

Potporni zidovi

Rubinić, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:854844>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



image not found or type unknown *Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Matej Rubinić

POTPORNI ZIDOVI : POTISAK TLA I ANALIZE STABILNOSTI

Završni rad

Rijeka, 2020.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Preddiplomski sveučilišni studij građevinarstva

Mehanika tla i stijena

**Matej Rubinić
JMBAG: 0114030817**

**POTPORNI ZIDOVI : POTISAK TLA I ANALIZE STABILNOSTI
RETAINING WALLS : EARTH PRESSURE AND STABILITY ANALYSIS**

Završni rad

Rijeka, rujan 2020.

Naziv studija: **Sveučilišni preddiplomski studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Geotehnika

Tema završnog rada

POTPORNI ZIDOVI : POTISAK TLA I ANALIZE STABILNOSTI
RETAINING WALLS : EARTH PRESSURE AND STABILITY ANALYSIS

Kandidat: **MATEJ RUBINIĆ**

Kolegij: **MEHANIKA TLA I STIJENA**

Završni rad broj: **20-P-08**

Zadatak:

Potporni zidovi su najčešći tip geotehničke konstrukcije u građevinarstvu. Koriste se u različitim uvjetima i za različite potrebe pridržanja tla kod osiguranja stabilnosti denivelacija. U ovom radu potrebno je opisati potporne zidove kao konstrukcije i opisati opterećenja koja potporni zidovi preuzimaju. Obrazložiti nastanak uvjeta potiska tla koji djeluje na potporne zidove. Pokazati kako se provode kontrole stabilnosti potpornih zidova. Na jednostavnom primjeru prikazati proračun potiska tla koji djeluje na potporni zid, te provesti osnovne analize stabilnosti potpornog zida na klizanje i prevrtanje.

Tema rada je uručena: 24. veljače 2020.

Komentor:

doc. dr. sc. Josip Peranić,
dipl. ing građ.

Mentor:

prof. dr. sc. Željko Arbanas,
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Završni rad sam izradio samostalno, u suradnji s mentorom i komentorom uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Matej Rubinić

U Rijeci, 14. rujna 2020.

SAŽETAK

Završni rad "Potporni zidovi : Potisak tla i analize stabilnosti" osvrće se na korelaciju između potisaka tla i potpornih zidova čija problematika seže još u povijest. Usporediti će se vrste potisaka te kako pojedina vrsta utječe na potpornu konstrukciju, bilo da se radi o aktivnom, pasivnom ili mirnom zemljanom potisku. Objasniti će se "Rankineovo stanje" te kakve sve uvjete mora zadovoljiti kako bi se ovo stanje ostvarilo. Prikazati će se proračun koeficijentata potisaka tla te kakav pristup su imali pojedini stručnjaci te kakva su rješenja predlagali, kao i kako je moguće uz pomoć grafičke metode dobiti rezultantu potiska tla. Također je u svemu tome bitna uloga vode te kakvo nam djelovanje ona stvara i kako se rješavanju tog problema pristupa. Potporni zidovi su jedna od najpoznatijih vrsta potpornih konstrukcija te će se prikazati kakve vrste postoje i kako pojedini potisak djeluje na njih. U konačnici će se objasniti kakve se sve vrste provjera stabilnosti provode za potporne zidove te koje uvjete moraju zadovoljiti kako bi se bilo sigurno da je potporni zid pouzdan te će to biti popraćeno računskim primjerom proračuna potpornog zida prema Eurokod-u.

Ključne riječi : aktivni potisak tla, pasivni potisak tla, mirni zemljani potisak, potporni zidovi, proračun stabilnosti

ABSTRACT

The final paper "Retaining walls : Soil Pressure and Stability Analysis" looks at the correlation between soil pressures and retaining walls whose problems go back in history. The types of pressures will be compared and how each type affects the supporting structure, whether it is active, passive or at rest pressure. "Rankine's condition" will be explained and what conditions it must meet in order for this condition to be realized. The calculation of soil pressure coefficients will be presented, as well as which approach individual experts had and which solutions they proposed, as well as how it is possible to obtain the result of soil pressure with the help of a graphical method. The role of water is also important in all of this, and what kind of action it creates for us and how to approach this problem. Retaining walls are one of the most well-known types of supporting structures, and it will be shown what types exist and how a particular earth pressure affects them. Finally, it will be explained what kind of stability checks are performed for retaining walls and what conditions must be met to ensure that the retaining wall is reliable and this will be accompanied by a calculation example of a retaining wall according to Eurocode.

Key words : active soil pressure, passive soil pressure, soil pressure at rest, retaining walls, stability calculations

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. POTISAK TLA	2
2.1. Povijesni osvrt.....	2
2.2. Mirni zemljani potisak.....	3
2.3. Aktivni potisak tla.....	5
2.4. Pasivni potisak tla.....	7
2.5. Rankineovo stanje.....	9
2.6. Coulomb-ove pretpostavke i način određivanja potiska tla.....	11
2.7. Culmannova grafička metoda određivanja potiska tla.....	12
3. POTPORNI ZIDOVI	13
3.1. Općenito.....	13
3.2. Podjela potpornih zidova.....	13
3.3. Aktivni potisak tla kod potpornih zidova.....	17
3.4. Utjecaj vode.....	18
3.5. Pasivni otpor tla.....	19
3.6. Kontrole stabilnosti potpornih zidova.....	20
3.6.1. Analiza na prevrtanje.....	21
3.6.2. Analiza na klizanje.....	22
3.6.3. Analiza stanja naprezanja ispod stope temelja zida.....	24
3.7. Gabionski zidovi.....	25
3.8. Izvedba potpornih zidova.....	27
4. PRIMJER PRORAČUNA STABILNOSTI POTPORNOG ZIDA	28
5. ZAKLJUČAK	33
6. POPIS LITERATURE	34

POPIS SLIKA:

Slika 1 : Utjecaj pomaka na potisak tla [13]

Slika 2 : Pasivni klin i poligon sila [15]

Slika 3 : Skica aktivnog i pasivnog potiska kod Rankineovog stanja [17]

Slika 4 : Skica Coulomb-ove grafičke metode i poligon sila [16]

Slika 5 : Prikaz Culmannove grafičke metode [13]

Slika 6 : Primjer potpornog zida s dimenzijama [18]

Slika 7 : Gravitacijski potporni zid [17]

Slika 8 : Sile i opterećenja koje djeluju na potporni zid [16]

Slika 9 : Pojednostavljeni prikaz mogućih potpornih zidova [15]

Slika 10 : Zid s konzolom i pripadajući dijagrami [16]

Slika 11 : Drenaža potpornog zida [16]

Slika 12 : Pasivni otpor [14]

Slika 13 : Provjere stabilnosti potpornoga zida [16]

Slika 14 : Analiza na prevrtanje [3]

Slika 15 : Analiza na klizanje [3]

Slika 16 : Povećanje stabilnosti na klizanje [16]

Slika 17 : Skica gabionskog zida [18]

Slika 18 : Gabionski zid kraj autoceste [18]

Slika 19 : Izvedba potpornog zida [14]

Slika 20 : Geometrija potpornog zida sa karakterističnim vrijednostima parametara čvrstoće

Slika 21 : Dijagram geostatičkih naprezanja, odgovarajući potisci, sile i kutovi

Slika 22 : Podjela težina od temelja i zida

POPIS TABLICA:

Tablica 1 : Koeficijenti mirnog zemljanog potiska [4-12]

Tablica 2 : Koeficijenti aktivnog zemljanog potiska s obzirom na kutove trenja između materijala u zasipu i između materijala zasipa i same konstrukcije [15]

Tablica 3 : Koeficijenti pasivnog zemljanog potiska s obzirom na kutove trenja između materijala u zasipu i između materijala zasipa i same konstrukcije [15]

Tablica 4 : Potrebni pomaci za postizanje punog pasivnog otpora [20-24]

1. UVOD

Ovaj rad obraditi će tematiku potisaka u tlu koji se javljaju u horizontalnome smjeru i to kod rješavanja inženjerskih zahvata poput potpornih zidova, podruma, tunela, dubokih temeljenja poput primjerice pilota i bunara, kod zagatnih stijena, upornjaka i sl. Problematikom potisaka tla studenti se najčešće prvi puta susreću kroz temeljne kolegije preddiplomskog sveučilišnog studija, kao što su "Mehanika tla i stijena" te u godini nakon gdje slijedi "Geotehničko inženjerstvo". Potisak tla je bitan jer utječe na konsolidacijsko ponašanje tla kao i na njegovu čvrstoću te se stoga uzima u proračune gore navedenih konstrukcija. U daljnjem nastavku geotehničkih kolegija susrelo se sa kolegijem "Geotehničko inženjerstvo" u kojemu je jedna od tema bila tema potpornih zidova o kojoj će se također u ovom radu govoriti te u toj temi do izražaja dolazi važnost i koliko su zapravo u praksi bitni potisci tla i kako utječu na konstrukcije i njihovu stabilnost. Proučiti će se koje sile ulaze u proračun potpornih zidova te kako se označavaju. Kakvu to ulogu igra ako dođe do pojave vode u tlu te kako se tome problemu pristupa, koje sve uvjete moraju zadovoljiti potporni zidovi kako bi zadovoljili sigurnosne zahtjeve tj. zadovoljavajući faktor sigurnosti. Sve će ovo biti popraćeno računskim primjerom proračuna potpornog zida u kojem će se prikazati postupak provjere sigurnosti na klizanje i prevrtanje, za koje se smatra da su najvažniji elementi na čije zahtjeve konstrukcija mora zadovoljiti te nakon kojih se može ustvrditi da li je zid u stvarnosti, siguran.

