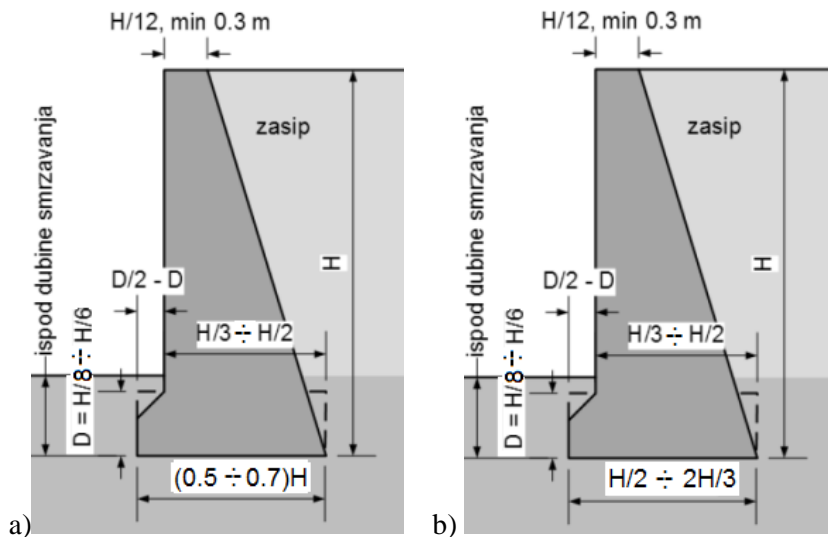


Slika 14. Potporni zid sa: a) zategom i b) sidrom

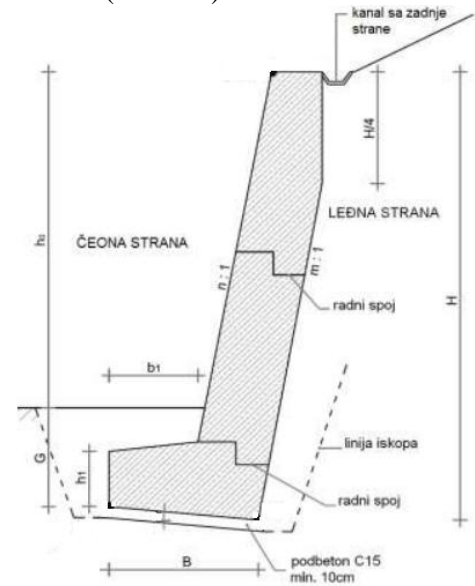
Zatege se postavljaju na razmaku 1.5 do 4.0 m po dužini zida, a prihvataju se armiranobetonskom gredom koja se nalazi u zidu i sidrenom gredom (ili sidrenim pločama) koje se nalaze u tlu. Dužina zatega L treba da bude takva da ne povećava aktivni pritisak tla. Umesto sidrene grede mogu se koristiti i sidra (ankeri).

Gravitacioni potporni zidovi zauzimaju dosta prostora zbog velikih dimenzija. Za njihovu izradu je potrebno više materijala (betona) a to iziskuje i više vremena za njegovo ugrađivanje. Za visoke zidove i iskop je znatno veći što bitno utiče na koštanje zida. Njihova prednost nad armiranoobetonskim je što se grade od betona nižih marki, što nemaju armaturu i što je oplata jednostavnija za izradu.

Pošto je veličina pritiska na zidove zavisna od visine zida primenjuju se standardizovani tipovi za visine od 2.0 do 4.0 metra, a oblik poprečnog preseka će zavisiti od uslova na terenu. Na Slici 15. su date preporuke za približne dimenzije zidova sa nagnutom zadnjom stranom. Obično se, naročito kod zidova većih visina, betoniranje radi po segmentima visine, odnosno sa prekidima betoniranja (radnim spojevima). Oni su stepenastog oblika čime se postiže veća sigurnost protiv klizanja a može se na spojevima ugraditi i ankerisana armatura (Slika 16).



Slika 15. Približne dimenzije zidova od nearmiranog betona prema:
a) američkim preporukama i b) francuskim preporukama

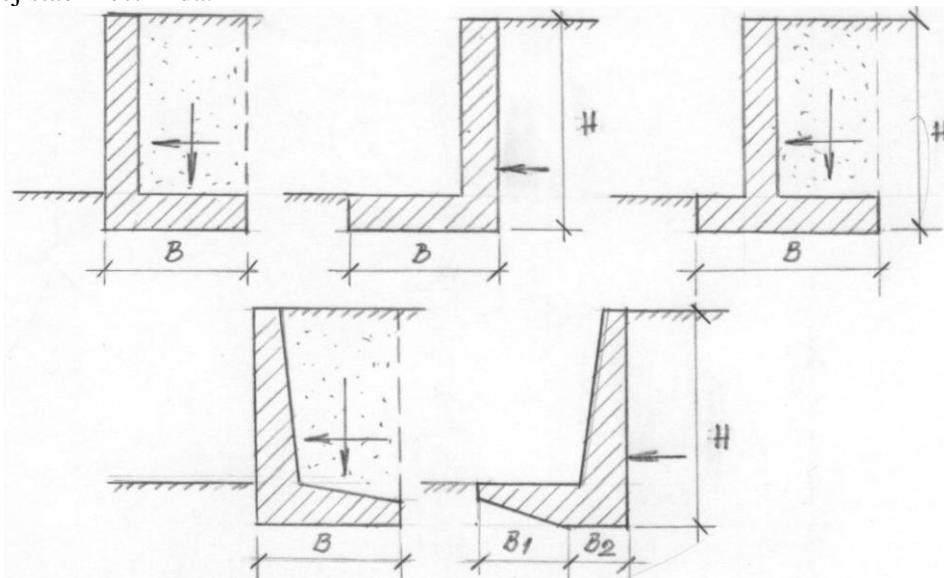


Slika 16. Radni spojevi kod zida sa nagnutom prednjom stranom

I.2.3 POTPORNİ ZIDOVİ OD ARMIRANOG BETONA

Za izradu armiranobetonskih potpornih zidova je potrebno manje betona, “elegantnih” su dimenzija, pa time i iskop zemlje može biti manji nego kod masivnih. Mogu se lakše prilagođavati uslovima na terenu i zauzimati manje prostora od masivnih betonskih zidova. S druge strane, armiranobetonski zidovi zahtevaju dosta armature i vremena za njenu izradu. Oplata se mora obraditi sa većom pažnjom nego ona kod masivnih, što takođe zahteva više vremena. Iz estetskih razloga se vidna površina zida može oblikovati kao i kod masivnih betonskih zidova.

Zidove od armiranog betona čini vertikalna konzolna ploča ukleštena u armirano betonsku temeljnu ploču. Temeljna ploča na zadnjoj strani zida je često ispuštena (formirajući leđnu konzolu) kako bi težina zasipa koju ispust nosi doprinela potrebnoj stabilnosti zida.



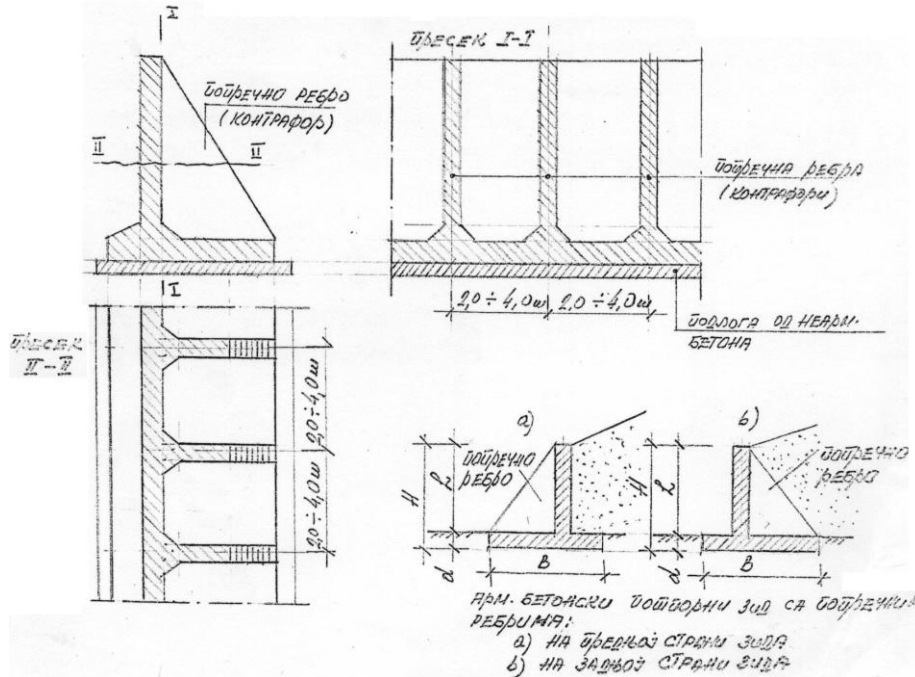
Slika 17. Karakteristični oblici poprečnih preseka armiranobetonskih potpornih zidova

Potporni zidovi od armiranog betona se najčešće koriste u slučajevima kada se u zaleđu zida formira nasip. Primenuju se na tlu manje nosivosti gde masivne konstrukcije ne mogu da zadovolje kriterijum nosivosti temeljnog tla

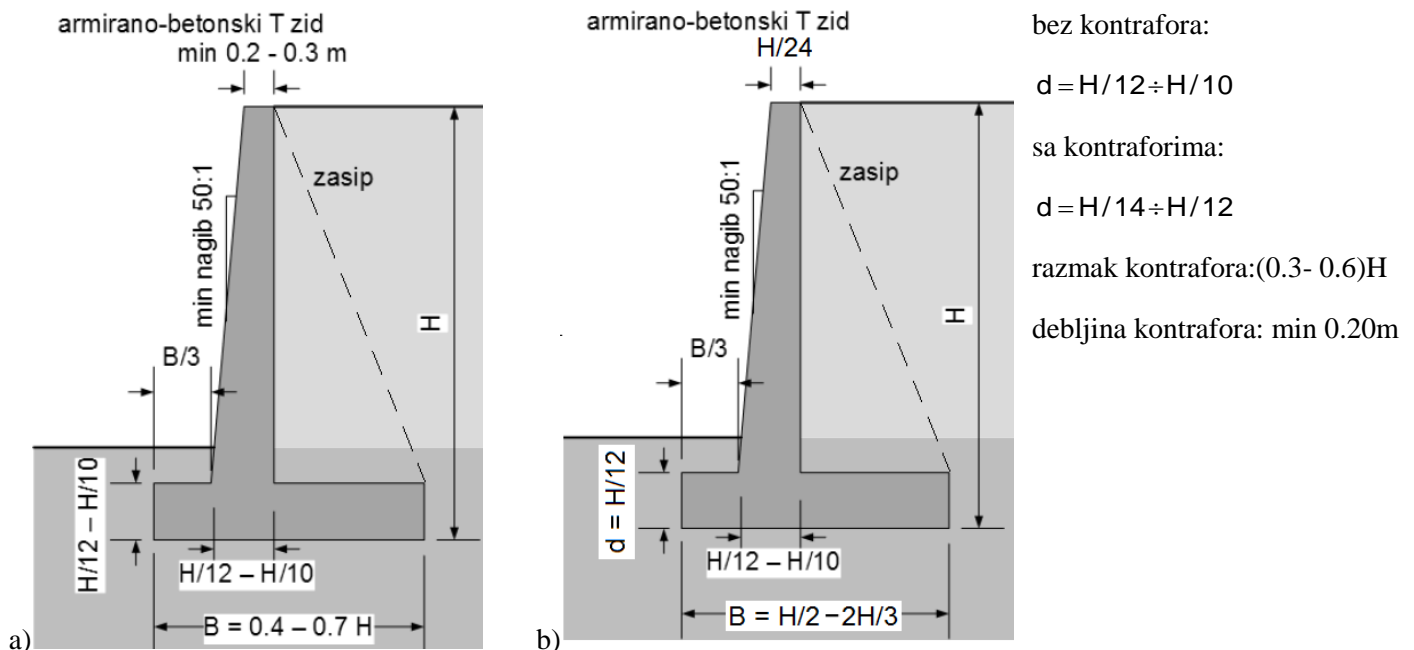
a velika površina u osnovi temelja AB zidova smanjuje pritiske na temeljno tlo. U izuzetnim slučajevima kod tla veoma male nosivosti, temeljenje zida može da se izvede na šipovima ili primenom zidova od armiranog tla.

Kod većih visina zidova, da bi smanjili potrebnu debljinu zida, vertikalna konzola se ukružuje poprečnim rebrima – kontraforima. Oni se postavljaju obično na zadnjoj strani zida, ali mogu izuzetno biti i na prednjoj strani. Tako se smanjuje debljina zida ali se povećava rad na izradi složenije oplata a takođe i usložnjava montaža armature u rebru zida. Kontrafori su na razmaku 2,0 do 4,0m a debljine su minimalno 0.20m. Maksimalna visina AB gravitacionih zidova iznosi 10,0 – 12,0m, a u slučaju zidova sa rebrima, visina može biti i veća. Visina najviše zavisi od kvaliteta temeljnog tla.

Za potporne konstrukcije koje se nalaze iznad kolovoza i podupiru padinu, ugaoni zidovi se primenjuju samo u izuzetnim slučajevima, pošto zahtevaju velike iskope u padini u zaleđu zida, što treba izbegavati.



Slika 18. Detalji amiranobetonskog potpornog zida sa kontraforima



Slika 19. Približne dimenzije zidova od armiranog betona "T" preseka prema:
a) američkim preporukama i b) francuskim preporukama

Najveći momenti savijanja, posmatrano u poprečnom preseku zida, javljaju se na mestu ukleštenja konzolnih ploča (vertikalne i ledne), pa je tu i najveći potreban presek betona i armature. Zbog toga se ovi zidovi izvede sa prednjom stranom u nagibu što omogućava da dno zida bude veće debljine u odnosu na vrh zida. Izvede se od betona minimalne klase C25/30 (MB 30).

I.2.4 MONTAŽNI POTPORNİ ZIDOVI

Česte su situacije kada je potrebno izgraditi potpornu konstrukciju za što kraće vreme, npr. pri pojavi klizišta i odrona tla uz saobraćajnice, naročito posle zimskih meseci. Tada dolazi do otapanja snega i odmrzavanja tla, što za posledicu ima povećanje sadržine vode u tlu i posledično povećanje težine tla, smanjenje kohezije i moguće formiranje kliznih površi. Do ovakvih fenomena najčešće dolazi zbog neadekvatnog odvodnjavanja površinskih voda iznad i ispod saobraćajnice. Rezultat opisanih procesa je zatrpavanje ili otkidanje delova saobraćajnice odnosno onemogućavanje njene osnovne funkcije. U takvim uslovima vrlo je važno izabrati takve mere sanacije koje bi na brz, efikasan i pouzdan način, uz nisku cenu koštanja, vratile saobraćajnicu u ispravno stanje. Potporne konstrukcije koje u najvećoj meri ispunjavaju navedene zahteve su montažni potporni zidovi koji se mogu raditi od:

- prefabrikovanih armiranobetonskih elemenata
- gabiona i
- armiranog tla

I.2.5 POTPORNİ ZIDOVI OD PREFABRIKOVANIH ELEMENATA

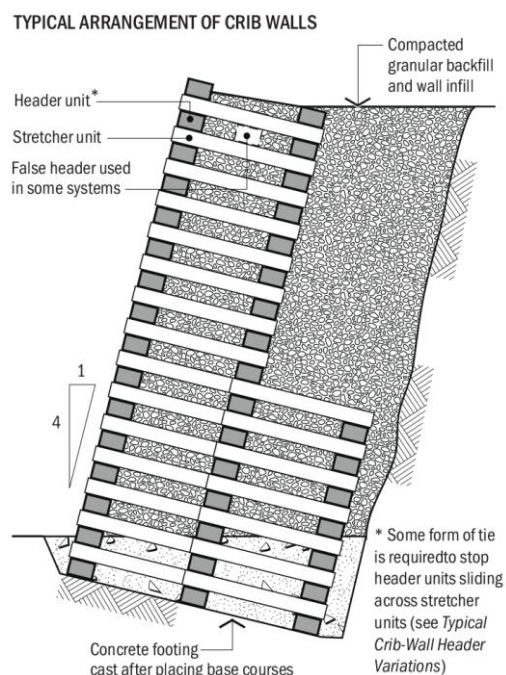
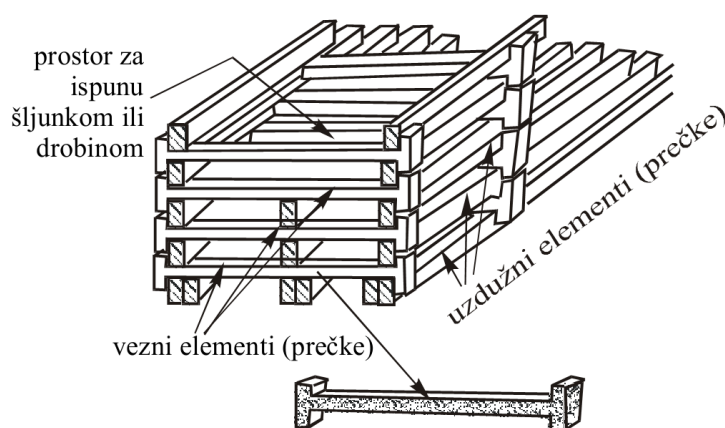
Potporni zidovi od prefabrikovanih elemenata predstavljaju jeftine, jednostavne i vizuelno atraktivne sisteme pogodne kako za izradu niskih tako i visokih potpornih zidova. Rade se po principu suve gradnje, odnosno najčešće bez upotrebe svežeg betona i izrade temelja pri izgradnji zida. U velikoj meri smanjuju vreme i cenu izgradnje, omogućavaju jednostavno izvođenje u svim vremenskim uslovima, što su bitni faktori pri izboru metoda gradnje potporne konstrukcije.

Elementi za gradnju montažnih potpornih zidova od prefabrikovanih elemenata izrađuju se industrijski u različitim oblicima. Mogu biti u obliku tanjih greda koje se slažu u vidu boksova koji se zatim ispunjavaju odgovarajućim materijalom. To mogu biti i gotove armiranobetonske ploče (vertikalne i horizontalne), sa dodatnim elementima kao što su kontrafori i zatege. Konstruktivni elementi montažnih zidova od prefabrikovanih elemenata mogu biti i blokovi ili specijalni elementi većih dimenzija kojima se zidaju ovi potporni zidovi.

Prednost montažnih potpornih zidova od prefabrikovanih elemenata je u tome što se brzo i jednostavno sklapaju, pri čemu su za njihovo izvođenje dovoljne lake mehaničke dizalice. Za ovakve zidove nije potreban poseban temelj, ako se elementi sa spoljašnje strane zida ukopaju ispod dubine zamrzavanja tla.

I.2.5.1 Zidovi od prefabrikovanih ukrštenih greda

Prefabrikovane grede, koje mogu biti ravne ili sa proširenjima na krajevima, slažu se tako da formiraju boksove u vidu otvorene prostorne rešetke. Dimenzije greda se usvajaju tako da zid ima zadovoljavajuću stabilnost. Dobijeni boksovi između greda se ispunjavaju šljunkom, drobinom ili materijalom sa lokacije kako bi se postigla dovoljna težina zida i ujedno dovoljna vodopropustljivost radi efikasne drenaže. Mogu se jednostavno, brzo i ekonomično graditi do velikih visina. Mogu se raditi kao vertikalni mada je uobičajeno da im je lice u kosini tako da im je i osnova u kosini. Ukoliko je neophodno posteljica ovih zidova može biti betonirana i to nakon izrade prvih ukrštenih greda (Slika 20.). Jedna od prednosti ovog sistema je da to mogu biti konstrukcije stalnog ili privremenog karaktera. Uobičajene dimenzije elemenata su dužine do 2.0m a visina zida može biti i do 10.0m. Ispuna se može ugrađivati jednostavno utovarivačima i to postepeno kako raste visina zida, pa zid postepeno, u toku izvođenja, preuzima opterećenje.