2. POTISAK TLA

2.1. Povijesni osvrt

Problem potisaka tla seže u povijest i to do početka 18.st. točnije sve do 1717. kada je Gautier nabrojao pet područja koja su prema njemu zahtijevala istraživanja i proučavanja, a jedna od tih tema bila je i dimenzioniranje gravitacijskih potpornih zidova koji su bili potrebni za zadržavanje tla. Nekolicina znanstvenika bavila se ovom temom te su objavili svoje radove i rezultate istraživanja. Prvo značajnije rješenje ponudio je francuski znanstvenik Coulomb [1], koji je pretpostavio da se klin tla ponaša kao kruto tijelo i da prolazi kliznom plohom koja je ravnina. Cjelokupno rješenje objašnjeno je u Coulombovoj teoriji određivanja potisaka tla o kojoj će biti riječi kasnije. Culmannov poligon sila, kao i Coulombova grafička metoda ostale su u upotrebi još i danas, kada nam je potrebno brzo doći do rješenja najveće i najmanje sile u rješavanju problema potpornih zidova. Daljnjem istraživanju podvrgnuo se britanski inženjer Rankine koji je analizirao ravninsko stanje naprezanja u tlu. Uz pretpostavku da je stanje naprezanja u dva međusobno okomita smjera jednako, dao je rješenje za konstrukcije s ravnom površinom terena, o čemu će također biti više riječi kasnije. U konačnici do rješenja se dolazi kombinacijom sa graničnim pravcem čvrstoće na smicanje te je iz svega toga proizašao dobro poznati Mohr-Coulombov zakon koji i dan danas tvori temelj svih daljnjih geotehničkih istraživanja i proračuna [2].

2.2. Mirni zemljani potisak

Mirni zemljani potisak (eng. *at rest pressure*) javlja se kada konstrukcija nije izložena nikakvim horizontalnim pomacima tj. naprezanjima. Ovakav slučaj se primjerice javlja kada postoji slučaj da je zid ograničen od kretanja sa obje strane, primjerice duž podruma zid koji je na dnu ograničen pločom, a na vrhu sustavom podnih okvira prije postavljanja zasipa tla uz zid.

Glavna naprezanja povezana sa koeficijentom mirnog, tj. neutralnog, zemljanog potiska daju nam izraz horizontalnih naprezanja (1):

$$\sigma_h = K_o * \sigma_v \quad (1)$$

gdje je σ_h horizontalno naprezanje, K_o koeficijent mirnog zemljanog pritiska, σ_v vertikalno naprezanje.

Koeficijent mirnoga zemljanog potiska K_o povezuje veličine glavnih naprezanja u tlu te je poznato da nije jednoznačan i da ga nije jednostavno odrediti. Koeficijent K_o veći je od koeficijenta aktivnog potiska tla, K_a , a manji od koeficijenta pasivnog potiska tla, K_p , te se mijenja s razvojem opterećenja odnosno rasterećenja. Iznos koeficijenta K_a ovisi o tektonici, načinu taloženja te prethodnim opterećenjima [3]. Razni autori i stručnjaci predložili su izraze za određivanje koeficijenta mirnog zemljanog potiska ili su pak dali približne raspone vrijednosti, kao što je prikazano u Tablici 1.

Tablica 1 : Koeficijenti mirnog zemljanog potiska [4-12]

Tlo	Teorija	Autor	K_0
normalno konsolidirano	plastičnosti	Jáky (1944.) (za rahli pijesak)	$(1 - \sin \varphi') \frac{\left(1 + \frac{2}{3} \sin \varphi'\right)}{(1 + \sin \varphi')}$
		Jáky (1944.) pojednostavnjena	$1 - \sin \varphi'$
		Danski geotehnički institut (1978.) (nagnuta površina tla iza podupore za kut β)	$(1 - \sin \varphi')(1 + \sin \beta)$
		Brooker i Ireland (1965.) (daje rezultate sličnije teoretskoj Jákyevoj jednadžbi)	$0,95 - \sin \varphi'$
		Šuklje (1979.)	nekoherentno tlo; $< 0,5$ koherentno tlo; $> 0,5$
prekonso- lidirano		Mayne i Kulhway (1982.) (OCR= σ_p'/σ_{v0} , Roje-Bonacci, 2003.)	$(1 - \sin \varphi') OCR^{\sin \varphi}$
		Terzaghi (1920.)	$0,4 - 0,5$
zbijeni pijesak		Sherif i sur. (1982.) ρ_{komp} – zbijena gustoća; ρ_{min} – minimalna gustoća.	$(1 - \sin \varphi') - 5,5 \left[\frac{\rho_{komp}}{\rho_{min}} - 1 \right]$
	elastičnosti	Moroto i Muramatsu (1987.): E_h i E_v moduli elastičnosti tla u vodoravnom (h) i uspravnom (v) smjeru	$\sqrt{\frac{E_h}{E_v}}$
		Tschebotarioff (1973.) (ν , Poissonov koeficijent)	$\frac{\nu}{1 - \nu}$ ($\nu_{max}=0,5$)

Jedne od najčešće korištenih jednadžbi za određivanje koeficijent mirnog zemljanog potiska su izrazi prema Jáky-u (Tablica 1) te izraz (2) prema Kezdi-ju koji glasi:

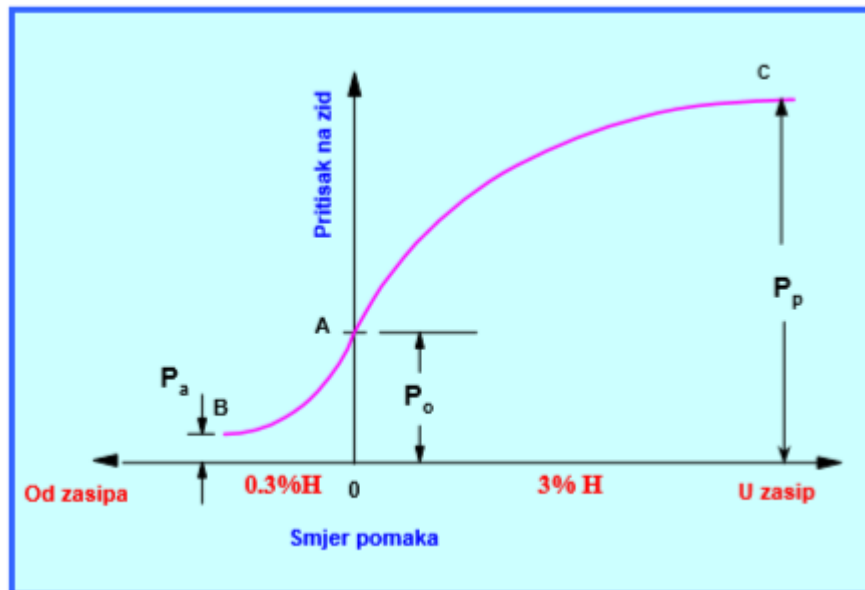
$$K_0 = (1 + 2/3 \sin \varphi) * \tan^2(45 - \varphi/2) \quad (2)$$

gdje je K_0 koeficijent mirnog zemljanog potiska, a φ kut trenja materijala odnosno parametar čvrstoće.

2.3. Aktivni potisak tla

Aktivni potisak tla (eng. *active earth pressure*) se javlja kada konstrukcija koja treba zadržavati zasip, od njega se u stvarnosti odmiče, odnosno pomak je u ovom slučaju aktivan. Do pomaka dolazi zbog gravitacijskog djelovanja zasipa odnosno njegove težine. Što je veći kut unutarnjeg trenja to će horizontalno naprezanje biti manje.

Aktivni potisak tla je najmanji horizontalni potisak. Potrebno je 0,3% od visine zasjeka da dođe do aktivnog potiska tla, dok je za aktiviranje punog pasivnog potiska potreban pomak od 3% visine zasjeka [13]. Na Slici 1 je predočeno kakav utjecaj pomak ima na potisak tla.



Slika 1 : Utjecaj pomaka na potisak [13]

Utjecaj kohezije na potisak tla je pozitivan odnosno drugim riječima, smanjuje ga zato jer stvara vlačno naprezanje.

Kao i kod mirnog zemljanog potiska, tako i kod aktivnog postoji formula preko koje je moguće dobiti vrijednost koeficijenta aktivnog tlaka. Izraz za opći slučaj dan je jednadžbom (3).

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi)}{\sin^2 \alpha * \sin(\alpha - \delta) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\rho + \delta) * \sin(\varphi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) * \sin(\alpha + \beta)}}\right)^2} \quad (3)$$

gdje je α kut nagiba zasjeka, β kut nagiba terena, δ kut trenja materijala i konstrukcije, φ unutarnji kut trenja materijala [14].

Nadalje, sila aktivnog potiska dobija se jednadžbom (4):

$$P_a = 0.5 * \gamma * H^2 * K_a \quad (4)$$

gdje je γ zapremninska težina tla, K_a koeficijent aktivnog potiska tla, te H visina zasjeka.

Prikaz određivanja sile aktivnog potiska prikazati će se u zasebnom poglavlju koje obrađuje Coulomb-ove pretpostavke određivanja potiska tla, dok Tablica 2 prikazuje kako se koeficijent aktivnog potiska mijenja s obzirom na kutove trenja.

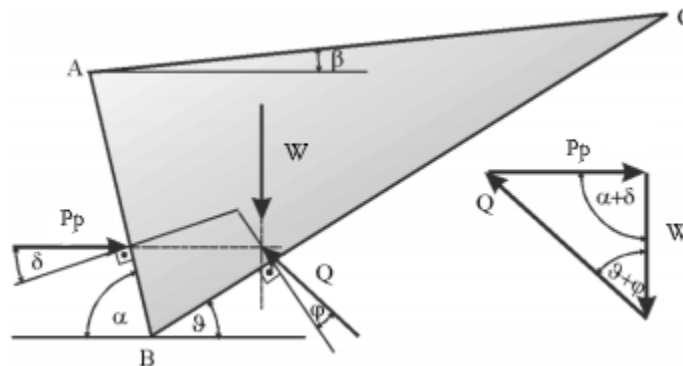
Tablica 2 : Koeficijenti aktivnog zemljanog potiska s obzirom na kutove trenja između materijala u zasipu i između materijala zasipa i same konstrukcije [15]

ϕ (deg)	δ (deg)				
	0	5	10	15	20
28	.3610	.3448	.3330	.3251	.3203
30	.3333	.3189	.3085	.3014	.2973
32	.3073	.2945	.2853	.2791	.2755

2.4. Pasivni potisak tla

Pasivni potisak tla (eng. *passive earth pressure*) javlja se kada konstrukcija koja u ovom slučaju zadržava zasip se u njega utište te je pomak pasivan.

Za razliku od aktivnog, ovdje su pomaci tla u zasipu suprotni djelovanju gravitacije [2]. Pasivni pritisak uzrokuje horizontalno zbijanje zasipa i štoviše, pasivni potisak je daleko veći od aktivnog potiska tla [15]. Ukoliko bi se gledao omjer pasivnog potiska naspram aktivnog potiska, došlo bi se do rezultata blizu 10. Na Slici 2 prikazan je pasivni klin te njegov pripadajući poligon sila.



Slika 2 : Pasivni klin i poligon sila [15]

Izraz za određivanje koeficijenta pasivnog potiska tla dan je jednadžbom:

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \rho)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha + \delta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\rho + \delta) \cdot \sin(\rho + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}}\right)^2} \quad (5)$$

Sila pasivnog potiska tla određuje se jednadžbom (6):

$$P_p = 0.5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_p \quad (6)$$

gdje je γ zapremninska težina, K_p koeficijent pasivnog potiska tla, H visina zasjeka.

Prethodno se prikazalo kako se aktivni pritisak mijenja s obzirom na kut unutarnjeg trenja materijala u zasipu i kut trenja materijala zasipa i konstrukcije. U Tablici 3 prikazane su iste veličine za pasivan slučaj.

Tablica 3 : Koeficijent pasivnog pritiska s obzirom na kut unutarnjeg trenja materijala u zasipu i kut trenja materijala zasipa i konstrukcije [15]

	δ (deg)				
ϕ (deg)	0	5	10	15	20
30	3.000	3.506	4.143	4.977	6.105
35	3.690	4.390	5.310	6.854	8.324

2.5. Rankineovo stanje

Rankineovo stanje vrijedi ako su zadovoljene slijedeće pretpostavke:

- površina terena je horizontalna ($\beta = 0^\circ$),
- konstrukcija tj. podupora je vertikalna ($\alpha = 90^\circ$),
- pomaci su horizontalni u tlu,
- ne postoji trenje između konstrukcije i tla zasipa ($\delta = 0^\circ$).

Dakako, prethodno predstavljeni izrazi za određivanje koeficijenata aktivnog i pasivnog potiska se pojednostavljaju i zaprimaju vrijednosti za Rankineovo stanje:

$$K_a = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2) \quad (7)$$

$$K_p = \operatorname{tg}^2 (45^\circ + \varphi/2) \quad (8)$$

Kritični nagibi plohe sloma mijenjaju se u slijedeće;

$$\theta_a = 45^\circ + \varphi/2 \quad (9)$$

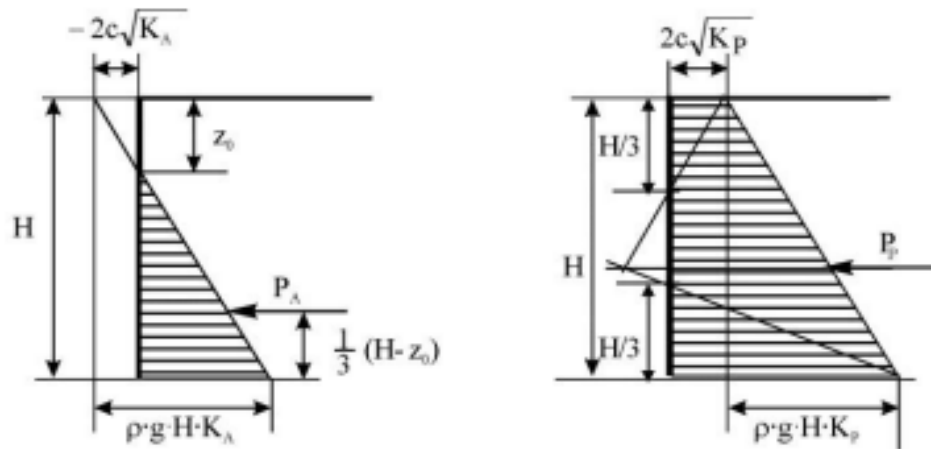
$$\theta_p = 45^\circ - \varphi/2 \quad (10)$$

Što se tiče kohezije tj. njenog utjecaja, kao i utjecaja vode u tlu, kohezija kod aktivnog potiska ima negativan predznak što znači da smanjuje naprezanja, dok je kod pasivnoga to pozitivna vrijednost te se nadodaje na već postojeća naprezanja [3].

Kohezija u proračun ulazi izrazom, gdje se kod pasivnog samo K_a mijenja u K_p ;

$$2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} \quad (11)$$

gdje je c kohezija, a K_a koeficijent aktivnog potiska tla.



Slika 3 : Skica aktivnog i pasivnog potiska za slučaj Rankineovog stanja [17]

Dimenziju Z_0 određuje se prema izrazu (12) kako bi se vidjelo na kolikoj visini postoji utjecaj vlačnih naprezanja.

$$Z_0 = \frac{2 \cdot C}{\varphi \cdot g \cdot \sqrt{K_a}} \quad (12)$$

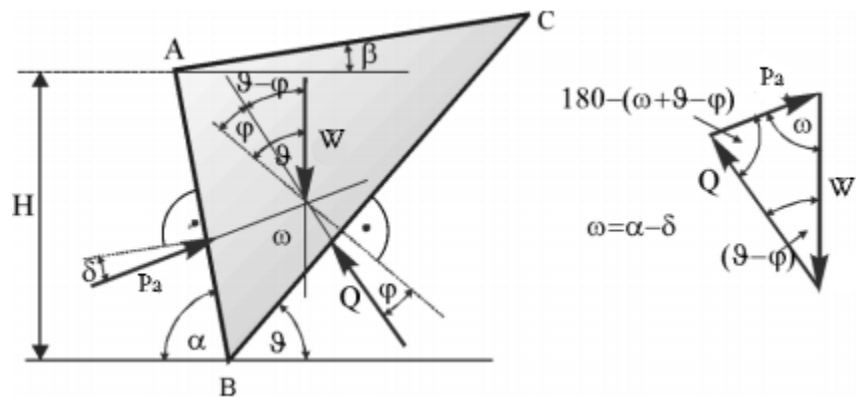
Voda na ovakve tipove građevina može djelovati hidrostatički, što je najčešće, ali i hidrodinamički. Uglavnom se javlja kada je razina podzemne vode došla do temelja, kada dođe do naglih oborina te voda ne može dovoljnom brzinom otjecati, ili kada konstrukcija služi kako bi štitila npr. građevnu jamu koja se nalazi ispod razine podzemne vode. U većini slučajeva, problem vode se rješava ugrađivanjem drenaža koje eliminiraju mogućnost stvaranja hidrostatskog pritiska, a o tim drenažama je potrebno voditi računa te ih s vremena na vrijeme i održavati [16].

2.6. Coulomb-ove pretpostavke i način određivanja potiska tla

Coulomb-ove pretpostavke su slijedeće:

- klizna ploha je zamišljena kao ravnina i prolazi kroz nožicu zasljea,
- klin tla, kao i sama potporna konstrukcija ponašaju se kao kruto tijelo,
- na kliznoj plohi biti će aktivirana puna vrijednost čvrstoće na smicanje,
- hvatište, kao i smjer utjecaja naše rezultantne sile P_a , tj. P_p ovisno o tipu potiska [13].