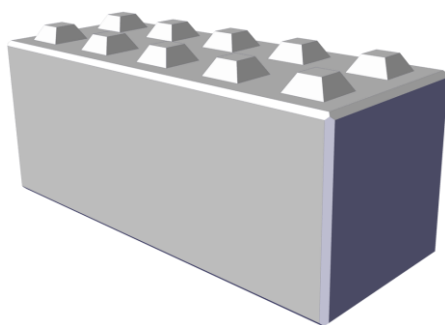




Slika 20. Elementi, način izgradnje i konačan izgled zidova od ukrštenih greda

1.2.5.2 Zidovi od prefabrikovanih betonblok elemenata

Osnovna jedinica izgradnje ovih zidova je betonski blok čije dimenzije mogu značajno varirati. Putinženjering iz Niša izrađuje blokove dimenzija 150x60x60cm (Slika 21.). Obzirom da se blokovi ređaju kao "Lego" kocke mogućnosti upotrebe blokova su vrlo široke: osim za potporne zidove koriste se i za pregradne zidove u skladištima i izradu različitih privremenih objekata: hala, ograda, za usmeravanje i blokadu saobraćaja, odbranu od poplava.... Osnovne prednosti upotrebe betonblok elemenata su jednostavno i brzo zidanje, niska cena koštanja, izvođenje radova u praktično svim vremenskim uslovima, estetski prihvatljiv dizajn.

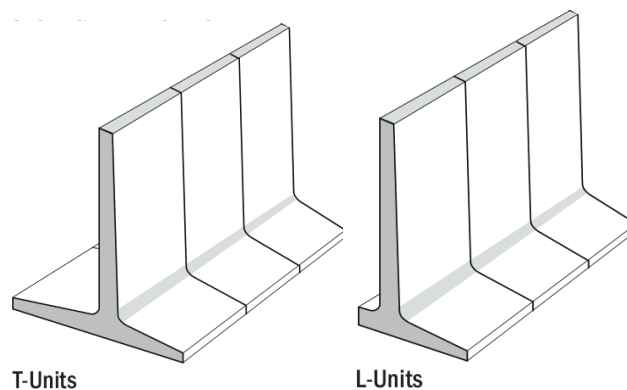




Slika 21. Mogućnosti upotrebe betonblok elemenata

I.2.5.3 Zidovi od konzolnih elemenata L ili T oblika

Kod ovih zidova su dimenzije stope i visina zida unapred definisane pa se proračunom mora dokazati da proizvodne dimenzije elemenata ispunjavaju sve zahteve stabilnosti u svim uslovima eksploatacije na mestu ugradnje. Najčešće se koriste u raznim skladištima. Uobičajene širine gotovih elemenata su 600 ili 1200mm dok su visine u opsegu od 1.0 do 6.0m.



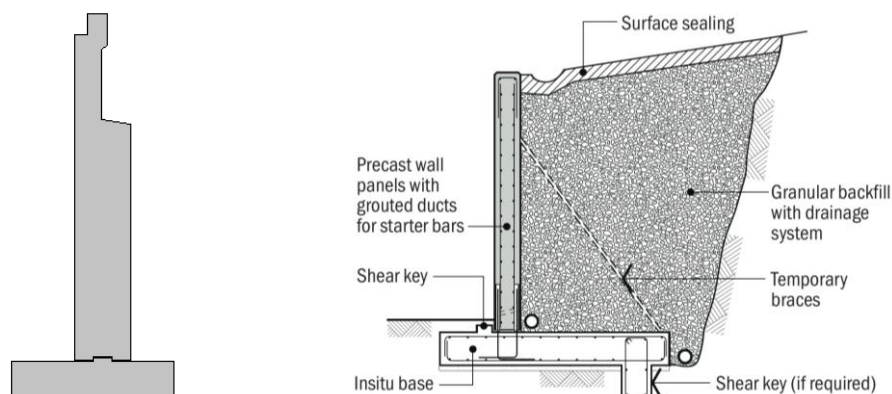
Slika 22. Zidovi od konzolnih elemenata L ili T oblika

I.2.5.4 Zidovi od prefabrikovanih ploča

Prefabrikovani betonski elementi se izrađuju u obliku ploča i greda koje se na licu mesta povezuju u celinu i formiraju potporni zid. Pri tome postoje i varijante da se neki delovi zida, a to su najčešće stope, rade na licu mesta. Koriste se u zgradarstvu, kod obalnih stubova mostova i u rudarstvu. Paneli su prefabrikovane pune ili ošupljene ploče, dimenzija prema uslovima na terenu.

a) Konzolni zidovi

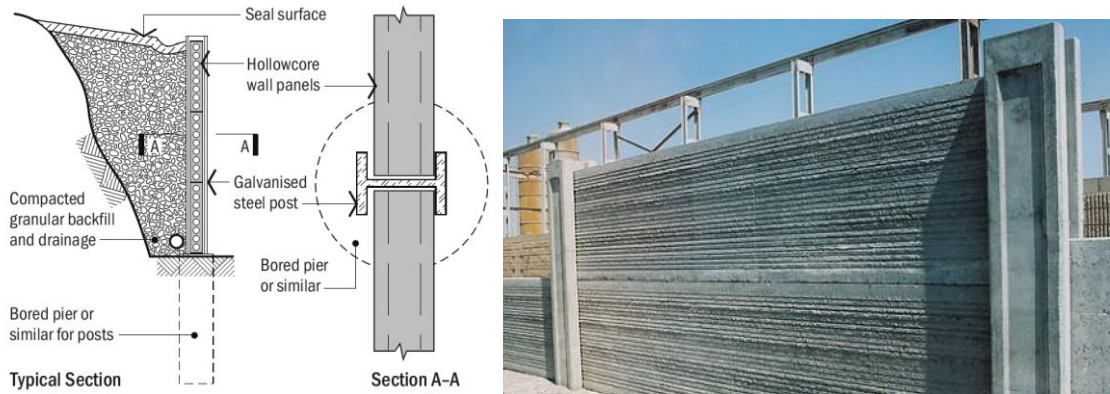
Kod ove vrste zidova se debljina ploča dobija iz statičkog proračuna za opterećenje od zasipa tla i eventualnog opterećenja iza zida. Za minimalnu debljinu ploča treba usvojiti 150mm za jednostrano armirane i 175mm za obostrano armirane ploče. Stopa zida se može izraditi na licu mesta ili se kao gotova doprema na gradilište. Ukoliko se lije na licu mesta ostavljaju se ankeri iz stope koji ulaze u anker kanale koji su na dnu vertikalnih ploča. Ankeri obično ne mogu u potpunosti da prihvate horizontalne sile od zasipa iza zida tako da se dodatno rade pero i žleb kao veza stope i ploče.



Slika 23. Presek konzolnog zida sa prefabrikovanom i stopom livenom na licu mesta

b) Zidovi sa stubovima uklještenim u tlo

Izgradnja zida počinje tako što se u tlu buše rupe do potrebne dubine a onda se u njih postavljaju gotovi armiranobetonski stubovi i zalivaju betonom. Stubovi su sa vertikalnim žlebovima u koje se po visini ređaju prefabrikovane ploče, jedna iznad druge sa međusobnom vezom od galvanizovanih čeličnih profila. Horizontalne sile od zasipa se preko ploča prenose na prefabrikovane betonske stubove uklještene u tlo. Uobičajene dimenzije prefabrikovanih ploča su: visina 1200mm, debljina 150-400mm (sa korakom od 50mm) dok dužine mogu biti različite. Po konstrukciji podsećaju na Berlinsku podgradu.



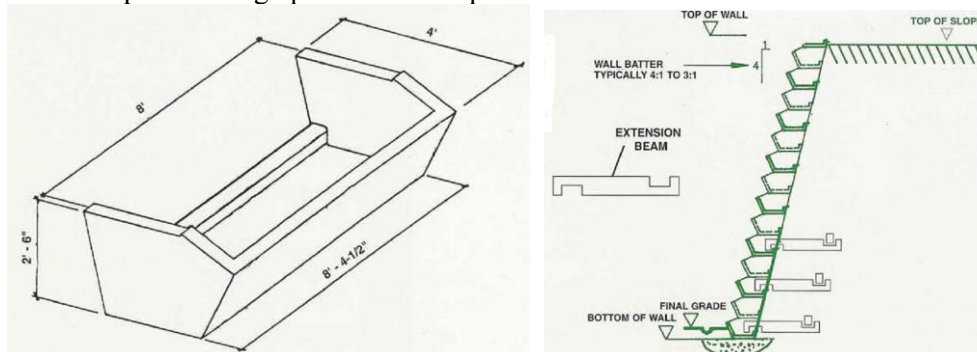
Slika 24. Presek i izgled zida sa stubovima uklještenim u tlo

1.2.5.5 Zeleni zidovi

Upotreba ovog sistema potpornih zidova datira od druge polovine dvadesetog veka. Konstruktivni elementi sistema su u obliku kaseti koje se ređaju jedna iznad druge a zatim ispunjavaju tlom. Ime su dobili po mogućnosti da se tlo u kasetama iskoristi za sadnju biljaka koje će ih ozeleniti. Zelenilo osim značajnog vizuelnog efekta doprinosi i smanjenju nivoa buke i onemogućava izradu grafita. Mogu se raditi kao vertikalni ili u nagibu, a gledano u osnovi mogu se izvoditi ravno-linijski ili u krivini.

a) Zidovi sa otvorenim kasetama

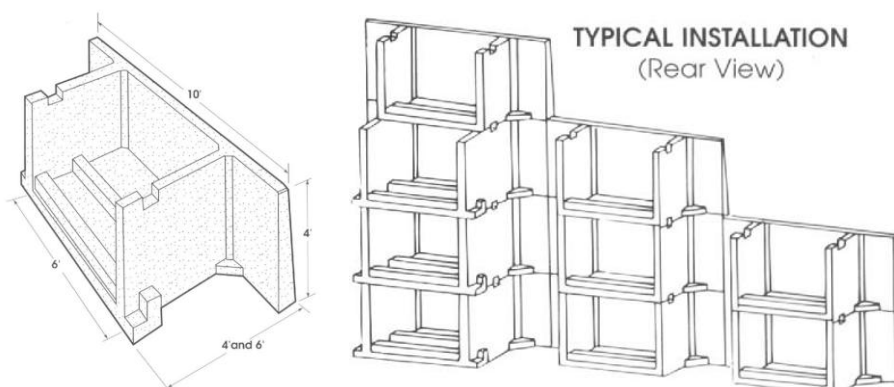
Najčešći nagib lica ovakvog potpornog zida je 3:1 do 4:1. Tipične dimenzije kasete, u stopama, date su na Slici 23 (Istopa = 0,3048m). Ne zahtevaju upotrebu velikih dizalica već se mogu graditi i korišćenjem manjih bagera. Sa dodatkom zateznih greda u zasipu zida mogu postići visine i preko 6.0m.