Primjer proračuna na aktivni potisak prikaza je na slici 4.



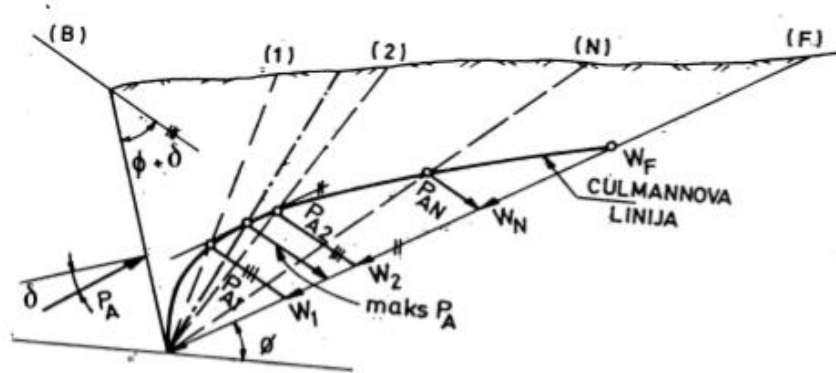
Slika 4 : Skica Coulomb-ove grafičke metode i poligon sila [16]

Objašnjenje oznaka;

- G – težina klina materijala
- Q – aktivirana sila uslijed trenja na kliznoj plohi
- P_a – rezultantna sila u ovom slučaju aktivnog potiska tla
- H – visina zasljea
- α – kut zasljea
- β – kut nagiba terena
- φ – kut unutarnjeg trenja materijala
- δ – kut trenja materijala i konstrukcije
- θ – kut nagiba klizne plohe

2.7. Culmannova grafička metoda određivanja potiska tla

Kada poligon sila zarotiramo za $90^\circ - \varphi$ tada će se dobiti Culmannova grafička metoda kod koje se konstruira odnosno određuje kritična klizna ploha te njoj najveća pripadajuća sila aktivnog potiska, u ovom slučaju označenu kao P_{AN} .



Slika 5 : Prikaz Culmannove grafičke metode [13]

Postupku se pristupa tako da zadani zasjek podijeli na više klinova. Za približno rješenje je 5-6 klinova u pravilo dovoljno iako, što više to bolje. Točke na gornjoj strani terena biraju se proizvoljno. Računaju se težine svakog klina preko površina pomnoženog sa zapremninskom težinom. Ako se pretpostavi da je u točki nožice, točka 0, onda ravnine 0 - 1, 0 - 2 itd. predstavljaju potencijalne plohe sloma. Radi se pomoćni pravac zarotiran za φ u odnosu na horizontalu. Također se radi pomoćni pravac zarotiran za $\varphi + \delta$ u odnosu na konstrukciju odnosno zadnje lice zida te paralelno s njim iz krajeva sila W povlači se paralelne pravce.

Tamo gdje svaki pravac siječe odgovarajuću zamišljenu plohu sloma, spajaju se sve te točke i dobiva se Culmannova parabola. Najveća sila P_{AN} biti će na mjestu gdje joj je najveća moguća dužina, također je bitno napomenuti da se sve crta u odgovarajućem mjerilu [13].

3. POTPORNİ ZİDOVI

3.1. Općenito

Potporni zidovi su raščlanjene ili masivne, trajne ili privremene konstrukcije koje podupiru zasjeka terena ili nasutog materijala. Oni prihvaćaju pritisak tla te ga preko svoje konstrukcije prenose na temelje, a preko temelja na temeljno tlo i time osiguravaju stabilnost ne samo potpornog zida već i materijala iza njega. Zasipi se najčešće izvode od krupnozrnatog materijala zbog manjeg potiska, što proizlazi iz većeg φ i zbog dobre vodopropusnosti. Izvode se kada je potrebno zaštititi pokose zasjeka primjerice na prometnicama, krila upornjaka mostova, predulaza u tunele, suhih dokova, valobrana, brodskih prevodnica, zidova skladišta kod kojih je materijal rasut [2].

3.2. Podjela potpornih zidova

Postoje brojne podjele potpornih zidova, od kojih su neke slijedeće [17].

Po vrsti rabljenog materijala:

- od nasutih materijala,
- od lomljenog kamena,
- betona,
- armiranog betona.

Po načinu nošenja:

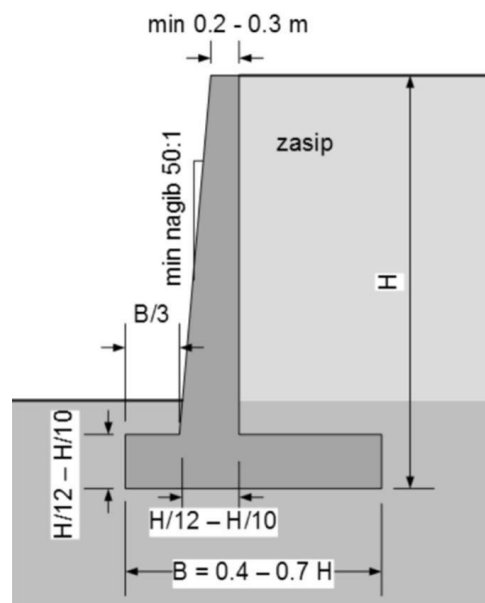
- sa zategama,
- gravitacijski,
- konzolni,
- raščlanjeni,
- montažni.

Generalno gledano prema tipu potpornih zidova razlikuju se na:

- masivne,

- olakšane,
- tankostijene.

Prilikom odabira dimenzija i oblika potpornog zida prvo se odabire visina zida koja se pruža od vrha samog zida do dna temelja. Potrebno je predvidjeti da se uzme optimalna dubina ukopavanja koja u pravilu ne bi smjela biti manja od razine smržavanja. Zatim slijedi odabir širine zida te se preporuča izvedba istaka ispred zida [18]. Preporučene početne dimenzije dane su na Slici 6.



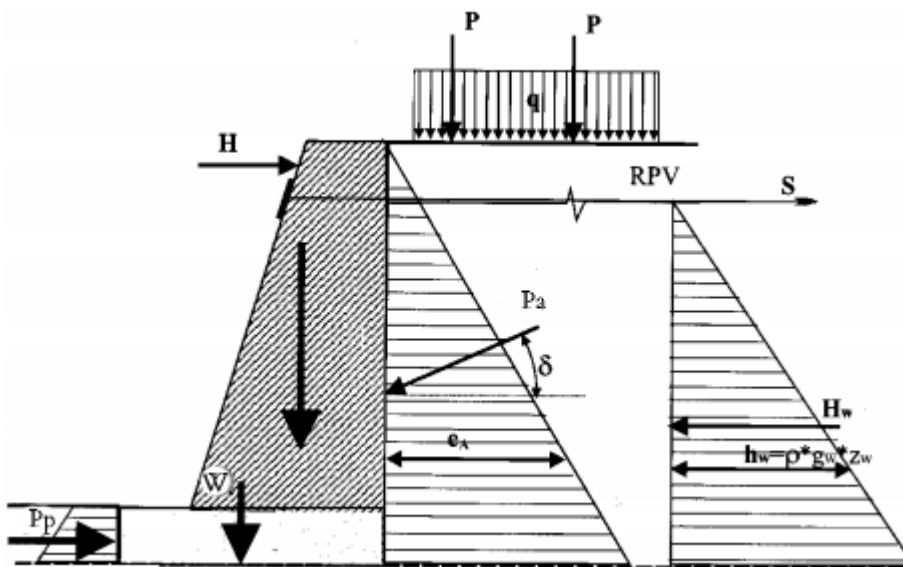
Slika 6 : Primjer potpornog zida s dimenzijama [18]

Na Slici 7 biti će prikazan gravitacijski potporni zid u prirodi.



Slika 7 : Gravitacijski potporni zid [17]

Na Slici 8 dan je shematski prikaz svih sila kao i opterećenja koja djeluju na potporni zid.

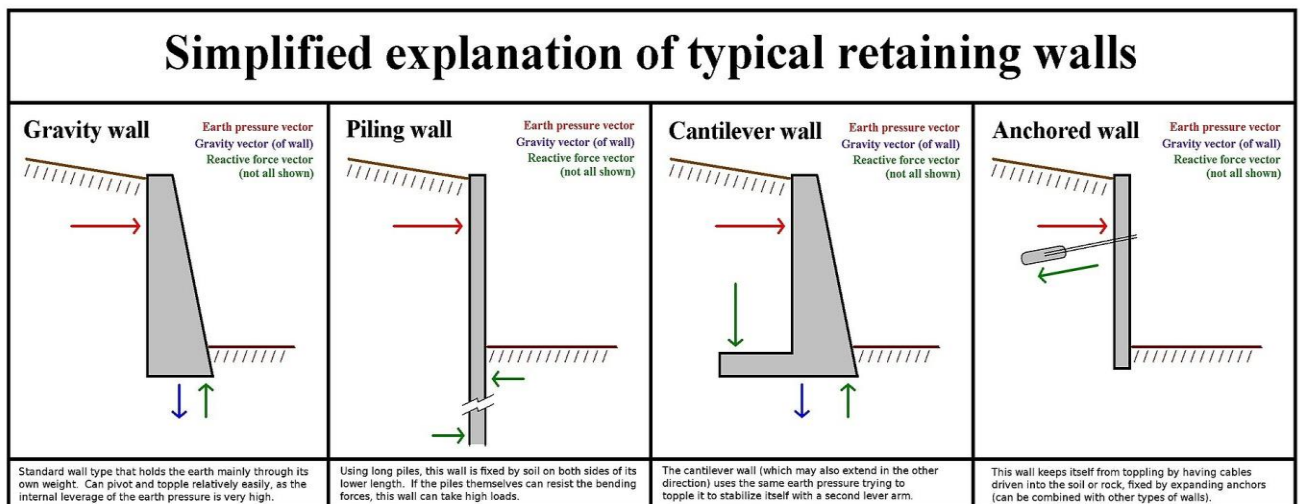


Slika 8 : Sile i opterećenja koja djeluju na potporni zid [16]

Sile koje djeluju na potporni zid, odnosno opterećenja su [17]:

- aktivni pritisak, P_A
- pasivni pritisak, P_P
- hidrostatski pritisak, H_w
- hidrodinamičke sile, U
- vlastita težina potpornoga zida kao i temelja, W
- dodatni tereti na površini terena, q
- reakcija na dnu temelja, T
- sila u zatezi, S .

Slijedi Slika 9 na kojoj je prikazan pojednostavljeni prikaz mogućih potpornih zidova.



Slika 9 : Pojednostavljeni prikaz mogućih potpornih zidova [15]

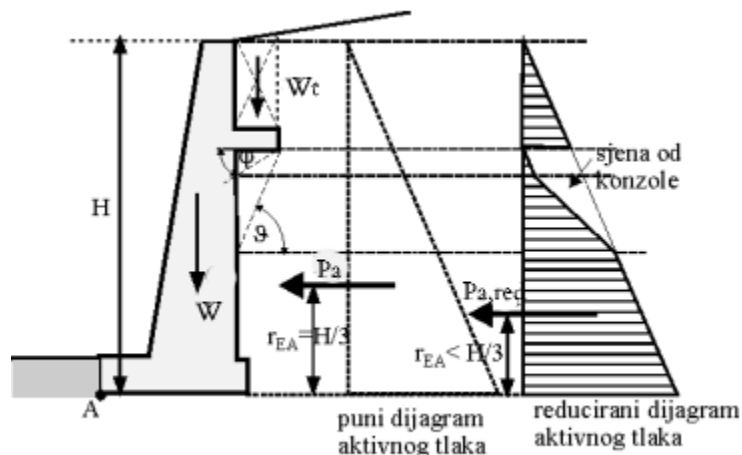
3.3. Aktivni potisak tla kod potpornih zidova

Aktivni potisak tla se javlja kao opterećenje na potpornu konstrukciju i to u uvjetima dilatiranja tla. Njegova veličina, odnosno vrijednost, ovisi o parametrima čvrstoće materijala koji se nalazi u zasipu.

Bitniji uvjeti kod kojih se ovo javlja:

- prekonsolidirana glina,
- normalno konsolidirana glina,
- rahli pijesci,
- zbijeni pijesci.

Zidovi s konzolom koriste se do visina od 10,0 m. Preporuča se da se konzola izvede na 2,0 do 3,0 m te ne bi trebala biti duža od 2,0 m. Princip na kojem konzola funkcionira je takav da se na nju ugradi tlo koje će stvarati pozitivan moment i time povećati stupanj sigurnosti potpornog zida. Zadnje lice zida iznad konzole predstavlja vertikala od kraja konzole. Veći kut δ rezultira većom hrapavošću zadnjeg lica zida zbog veće vertikalne komponente potiska tla te time djeluje povoljno [16].



Slika 10 : Zid s konzolom i pripadajući dijagrami [16]

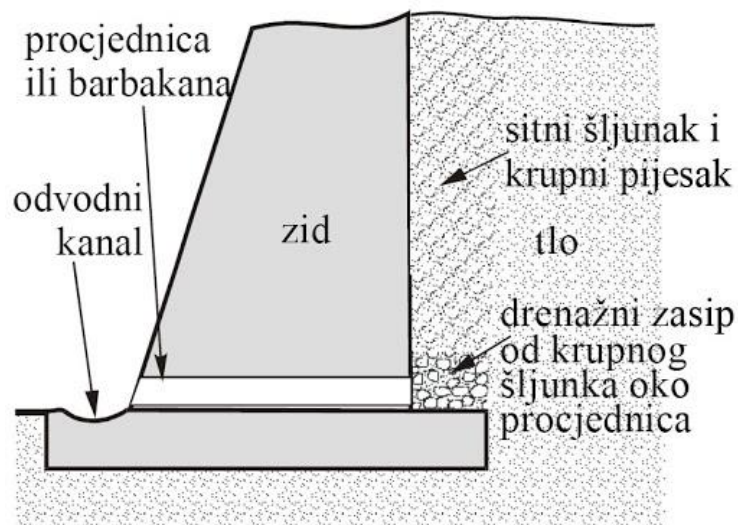
3.4. Utjecaj vode

Dizajn i performanse većine potpornih zidova bazira se na tome da se zona iza zida održava relativno suhom, kako bi se osigurala kvaliteta izvedbe. Bitno je da korišteni nasip ne bude saturiran te da prilikom projektiranja predvidimo moguće zone pojave vode te se to preusmjeri podalje od zida. Ako dođe do pojave podzemne vode koja se podigne iznad stope temelja sa strane zasipa na zid će djelovati i hidrostatski pritisak, koji je veći od razlike aktivnog potiska tla ako je riječ o u uvjetima vlažne tj. uronjene zapreminske težine zasipa [19].

Hidrostatski tlak može se ukloniti izvedbom:

- drenažnih cijevi,
- izvedbom drenažnoga sloja materijala iza potpornog zida,
- uzdužnom drenažom u nožici zasipa.

Ove mjere uklanjanja hidrostatskih pritisaka ne mogu važiti i za eliminaciju nepovoljnih hidrodinamičkih sila, čije se uklanjanja predviđa izvedbama dubokog dreniranja izvedbom bušenih drenova [14].



Slika 11 : Drenaža potpornog zida [16]

3.5. Pasivni otpor tla

Pasivni otpor tla može se pojaviti sa strane ispred temelja i to u smislu pozitivnog doprinosa stabilnosti, no on se uglavnom zanemaruje zbog toga jer:

- neće se dosegnuti jako velike deformacije (3% H),
- dolazi s vremenom do rasterećenja,
- "Efekt poštarar" – postavljanje kanala ispred čime se gubi pasivni otpor [4].

Pasivni otpor vidljiv je sa lijeve strane potpornoga zida na slici 12.



Slika 12 : Pasivni otpor [14]

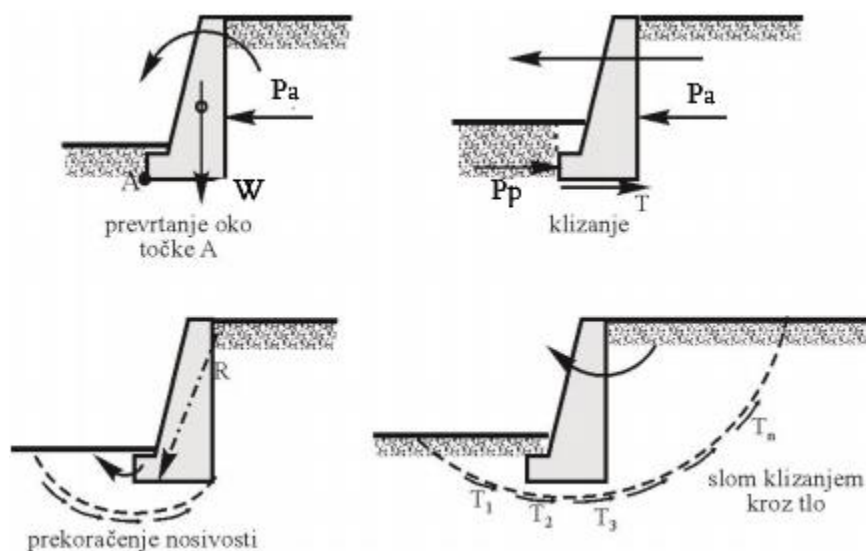
3.6. Kontrole stabilnosti potpornih zidova

Analiza i dimenzioniranje potpornoga zida znači provjeriti nekolicinu stanja stabilnosti, a sama srž proračuna je proračunavanje faktora stabilnosti F_s koji ne može biti manji od 1 jer se u tome slučaju zid, ruši, ali također treba biti iznad vrijednosti 1.5 odnosno 50% čime se osigurava da smo stvarno na strani sigurnosti. Faktor sigurnosti je omjer veličine koja se nama javlja u prirodi odnosno stvarna statička veličina, podjeljena sa statičkom veličinom koja bi bila potrebna kako bi sustav bio u ravnoteži [15].