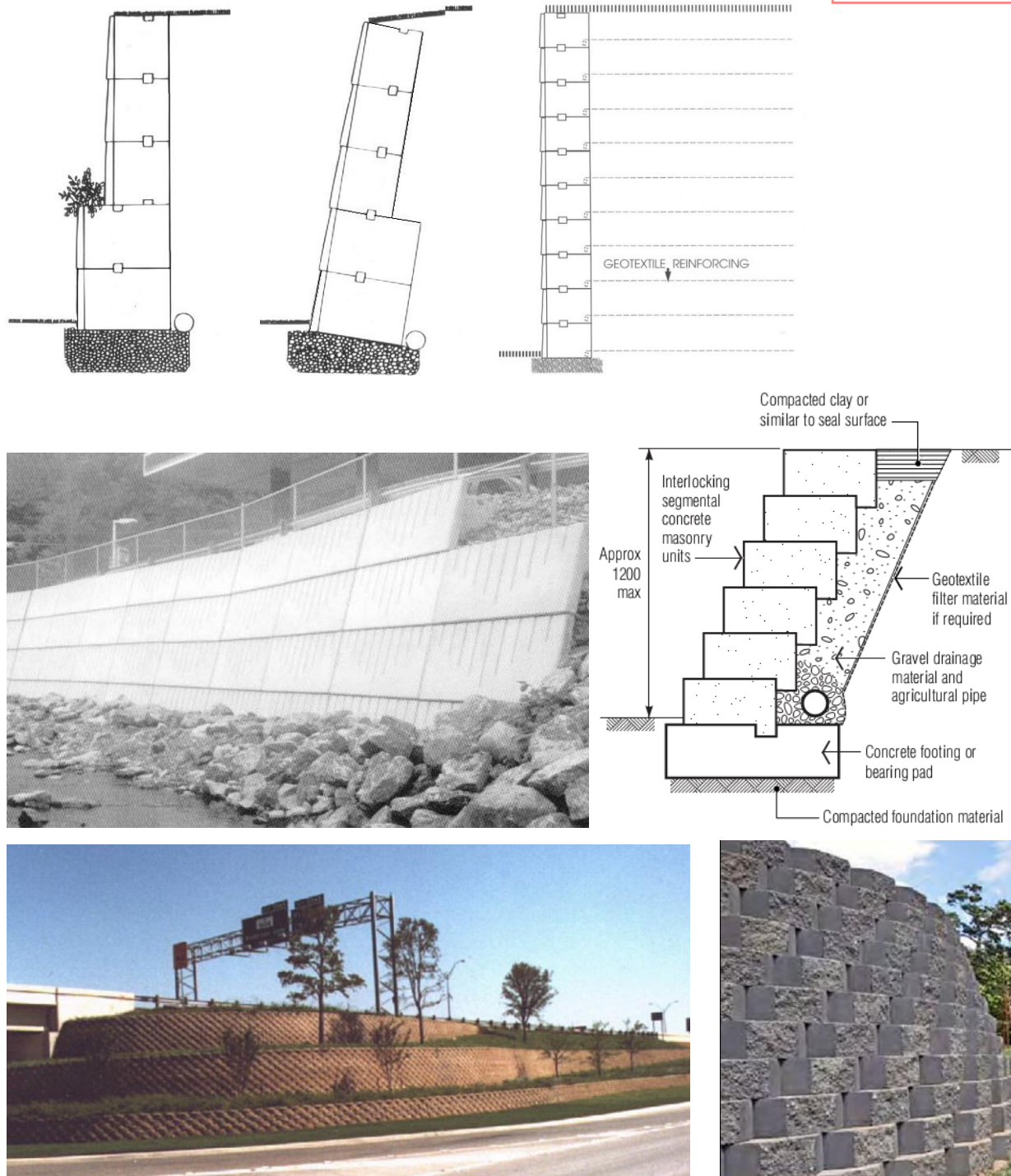


Slika 25. Zid izrađen od otvorenih kaseti

b) Zidovi sa zatvorenim kasetama

Rade se sa licem koje može biti vertikalno, u nagibu ili stepenasto čime se poboljšava njihova stabilnost. Ukoliko je to potrebno, stabilnost im se dodatno može poboljšati zakošenjem osnove ili armiranjem tla iza zida. Različite varijante izrade ove vrste zidova date su Slikom 26.





Slika 26. Zidovi izrađeni od kaseti

I.2.6 ZIDOVI OD GABIONA

Gabioni su specijalne montažne potporne konstrukcije čija je upotreba jako raširena u posljednje vreme. Po načinu izrade spadaju u montažne zidove, mada bi zbog velike mase mogli pripadati i masivnim potpornim zidovima.

Korišćenjem mreže od pocinkovane čelične žice, sa kvadratnim ili šestougaonim okcima, prave se korpe koje se na rubovima pojačavaju šipkama od okruglog čelika prečnika $\text{Ø}6$ do $\text{Ø}10\text{mm}$ (Slika 27.). Žica za mreže i šipke za ojačanje su teško pocinkovane ili galvanizovane kako bi trajnost gabiona bila što veća. Zbog veće trajnosti žica za gabione može biti dodatno plastificirana, ili se umesto žice može koristiti mreža od geosintetika.

Strane gabionskih korpi, kao i korpe između sebe, bilo horizontalno ili vertikalno, povezuju se prstenovima od nerđajućeg ili pocinkovanog čelika. Prazne korpe se slažu na mestu formiranja zida pa se pune kamenom, zatvaraju i vezuju. Ispuna korpi je od krupnog ređanog lomljenog kamena čija minimalna veličina treba da je veća od veličine okaca mreže korpi (preporučeno 15cm, kako kamen ne bi prošao kroz mrežu), dok maksimalna veličina ne bi trebalo da bude veća od 25cm. Lomljeni kamen za ispunu gabiona treba da zadovolji tražene fizičko-mehaničke uslove predviđene Tehničkim uslovima za ovu vrstu radova. Proces izrade gabionskog zida se nastavlja postavljanjem i punjenjem novih korpi sve dok se ne postigne potrebna visina zida. U horizontalnom smislu gabione treba postavljati tako da se vertikalne spojnice redova ne poklapaju, tj. vertikalne spojnice jednog reda treba da budu na sredini gabiona drugog reda. Gabionske korpe se mogu ređati vertikalno jedna iznad druge čime se dobija zid sa vertikalnim prednjim licem ali

se često horizontalni redovi gabiona, idući u visinu, rade smaknuto jedan u odnosu na drugi. Time se dobija stepenasto prednje lice gabionskog zida (Slika 27.).

Zidovi od gabiona su pogodni za brzu stabilizaciju manjih klizišta i zaseka uz puteve jer se mogu izvoditi u pojedinim kratkim deonicama. Zid deluje čim je završen, nije potrebno vreme za očvršćavanje betona kao kod betonskih zidova. Zid od gabiona se lako prilagođava većim deformacijama i obavlja svoju funkciju čak i ako se one dese. Slobodna gornja površina stepenastog gabionskog zida ili šupljine u vertikalnom zidu se mogu ispuniti glinom i prašinom, što omogućava zasejavanje trave ili žbunja, čime se postiže bolji vizuelni efekat a ujedno se postiže i stabilizovanje gabionske građevine.

Zbog načina izrade, gabionski zidovi su vodopropusni pa se pri njihovom proračunu ne uzima dejstvo vode na zadnju stranu zida. Međutim, da ne bi došlo do ispiranja sitnih čestica iz tla u zasipu zida, postavlja se filter od netkanog geotekstila iza zida. Kod zidova većih visina debljina zida se može smanjiti tako što se značajan deo pritiska na zid može poveriti armaturi koja se postavlja u tlu zasipa zida u slojevima, tokom izrade zida. Na taj način se praktično dobija zid od armiranog tla čiju fasadu čini gabionski zid.

Gabionski zidovi se često koriste i pri regulaciji vodotoka u zonama jačih erozionih procesa.



Slika 27. Potporni zidovi od gabiona – primeri dobre i loše izrade

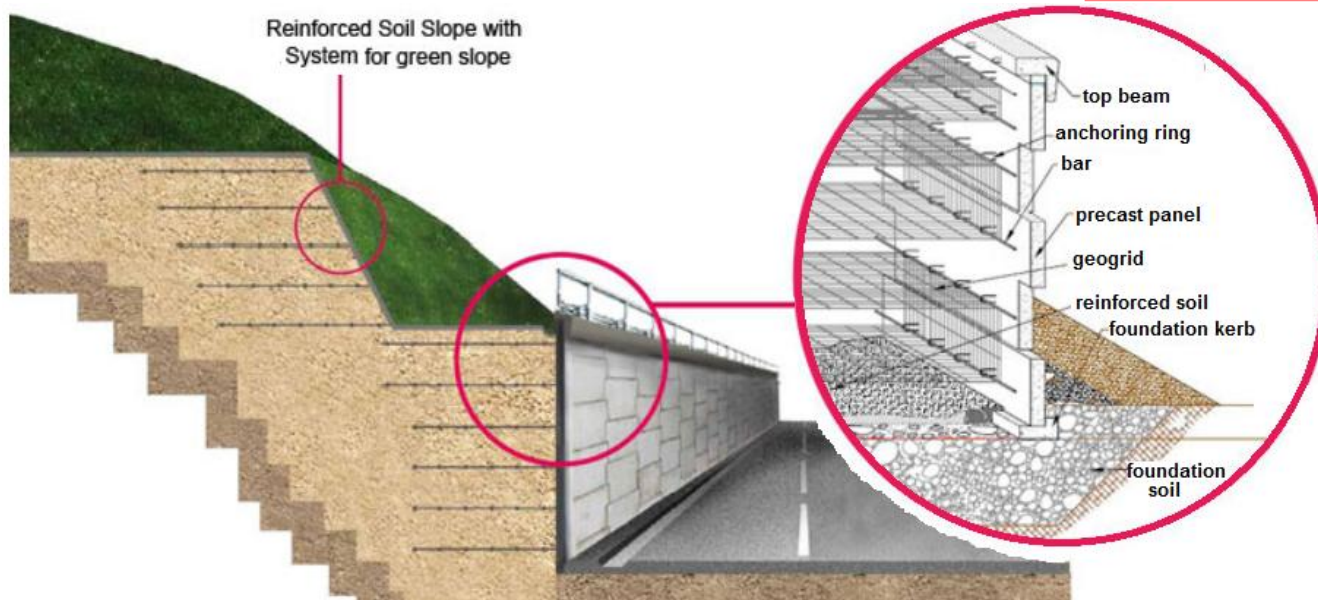
I.2.7 ZIDOVI OD ARMIRANOG TLA

Potporni zidovi od armiranog tla javljaju se prvi put šesdesetih godina XX veka u Francuskoj kada ih je prvi put primenio Vidal i od tada su u stalnoj ekspanziji. U stručnoj literaturi se nazivaju zidovima od mehanički stabilizovanog tla – MST, (Mechanically Stabilized Earth (MSE) Walls). Sastoje se od spoljne obloge i armature koja se ugrađuje u nasipano tlo iza obloge. Pritisci tla koji opterećuju oblogu se putem zatezanja armature prenose u stabilno tlo iza zida. Pri tome se transfer opterećenja sa armature na tlo ostvaruje putem trenja na njihovom kontaktu. Na taj način se dobija fleksibilan potporni zid gravitacionog tipa.

Osnovni elementi zida od armiranog tla su:

- armatura
- nasuto tlo
- obloga

U početku su se kao armatura koristile aluminijumske trake otporne na koroziju koje su zbog visoke cene zamenile trake od galvaniziranog (pocinkovanog) čelika. Sledeći korak u razvoju armature zida su predstavljale rebraste trake, sa mnogo većim koeficijentom trenja u odnosu na obične glatke trake.



Slika 28. Primer zida od mehanički stabilizovanog tla (MST)

Metalne armaturne trake su dostupne u širinama od 75 do 100mm, a debljine se rade po nalogu, i to od 3 do 5mm. Uticaj korozije se, pri proračunu, uzima tako što se sa svake strane dimenzija trake smanji za 1 mm. Mehaničke karakteristike čelika mogu biti različite.

Međutim, sa razvojem industrije plastičnih masa metalne trake su u značajnoj meri potisnuli geosintetici.

Za materijal nasipa iza obloge najčešće se koristi nekoherentan materijal koji se lako drenira, tako da su glavne osobine nasipa njegova zapreminska težina i ugao unutrašnjeg trenja. Zbog toga se tlo u nasipu smatra vodopropusnim i ne dimenzioniše na hidrostatički pritisak vode. Da bi nasip bio što ekonomičniji koristi se prirodni nekoherentan materijal (pesak, šljunak), u kome mogu biti i primese sitnozrnog materijala, ali se njihov sadržaj mora propisati i stalno kontrolisati tokom izgradnje nasipa.

Obloga ili lice zida od armanog tla je prema Vidalovoj ideji najpre bila od čeličnog lima i imala je ulogu da prihvati aktivne pritiske tla i prenese ih, putem trenja sa metalnim trakama, na stabilno tlo iza zida. Tokom daljeg razvoja su elementi od čeličnog lima zamenjeni prefabrikovanim betonskim elementima, danas najčešće šestougaoanog oblika ili oblika krsta. Mešanjem boja tokom izrade ovih elemenata i kombinacijom oblika mogu se dobiti veoma atraktivne vidne površine zidova od armanog tla (Slika 29).



Slika 29. Način oblikovanja obloge zidova od armanog tla

I.2.8 DRENAŽNE MERE KOD POTPORNIH ZIDOVA

U cilju obezbeđenja zida od dodatnih pritisaka podzemne vode, eliminacije uzgona i erozivnog delovanja vode, iza zida se preduzimaju drenažne mere i to kod betonskih i armanobetonskih potpornih zidova. Oni predstavljaju vodonepropusne barijere kretanju vode, dok su ostale vrste potpornih zidova vodopropusne, tako da drenažne mere najčešće nisu potrebne. Voda se može pojaviti u dva vida: kao podzemna i površinska voda.

Iz navedenih razloga i podzemnu vodu treba prikupiti i odvesti od zida. Za to se koriste barbakane i drenaža.

Barbakane predstavljaju otvore (ispuste) u zidu izrađene pomoću betonskih ili plastičnih cevi preseka najmanje $\varnothing 10\text{cm}$ a postavljaju se na 2 do 3m dužine zida. U slučaju dotoka većih količina vode u zaleđu zida mogu se raditi i u dva horizontalna reda.

Drenaža, u prostoru zasipa iza zida, izrađuje se od krupnozrnog materijala i po svom položaju u zasipu može biti:

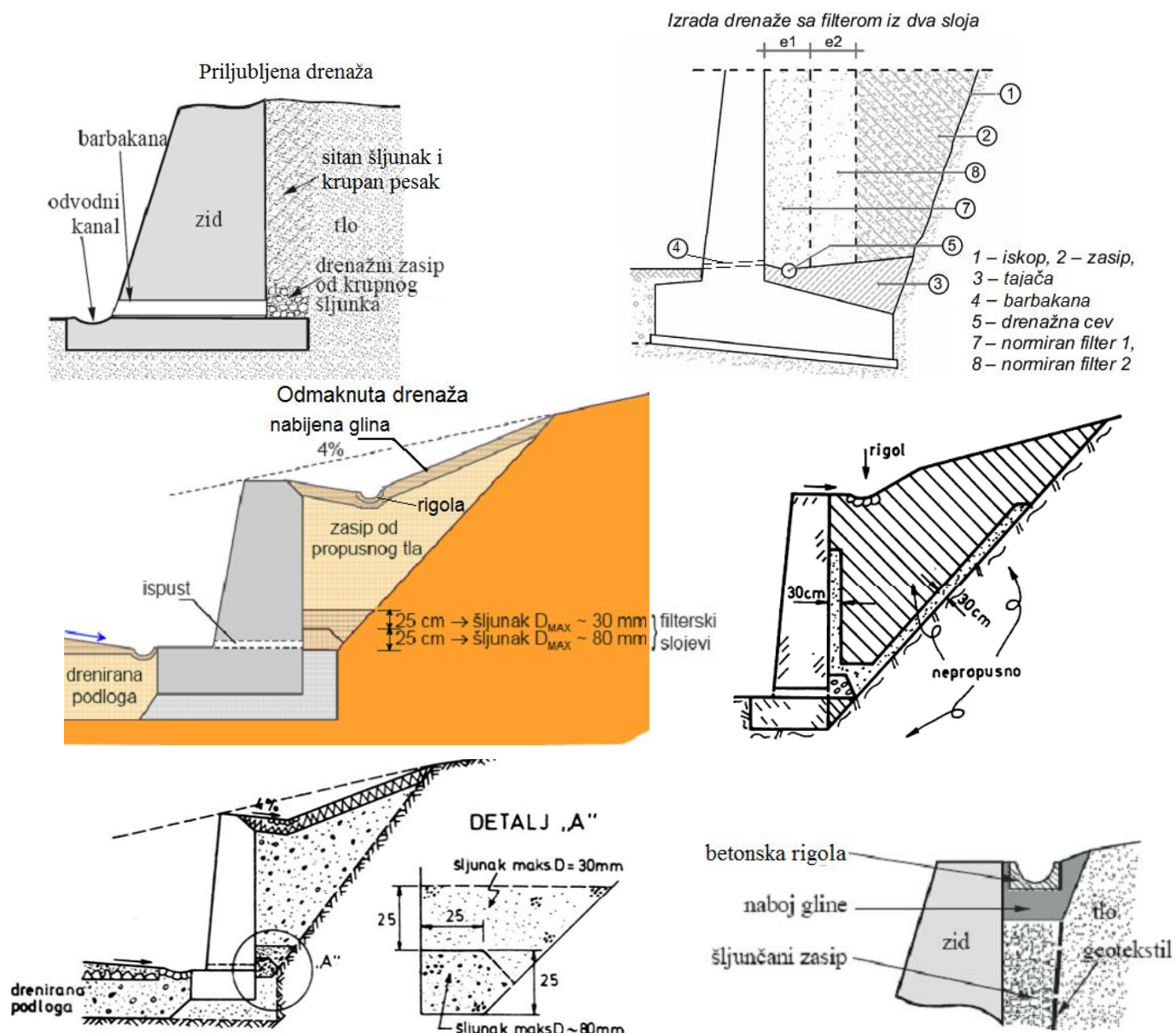
- priljubljena uz zid i temelj
- odmaknuta u zemljanoj masi.

Priljubljena drenaža se radi kod zidova sa vertikalnim iskopom, (Slika 30.). Jednostavnija je i jeftinija za izradu ali je i manje efikasna u odnosu na odmaknutu drenažu. Prikupljena voda u dnu zida se može prihvatiti perforiranim horizontalnim drenažnim cevima ili tajačama. Tajača je betonska ili glinena ovalna podloga za sakupljanje procednih voda, koje može voditi do barbakana radi ispuštanja sa prednje strane zida. Osim toga tajača može služiti kao podloga za postavljanje drenažnih cevi u dnu drenažnog rova. Zadatak perforiranih drenažnih cevi je i odvođenje podzemne vode dalje od zida i upuštanje ili u sistem atmosferske kanalizacije ili vodotok. Ranije su se radile od betona i azbest – cementa a danas od različitih plastičnih masa. Prečnik im je određen projektom. Cevi moraju biti u neprekidnom padu, pa treba obratiti posebnu pažnju kod malih projektnih padova.