Provjere se provode na:

- prevrtanje,
- klizanje,
- provjera naprezanja ispod stope temelja zida,
- slijeganje,
- terenski skok.

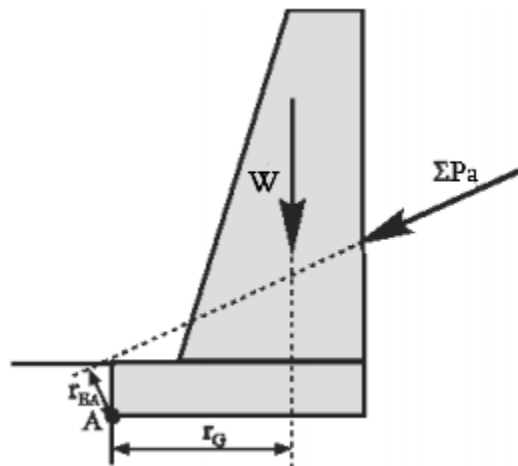
Ovo su moguće provjere koje se mogu provesti, no one najvažnije su provjera na prevrtanje i na klizanje.



Slika 13 : Provjere stabilnosti potpornog zida [16]

3.6.1. Analiza na prevrtanje

Pretpostavka s kojom se ulazi u proračun je da se zid može pomaknuti, da na njega djeluje aktivni pritisak te da je zid kruto tijelo. Analiza se vrši tako da se računaju momenti od korisnih djelovanja (vlastita težina), a s druge strane momenti nepovoljnih djelovanja (aktivni pritisak) i to se sve provodi oko točke "A" koja je najjisturenija točka temelja zida. Postupak je objašnjen na slici 14 [3].



Slika 14 : Analiza na prevrtanje [3]

Analiza se provodi za 1m' zida. Proračun faktora sigurnosti dan je izrazom (13):

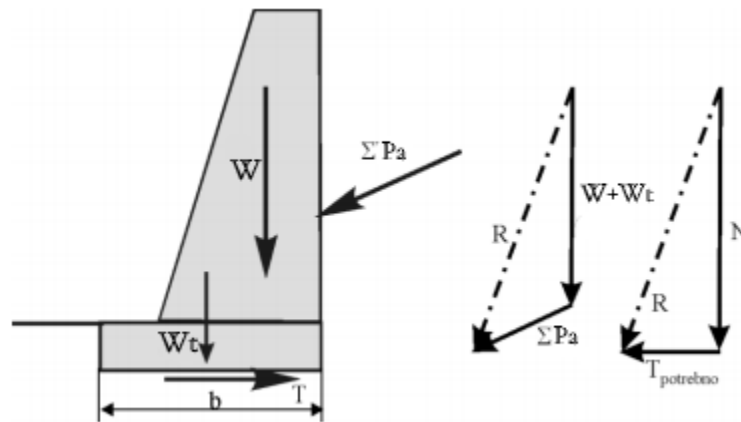
$$F_{sp} = \frac{G * r_G}{(\Sigma E_a) * r_{Ea}} \quad (13)$$

gdje su članovi jednadžbe prikazani na Slici 14.

Kao što je i ranije već rečeno, faktor sigurnosti trebao bi biti iznad 1.5 kako bi se stabilnost zida smatrala zadovoljavajućom.

3.6.2. Analiza na klizanje

Nakon provjere analize na prevrtanje, pristupa se analizi stabilnosti na klizanje. Sve sile koje djeluju na konstrukciju mogu se zamijeniti sa odgovarajućim sumama sila u vertikalnom (ΣV) te horizontalnom (ΣH) smjeru. U ovom slučaju nepovoljno djeluje rezultanta horizontalnih sila koja nastoji "odgurati" potporni zid. Ovoj sili suprotstavlja se sila mogućeg otpora tla [15].



Slika 15 : Analiza stabilnosti potpornog zida na klizanje [3]

Proračun faktora sigurnosti provodi se korištenjem izraza:

$$F_{Sk} = \frac{T_{mog.}}{T_{pot.}} \quad (14)$$

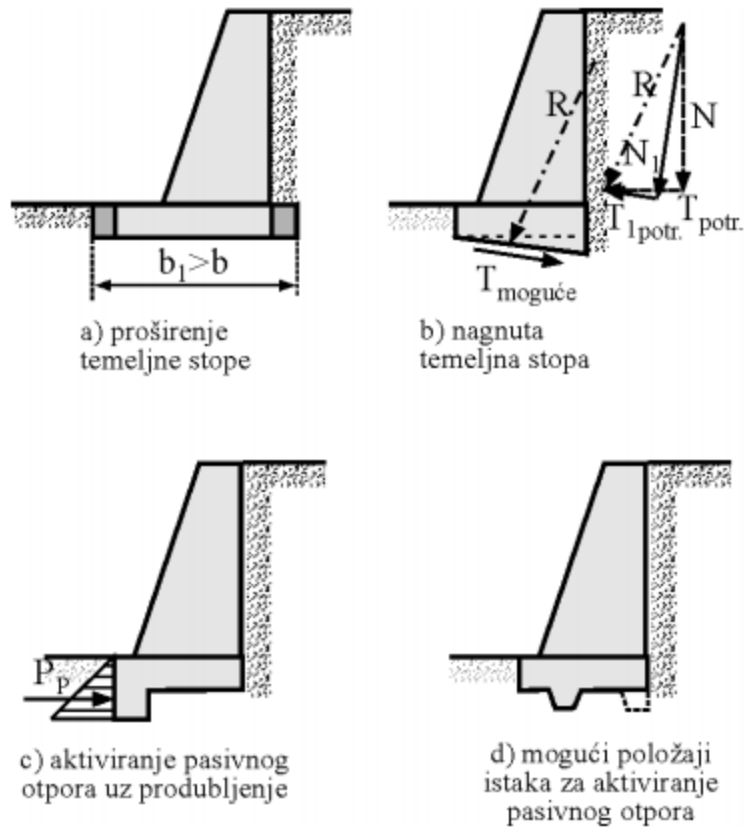
pri čemu vrijedi:

$$T_{moguće} = N * \operatorname{tg} \psi \quad (15)$$

gdje je $\operatorname{tg} \Psi \leq \operatorname{tg} \phi$, a N zbroj svih uspravnih sila ili svih sila okomitih na plohu temelj-tlo, ako ona nije vodoravna.

$$T_{moguće} = \alpha * c * b + N * \operatorname{tg} \psi \quad (16)$$

U čemu je c kohezija, $\alpha * c$ -adhezija, b-temeljna stopa, a kut ψ je kut nagiba klizne plohe po dubini.



Slika 16 : Povećanje stabilnosti na klizanje [16]

Tablica 4 : Potrebni pomaci za postizanje punog pasivnog otpora [20-24]

istraživač	visina zida H [m]	zasip	zbijeno	način pomaka	veličina relativnog pomaka, a^*/H , potrebna za puni pasivni otpor
Broms i Ingelson (1971.)	2,7	pijesak	da	rotacija	0,003
Carder i sur. (1977.)	1,0	pijesak	da	translacija	0,025
Carder i sur. (1980.)	1,0	prašinstva glina	da	rotacija	0,132
Tcheng i Iseux (1972.)	3	pijesak	da	rotacija	0,02 do 0,06
Terzaghi (1934.)	1,5	pijesak	da	rotacija	0,001

3.6.3. Analiza stanja naprezanja ispod stope temelja zida

Sila koja djeluje na kontaktnu površinu između samog temelja i tla može se zamijeniti sa vertikalnom silom koja predstavlja sumu svih vertikalnih sila i djeluje na udaljenosti e , odnosno ekscentru od težišta presjeka T .

Zavisno o položaja sile na težište razlikujemo:

- $e = 0$, sila prolazi kroz težište
- $e \leq B/6$, sila u samoj jezgri presjeka
- $e \geq B/6$, sila prolazi izvan jezgre presjeka
-

Za slučaj 1, vrijedi:

$$\sigma_0 = \frac{\Sigma V}{B \cdot 1} \quad (17)$$

Za slučaj 2, vrijedi:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\Sigma V}{B \cdot 1} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad (18)$$

Za slučaj 3, vrijedi:

$$\sigma_{max} = \frac{2\Sigma V}{3u \cdot 1} \quad (19)$$

Također je bitno napomenuti da zbog izostavljanja moguće pojave koncentriranih napona na rubovima temelja vrijedi pravilo da $u \geq B/5$. Kada je riječ o slučaju da je sila izvan jezgre presjeka mora se izvršiti redukcija plohe uz isključenje naprezanja na odgovarajućoj širini [17].