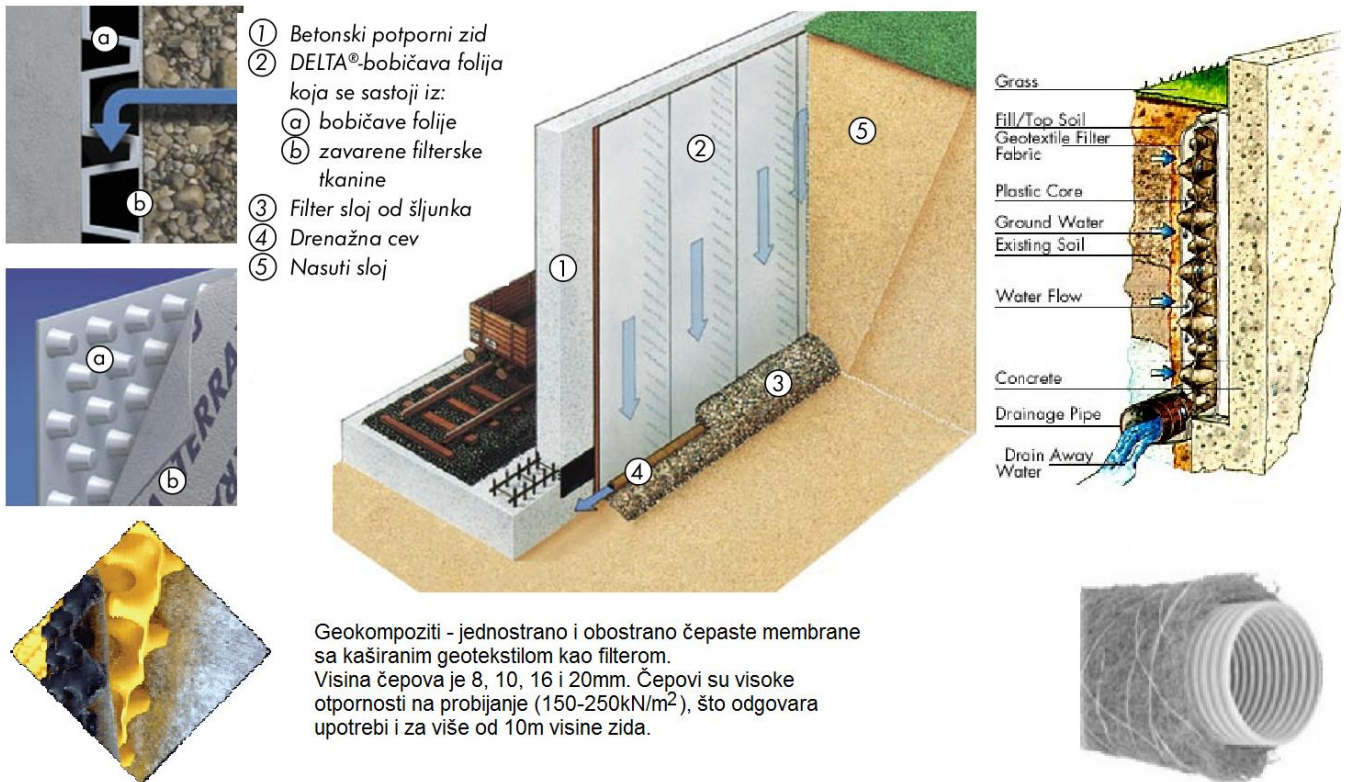
Odmaknuta drenaža se izrađuje tako što se zasip izvede od šljunka i peska, tako da podzemna voda slobodno protiče ka zidu, pri čemu njen piezometarski nivo brzo opada i prikuplja se u dnu iza zida. Može se prikupljati na vodonepropusnoj podlozi – tajači ili u drenažnim cevima, kao kod priljubljene drenaže. Odmaknuta drenaža se može izvesti tako što se celokupan zasip izvede od krupnozrnog materijala ili se izvede u vidu latiničnog slova V, (Slika 30.).

Da bi se sprečilo erozivno delovanje vode – ispiranje najfinijih čestica tla iz prostora iza zida rade se filterski slojevi, između glinovitog materijala iskopa i krupnozrne ispune, kao i u prostoru iznad tajača i oko drenažnih cevi. Izbor materijala i debljina sloja filtera moraju biti u skladu sa odgovarajućim filterskim pravilima. Danas se zbog efikasnosti, dugotrajnosti i lakoće postavljanja umesto filterskih slojeva koriste geosintetici (Slika 31.).

Površinska voda u prostoru iza zida je posledica atmosfernih padavina. Najefikasnija zaštita od nje je izrada vodonepropusnog sloja na površini terena, koji će ovu vodu sprovesti do kanalic (rigola), a zatim je odvesti dalje od zida i upustiti ili u sistem atmosferske kanalizacije ili u neki vodotok. Na taj način se zid štiti i od prelivanja vode preko njega, što bi takođe imalo štetne posledice. Vodonepropusni sloj, koji sprečava prodor atmosferske vode u zasip iza zida, najčešće se izrađuje od slojeva nabijene gline debljine 15cm, ukupno najmanje 0,5m (Slika 30.).



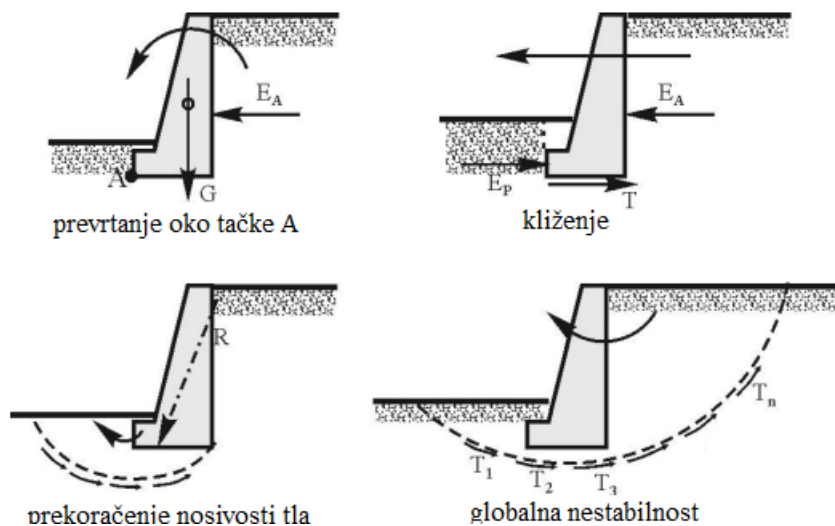
Slika 30. Primeri priljubljenih i odmaknutih drenaža



Slika 31. Primeri drenaža sa primenom geosintetika

I.2.9 PRORAČUN POTPORNIH ZIDOVA

Proračun potpornih zidova sadrži neke zajedničke elemente bez obzira na vrstu zida. U toku dimenzionisanja zida treba proveriti njegovu stabilnost u pogledu mogućih mehanizama loma, datih Slikom 32. Stabilnost zida se proverava određivanjem faktora sigurnosti koji predstavlja odnos raspoloživih statičkih veličina koje doprinose stabilnosti zida i onih statičkih veličina koje doprinose njegovoj nestabilnosti. Sračunati faktor sigurnosti ne sme biti manji od 1,0 jer je u tom slučaju zid nestabilan. Najčešće se zahteva da ima vrednost veću od 1,5.



Slika 32. Mehanizmi loma kod potpornih zidova

Proračun potpornog zida, za pretpostavljen oblik i dimenzije zida i poznate karakteristike tla, obuhvata:

1. Proračun sopstvene težine zida i opterećenja koje deluje na zid (aktivni i pasivni pritisak tla, eventualni pritisci od vode, opterećenje u vrhu zida i na platou iza zida, seizmička sila i seizmički aktivan pritisak tla).
2. Kontrolu stabilnosti zida u pogledu kliženja i prevrtanja.
3. Kontrolu nosivosti tla ispod zida.
4. Kontrolu globalne stabilnosti tla u području na kome se nalazi potporni zid.
5. Dimenzionisanje karakterističnih betonskih preseka zida, ukoliko je armiranobetonski zid, i drugih specifičnih elemenata, ukoliko se radi o ostalim vrstama potpornih zidova.

Ukoliko su svi uslovi stabilnosti zadovoljeni, dimenzije zida se konačno mogu usvojiti. Kada uslovi stabilnosti nisu ispunjeni, zid se mora preoblikovati (preprojektovati).

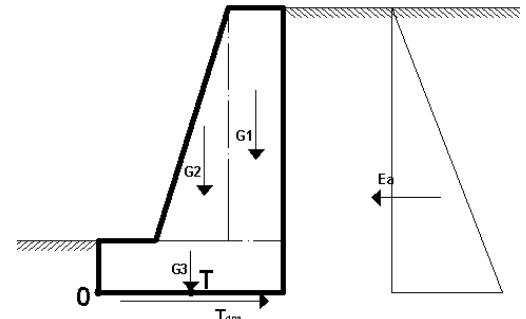
1.2.9.1 Stabilnost potpornih zidova na prevrtanje

Granično stanje prevrtanja (preturanja) predstavlja mogućnost prevrtanja zida, kao krute konstrukcije, pod uticajem aktivnog i drugih horizontalnih pritiska, oko tačke na spoljnoj ivici temeljne površine. Prevrtanju se suprotstavlja prvenstveno sopstvena težina zida dok se pasivni pritisak tla ispred zida najčešće zanemaruje, što je na strani sigurnosti. Faktor sigurnosti zida u pogledu prevrtanja predstavlja odnos sume momenata svih sila, oko tačke prevrtanja (tačka O na Slici 33.), koje nastoje da zadrže zid u stabilnom položaju, u odnosu na sumu momenata svih sila, oko iste tačke, koje nastoje da ga prevrnu. Da bi zid bio stabilan u pogledu prevrtanja zahteva se da faktor sigurnosti bude veći od 1,5.

$$\text{Faktor sigurnosti u pogledu prevrtanja: } F_{sp} = \frac{M_{st}^0}{M_{pr}^0} \geq 1.5$$

ΣM_{pr}^0 – zbir momenata svih sila koje izazivaju prevrtanje oko tačke O

ΣM_{st}^0 – zbir momenata svih sila koje doprinose stabilnosti zida



Slika 33. Dejstva na potporni zid

Da bi se povećala sigurnost potpornih zidova u pogledu prevrtanja, može se sa zadnje strane izvesti ispust (zub) koji angažuje i deo zasipa iza zida. Ovo je mera koja se često preduzima kod masivnih potpornih zidova.

1.2.9.2 Stabilnost potpornih zidova na kliženje

Granično stanje kliženja predstavlja mogućnost kliženja zida kao krute konstrukcije pod uticajem aktivnog i drugih horizontalnih pritiska, duž temeljne površine (Slika 32.). Kliženju se suprotstavlja sila trenja na kontaktu temelja zida i tla, za nevezane materijale, dok se kod vezanih (koherentnih) materijala dodatno angažuje i sila adhezije između tla i temelja zida. U proračunima stabilnosti se sila adhezije obično zamenjuje kohezijom tla ispod zida. Faktor sigurnosti zida u pogledu kliženja predstavlja odnos svih sila koje nastoje da zadrže zid u stabilnom položaju, u odnosu na sumu svih sila koje nastoje da ga pokrenu na kliženje. Da bi zid bio stabilan u pogledu kliženja zahteva se da faktor sigurnosti bude veći od 1,5.

$$\text{Faktor sigurnosti u pogledu kliženja: } F_{sk} = \frac{\Sigma T}{\Sigma H} \geq 1.5$$

ΣH – zbir sila koje izazivaju kliženje zida duž njegove temeljne površine

ΣT – zbir sila koje se suprotstavljaju kliženju; $\Sigma T = c \cdot B + T_{dna}$; c – kohezija; B – širina temelja zida

$T_{dna} = \Sigma G \cdot f$ gde je f – koeficijent trenja ($f = \tan \delta$) δ - ugao kontaktnog trenja, za max trenje $\delta = \varphi$, za prosečno trenje $\delta = 2/3\varphi$

Da bi se povećala sigurnost potpornih zidova u pogledu kliženja, može se izvesti temelj sa zakošenjem prema prednjoj strani zida, a takođe se može izvesti i tzv. zub, odnosno greda ispod temeljne stope zida. I u jednom i drugom slučaju je cilj da se produbi temeljna stopa zida i na taj način poveća uticaj pasivnih pritisaka sa prednje strane zida. Takođe, može se predvideti zamena materijala ispod temeljne stope materijalima sa većim uglom unutrašnjeg trenja.

1.2.9.3 Provera nosivosti tla u kontaktnoj površini stope zida i tla

Sva opterećenja sa zida i iz zaleđa zida, uključujući i trenje između tla i zida, se prenose na zid. Ta opterećenja, zajedno sa sopstvenom težinom zida, se preko njegovog temelja prenose na temeljno tlo. Zato dimenzije osnove zida treba da su takve da tlo ispod temelja može pouzdano da preuzme to opterećenje a da ne dođe u stanje loma. Zbog toga treba proveriti nosivost temeljnog tla što se čini kao kod svakog drugog plitkog trakastog temelja. Pri tome treba uzeti u obzir da je zona mogućeg loma tla na strani zida koja je bliža površini terena, odnosno sa prednje strane zida (Slika 32.).

Kontrola nosivosti temeljnog tla se obavlja kontrolom kontaktnih pritisaka na efektivnoj površini osnove temelja:

$$\frac{\Sigma V}{A} \leq q_a$$

ΣV – rezultujuća vertikalna sila u težištu efektivne površine temelja

A' – efektivna površina temelja centrično opterećena rezultujućom vertikalnom silom

q_a – dozvoljeno opterećenje tla za pretpostavljenu širinu osnove temelja i poznate karakteristike tla.

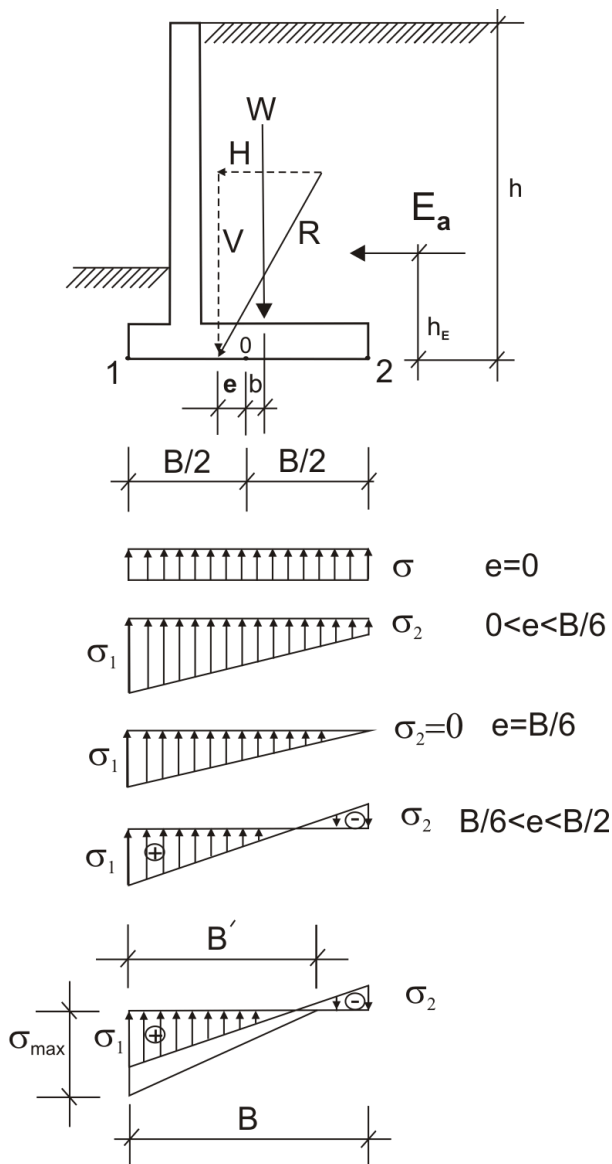
1.2.9.4 Globalna stabilnost potpornih zidova

Na kraju, potrebno je proveriti stabilnost zida i okolnog tla kao celine, prema nekoj od poznatih metoda stabilnosti kosina. Stabilnost kosine se ocenjuje na osnovu veličine faktora sigurnosti (F_s) u pogledu klizanja u kritičnoj kliznoj površini, gde je:

F_s - odnos prosečne otpornosti na smicanje (τ_f) i prosečnog smičućeg napona duž kritične klizne površine (τ_m).

1.2.9.5 Dimenzionisanje AB zidova

Kod dimenzionisanja karakterističnih preseka armiranobetonskog zida potrebno je sračunati pritiske tla na pojedine elemente zida. Pri proračunu pritisaka na tlo u temeljnoj površini, u izvesnim situacijama je moguće da se javi naponi zatezanja. Naime, ukoliko rezultanta R opterećenja deluje unutar jezgra preseka (Slika 34.), onda nema pojave zatežućih napona u kontaktnoj površi. Međutim, ukoliko rezultanta opterećenja deluje izvan jezgra preseka, u kontaktnoj površi se javljaju naponi zatezanja. Obzirom da tlo ne prenosi napone zatezanja, doći će do preraspodele napona u kontaktnoj površi te se stoga mora izvršiti redukcija dijagrama kontaktnih pritisaka na sledeći način.



Proračun kontaktnih pritisaka:

$$M_0 = E_a \cdot h_E - W \cdot b$$

$$V = W$$

$$e = \frac{M_0}{V}$$

$$\sigma_{1/2} = \frac{V}{B \cdot 1.0} \pm \frac{M_0 \cdot 6}{B^2 \cdot 1.0}$$

Redukcija dijagrama kontaktnih pritisaka (u slučaju pojave napona zatezanja u temeljnoj spojnici):

$B' = 3 \cdot c$ - redukovana širina temelja

$$c = \frac{B}{2} - e$$

$$\sigma_{\max} = \frac{2V}{B'}$$

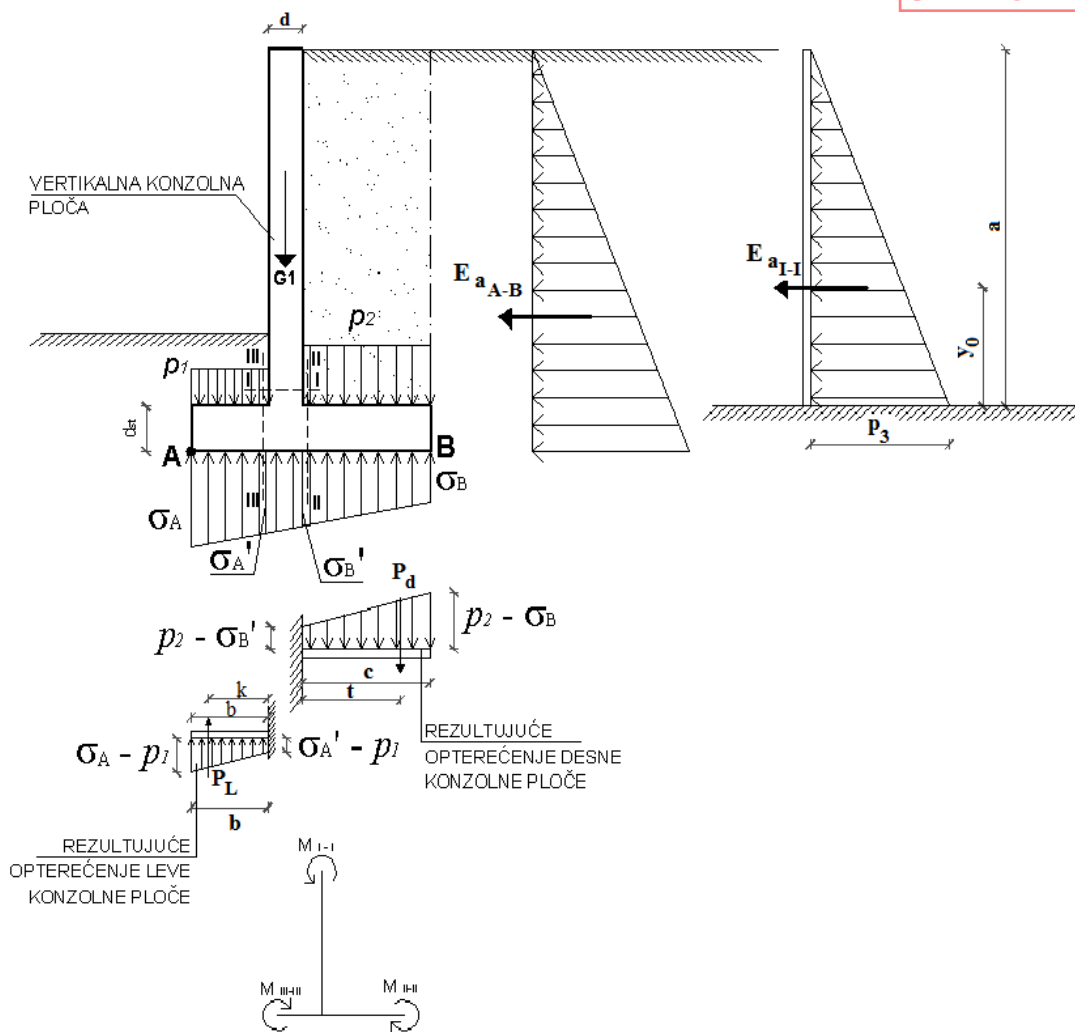
$$\sigma_2 = 0$$

Slika 34. Pritisci na tlo u kontaktnoj površi temelja

Pri proračunu armiranobetonskih potpornih zidova proračun treba nastaviti dimenzionisanjem svih konstruktivnih elemenata zida. Pri dimenzionisanju AB potpornih zidova posmatraju se posebno:

- vertikalni zid kao vertikalna uklještena konzola u donju horizontalnu ploču i dve horizontalne uklještena konzolne ploče (sa prednje i zadnje strane), opterećene odgovarajućim opterećenjem.

Proračunska šema za dimenzionisanje potpornih AB zidova data je Slikom 35.