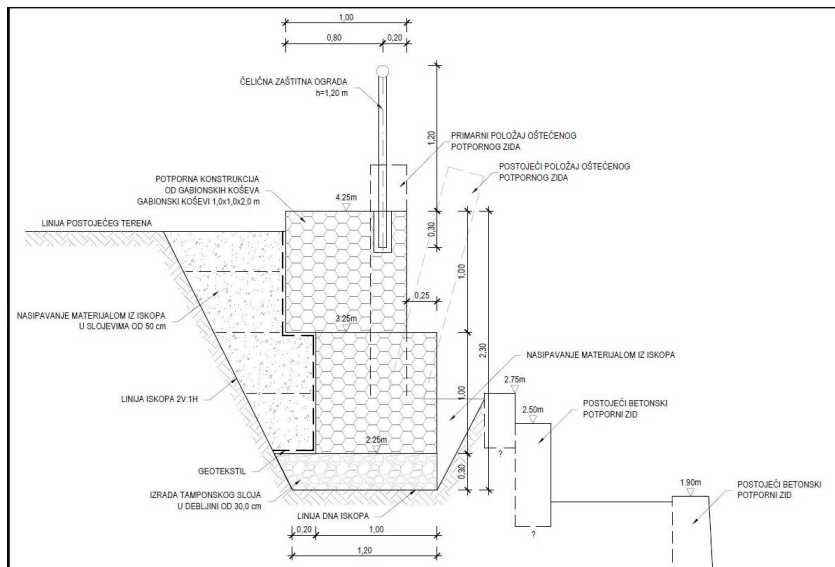
3.7. Gabionski zidovi

Naziv gabionskih zidova seže daleko u prošlost od stare talijanske riječi gabbione što bi značilo "kavez". Uglavnom u prošlosti ovakve su se strukture izvodile kako bi se štitile obale rijeka ili primjerice vojne utvrde. U današnje moderno doba ovi se zidovi koriste za stabilizaciju obala ili autocesta, ne samo zato jer su efektivni nego već i zato jer pružaju zanimljiv izgled koji je blagodat za krajolik u kojem se nalazi. Izvodi se od koševa koji se slažu u više redova, zavisno o visine zida, a sami koševi su zatvoreni sa svih strana. Izrađuju se najčešće od heksagonalne pocinčane žičane mreže u koje se ugrađuje lomljeni kamen te u konačnici predstavljaju alternativno rješenje naspram betonskih konstrukcija [18].

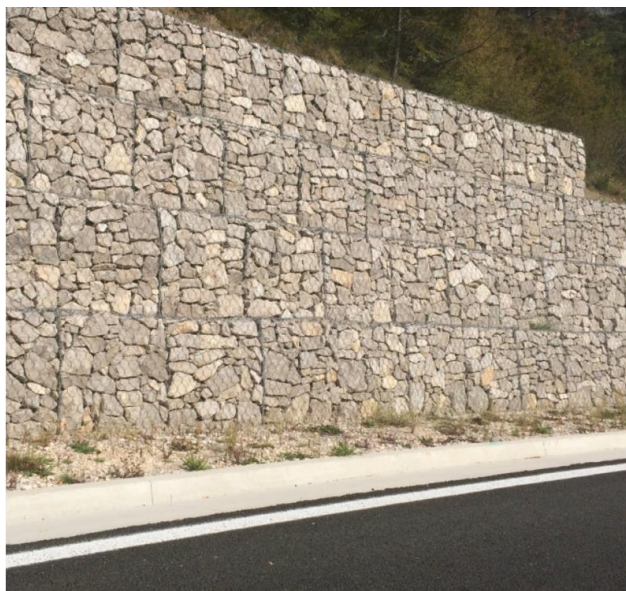
Funkcije gabionskog zida:

- izrada barijere koja sprječava eroziju tla,
- sprečavanje klizanja tj. ispiranja tla,
- smanjenje brzine vode kod vodenih tokova.

Prednosti ovakvog zida su usklađenost s okolišem, vodopropusnost te dugotrajnost. Uobičajene dimenzije gabionskih koševa su 2,0x1,0x1,0m. Nakon slaganja svakog reda koševi se dodatno povezuju i ojačavaju žicom kako ne bi došlo do deformacije uslijed težine gornjih redova. Prvi red predstavlja temelj, drugi red se slaže tako da se od vanjskog ruba pomiče za udaljenost prema unutra te nakon svega toga se pristupa popunjavanju gabionskih koševa. Sa stražnje strane gabionskog zida ugrađuje se geotekstil kako bi se odvojilo sitne čestice materijala od kamena koji je ugrađen u zid kako bi se osigurala vodopropusnost te mehanizam filtriranja kojim se ograničava ispiranje sitnog materijala iza zida [18]. Gabionski zid smatrati će se stabilnime ukoliko tlačna linija prolazi jezgrama presjeka na dodirnoj plohi svakog elementa [17]. Poprečni presjek i primjer izvedenog gabionskog zida predloženi su Slikom 17 i 18.



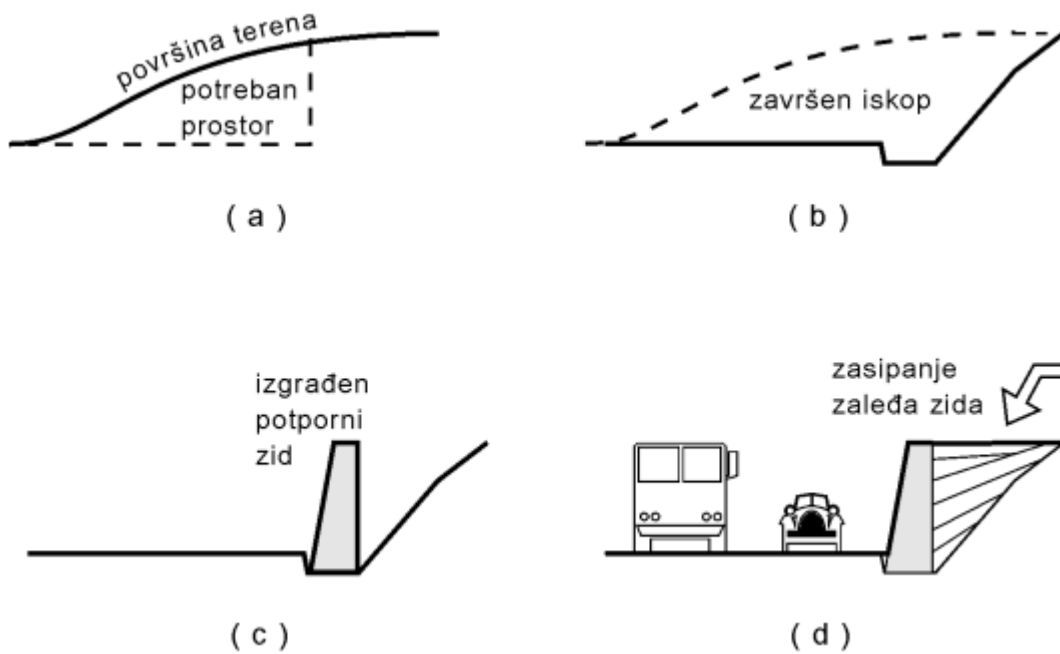
Slika 17 : Presjek gabionskog zida [18]



Slika 18 : Gabionski zid kraj autoceste A1 [18]

3.8. Izvedba potpornih zidova

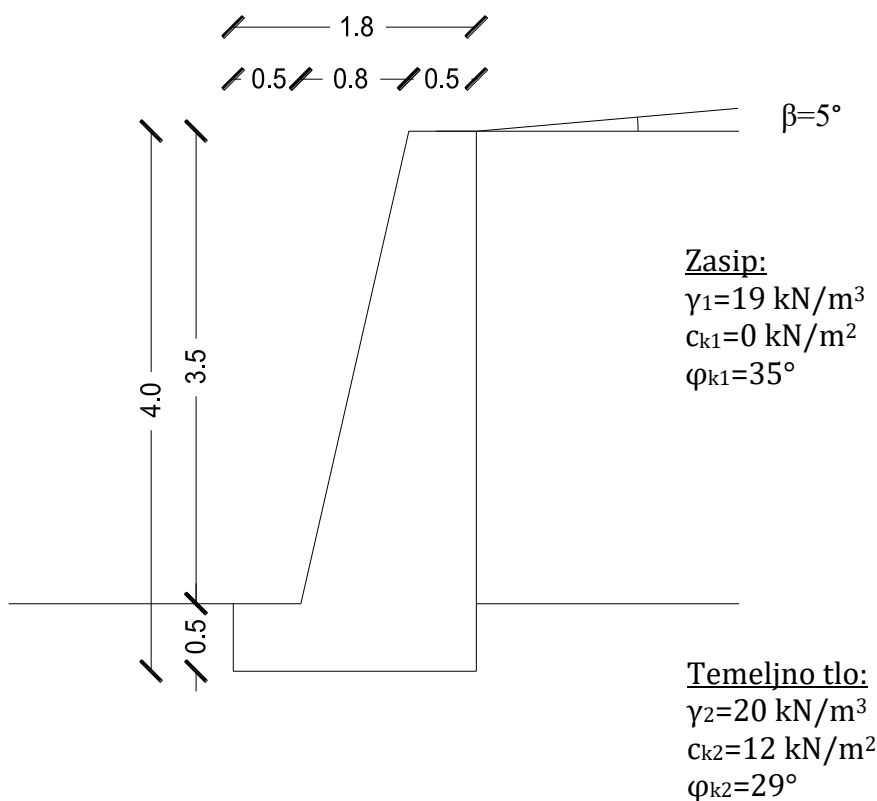
Izvedba potpornih zidova obavlja se kampadno, što je vrlo važno kako i kod iskopa tako i kod kasnije monolitne izvedbe. Ako su zidovi od betona, ili armiranog betona prvo se izvodi temelj, a moguće je i predvidjeti istak na stražnjem dijelu temelja te tu predvidjeti drenažu. Ovo je dobar način izvedbe jer se time osigurava dobra povezanost s okolnim tlom. U nekim slučajevima kad je temeljno tlo loše, moguće je izvršiti ojačanje podtemelnog tla [14]. Na Slici 19 prikazane su faze građenja gravitacijskog potpornog zida.