Slika 35. Proračunska šema za dimenzionisanje potpornih AB zidova

Vertikalna konzolna ploča (presek I – I):

$$E_{aI-I} = 0.5 \cdot p_3 \cdot a \quad [\text{kN/m}]$$

$$M_{\max} = M_{I-I} = E_{aI-I} \cdot y_0 \quad [\text{kNm/m}]$$

$$T_{I-I} = E_{aI-I} \quad [\text{kN/m}]$$

$$N_{I-I} = G_1 \quad [\text{kN/m}]$$

Desna konzolna ploča (presek II – II)

$$P_d = [(p_2 - \sigma_B) + (p_2 - \sigma_B')] \cdot 0.5 \cdot c \quad [\text{kN/m}]$$

$$M_{II-II} = P_d \cdot t \quad [\text{kNm/m}]$$

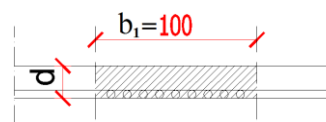
$$T_{II-II} = P_d \quad [\text{kN/m}]$$

Leva konzolna ploča (presek III – III)

$$P_L = [(\sigma_A - p_1) + (\sigma_A' - p_1)] \cdot 0.5 \cdot b \quad [\text{kN/m}]$$

$$M_{III-III} = P_L \cdot k \quad [\text{kNm/m}]$$

$$T_{III-III} = P_L \quad [\text{kN/m}]$$



presek : 100/d/h₀

$$A_{aI-I} = \frac{f_B}{\sigma_v} \cdot \mu_1 \cdot \frac{h_0 \cdot b_1}{100} - \frac{N_u}{\sigma_v} \quad \text{– vertikalna armatura u zoni prema terenu (glavna armatura)}$$

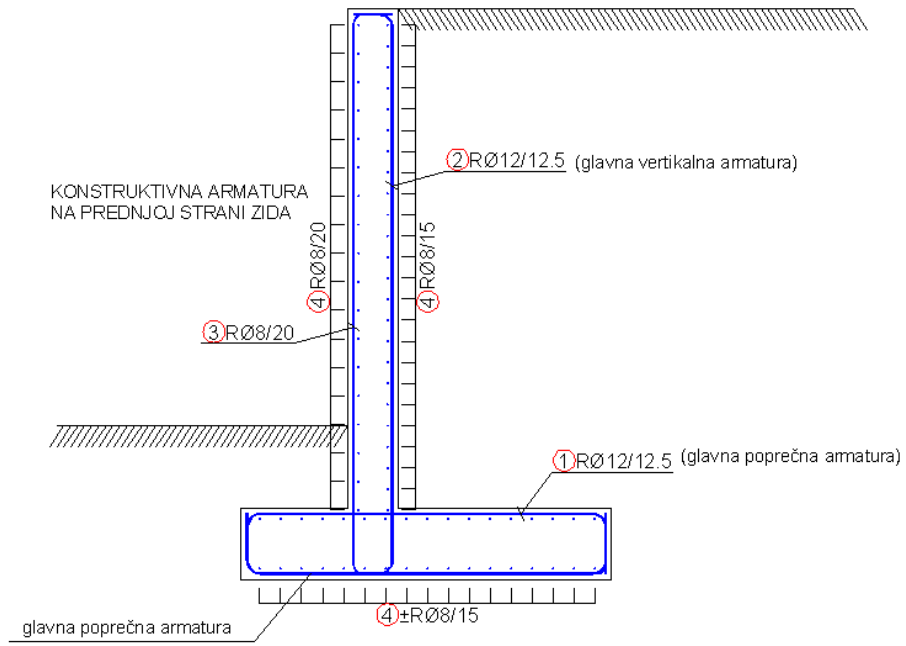
$$A_{a,pod} = 0.2 \cdot A_{aI-I} \quad \text{– horizontalna armatura u zoni prema terenu (podeona armatura)}$$

$$A_{aII-II} = \frac{f_B}{\sigma_v} \cdot \mu_1 \cdot \frac{h_0 \cdot b_1}{100} - \frac{N_u}{\sigma_v} \quad \text{– horizontalna poprečna armatura – gornja zona (glavna armatura)}$$

$$A_{a,pod} = 0.2 \cdot A_{aII-II} \quad \text{– horizontalna podužna armatura (podeona armatura)}$$

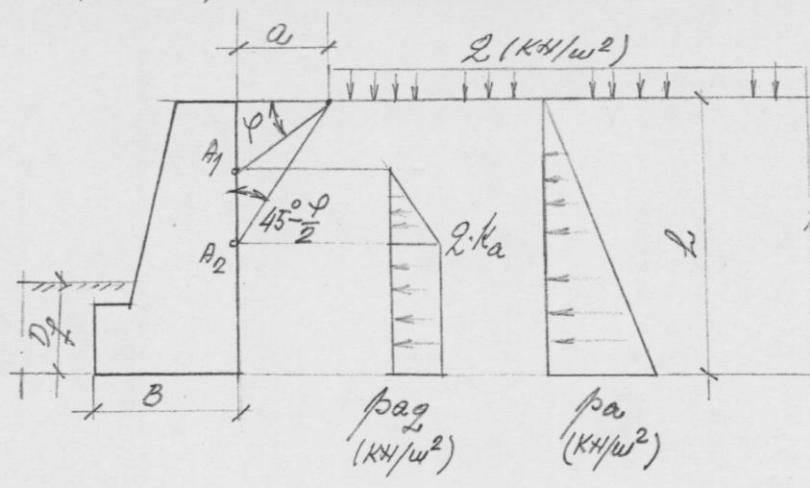
$$A_{aIII-III} = \frac{f_B}{\sigma_v} \cdot \mu_1 \cdot \frac{h_0 \cdot b_1}{100} - \frac{N_u}{\sigma_v} \quad \text{– horizontalna poprečna armatura – donja zona (glavna armatura)}$$

$$A_{a,pod} = 0.2 \cdot A_{aIII-III} \quad \text{– horizontalna podužna armatura (podeona armatura)}$$

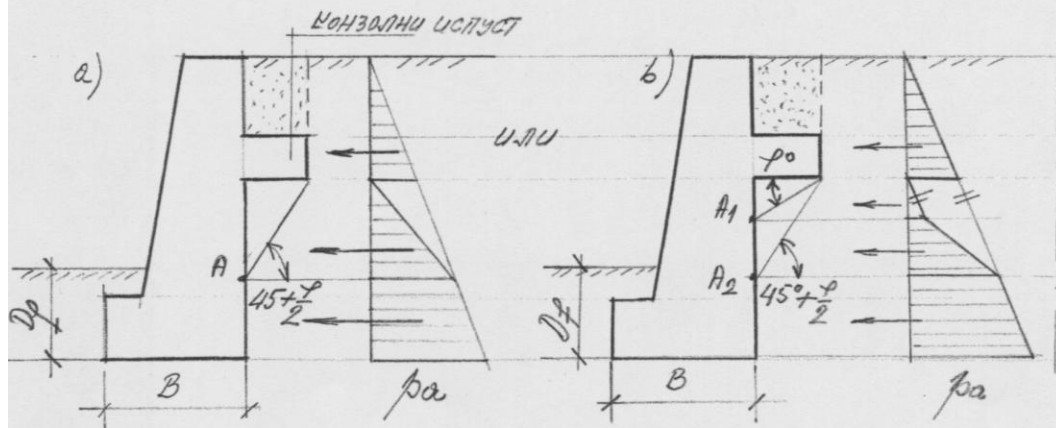


Slika 36. Mogući način armiranja AB potpornog zida

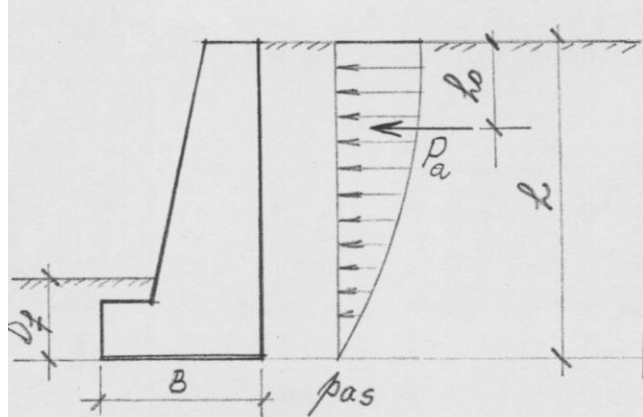
УПРИТЦИ НА ПОТПОРНЕ ЗИДОВЕ



ρ_a - АКТИВНИ УПРИТКАК ТЛА
 ρ_{a2} - УПРИТКАК НА ПОТПОРНИ ЗИД ОД РАСПОДЕЉЕНОГ ОПТЕРЕЉЕЊА Q
 $\rho_{a2} = Q \cdot k_a \text{ (кН/м}^2\text{)}$
 $k_a = \frac{1}{3} (45 - \frac{\varphi}{2})$ - КОЕФ. АКТИВНОГ ЗЕМЉАНОГ УПРИТКАКА



АКТИВНИ УПРИТКАК ТЛА НА ПОТПОРНИ ЗИД СА КОНЗОЛНИМ ИСПУСТОМ



$l_0 = \frac{1}{12} \cdot \frac{15 + 8 \cdot \tan \beta}{3 + 2 \cdot \tan \beta} \cdot L$
 β - УГАО НАГИБА ТЕРЕНА ИЗА ЗИДА
 $P_{a_s} \text{ (кН)} = \frac{3 + 2 \cdot \tan \beta}{4} \cdot K_s \cdot \psi \cdot \gamma \cdot L^2$
 ψ - КОЕФИЦИЈЕНТ РЕДУКЦИЈЕ (0,75)
 K_s - КОЕФИЦИЈЕНТ СЕИЗМИЧКОГ ИНТЕНЗИТЕТА

АКТИВНИ СЕИЗМИЧКИ УПРИТКАК ТЛА НА ПОТПОРНИ ЗИД

$K_s = \frac{\ddot{x}_{max}}{g}$; \ddot{x}_{max} - МАКСИМАЛНО УБРЗАЊЕ ТЛА НА ДАТОЈ ЛОКАЦИЈИ И
 VIII - СЕИЗМ. ЗОНА 0,20g
 VII - " - " - 0,10g
 g - ЗЕМЉИКО УБРЗАЊЕ
 (ЧР. 20 ТАБЕЛА 3 ПРАВИЛНИКА)

μ_r - УПРИТКАКНИ ФАКТОР ДИНАМИЧКОСТИ РАКТИВНОСТИ
 (ЧР. 23 ТАБЕЛА 5 ПРАВИЛНИКА)
 $\mu_r = 0,50$