Slika 19 : Izvedba potpornog zida [14]

4. PRIMJER PRORAČUNA STABILNOSTI POTPORNOG ZIDA

U nastavku je prikazan postupak provjere stabilnosti masivnog armirano-betonskog gravitacijskog potpornog zida, prikazanog na Slici 20, na prevrtanje i klizanje. Temelj zida izvodi se u postojećem materijalu na dubini od 0,5 m te pridržava zasip visine 3,5 m. Dimenzije konstrukcije i karakteristične vrijednosti parametara čvrstoće prikazane su na Slici 20. Proračun se provodi za suhe uvjete na lokaciji te pod pretpostavkom da je drenažnim elementima onemogućeno formiranje hidrostatskog pritiska na potporni zid. Pretpostavlja se kut trenja između tla i potporne konstrukcije jednak kutu trenja materijala, φ .



Slika 20 : Geometrija potpornog zida sa karakterističnim vrijednostima parametara čvrstoće

RAČUNSKI PARAMETRI ČVRSTOĆE:

-Računski kutovi trenja

$$\tan \varphi_{1d} = \frac{\tan \varphi_{1k}}{\gamma_{\varphi l}} = \frac{\tan 35^\circ}{1,25} \rightarrow \varphi_{1d} = 29,26^\circ$$

$$\tan \varphi_{2d} = \frac{\tan \varphi_{2k}}{\gamma_{\varphi l}} = \frac{\tan 29^\circ}{1,25} \rightarrow \varphi_{2d} = 23,92^\circ$$

-Računska kohezija

$$c_{1d} = \frac{c_{1k}}{\gamma_{c l}} = 0 \text{ kPa}$$

$$c_{2d} = \frac{c_{2k}}{\gamma_{c l}} = \frac{12}{1,25} = 9,6 \text{ kPa}$$

-Računski kut trenja između zida i tla

$$\delta_{1d} = \varphi_{1d} = 29,26^\circ$$

$$\delta_{2d} = \varphi_{2d} = 23,92^\circ$$

-Računski kut trenja između stope temelja i temeljnog tla

$$\delta_{d,tem} = \delta_{2d} = \varphi_{2d} = 23,92^\circ$$

PRORAČUN KOEFICIJENTA AKTIVNOG POTISKA TLA:

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi)}{\sin^2(\alpha) * \sin(\alpha - \delta) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}}\right)^2}$$

$$K_{a1} = f(\alpha, \beta, \varphi_{1d}, \delta_{1d}) = 0,326$$

$$K_{a2} = f(\alpha, \beta, \varphi_{2d}, \delta_{2d}) = 0,399$$

GEOSTATIČKA VERTIKALNA NAPREZANJA:

$$\sigma_1 = 0 \text{ kPa}$$

$$\sigma_2 = \sigma_1 + \gamma_1 * 3,5 \text{ m} = 66,5 \text{ kPa}$$

$$\sigma_3 = \sigma_2 + \gamma_2 * 0,5 \text{ m} = 76,5 \text{ kPa}$$

AKTIVNI POTISAK (OD TLA):

$$p_{a1} = \sigma_1 * K_{a1} = 0 \text{ kPa}$$

$$p_{a2} = \sigma_2 * K_{a1} = 21,68 \text{ kPa}$$

$$p_{a2'} = \sigma_2 * K_{a2} - 2 * C_{2d} * \sqrt{K_{a2}} = 14,41 \text{ kPa}$$

$$p_{a3} = \sigma_3 * K_{a2} - 2 * C_{2d} * \sqrt{K_{a2}} = 18,40 \text{ kPa}$$

SILE AKTIVNOG POTISKA TLA:

$$F_{a1} = p_{a2} * 3,50 \text{ m} * 0,5 = 37,94 \text{ kN}$$

$$F_{a2} = p_{a2'} * 0,50 \text{ m} = 7,21 \text{ kN}$$

$$F_{a3} = (p_{a3} - p_{a2'}) * 0,50 \text{ m} * 0,5 = 1 \text{ kPa}$$

HORIZONTALNE I VERTIKALNE KOMPONENTE SILA AKTIVNOG POTISKA TLA:

$$H_{a1} = F_{a1} * \cos (90^\circ + \delta_{1d} - \alpha) = 33,10 \text{ kN}$$

$$V_{a1} = F_{a1} * \sin (90^\circ + \delta_{1d} - \alpha) = 18,54 \text{ kN}$$

$$H_{a2} = F_{a2} * \cos \delta_{2d} = 6,59 \text{ kN}$$

$$V_{a2} = F_{a2} * \sin \delta_{2d} = 2,92 \text{ kN}$$

$$H_{a3} = F_{a3} * \cos \delta_{2d} = 0,91 \text{ kN}$$

$$V_{a3} = F_{a3} * \sin \delta_{2d} = 0,41 \text{ kN}$$

TEŽINA POTPORNOG ZIDA:

$$G_{1k} = (0,5 * 4,0 * 1,0) * 25,0 = 50,0 \text{ kN}$$

$$G_{2k} = (0,8 * 3,5 * 1,0 * 0,5) * 25,0 = 35,0 \text{ kN}$$

$$G_{3k} = (1,3 * 0,5 * 1,0) * 25,0 = 16,25 \text{ kN}$$

KONTROLA STABILNOSTI:

-Na prevrtanje

$$M_{ED.ST.A.} = (G_{1k} * (1,3 + 0,25) + G_{2k} * (1,03) + G_{3k} * (1,3 * 0,5)) * \gamma_{G,pov.} = 124,11 \text{ kNm}$$

$$M_{ED.PRA.} = (H_{a1} * (1/3 * 3,5 + 0,5) - V_{a1} * (1,3 + 0,5) + H_{a2} * (0,5 * 0,5) - V_{a2} * (1,3 + 0,5) + H_{a3} * (1/3 * 0,5) - V_{a3} * (1,3 + 0,5)) * \gamma_G^* = 17,60 \text{ kNm}$$

$$\Lambda = \frac{M_{ED.PRA.}}{M_{ED.ST.A.}} = \frac{17,60}{124,11} = 0,141 = 14,1 \%$$

Potporni zid zadovoljava stabilnost na prevrtanje!

-Na klizanje

$$H_{ED} = \Sigma H_a * \gamma_G^* = (H_{a1} + H_{a2} + H_{a3}) * 1,0 = 40,6 \text{ kN}$$

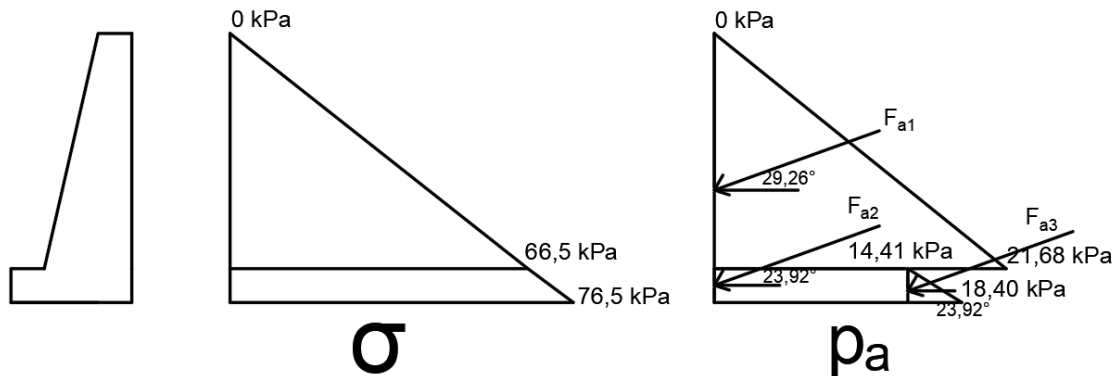
$$\begin{aligned} V_{d,pov} &= \Sigma G_k * \gamma_{G,pov} + \Sigma V_a * \gamma_{G,pov}^* = (G_{1k} + G_{2k} + G_{3k}) * 1,00 + (V_{a1} + V_{a2} + V_{a3}) * 1,00 \\ &= 101,25 + 21,87 \\ &= 123,12 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$H_{RD} = \frac{V_{d,pov} * \tan \delta_{d,tem}}{\gamma_{RH}} + \frac{c_{2d} * B}{\gamma_{RH}} = \frac{123,12 * \tan 23,92^\circ}{1,00} + \frac{9,60 * 1,80}{1,00} = 71,89 \text{ kN}$$

$$\Lambda = \frac{H_{ED}}{H_{RD}} = \frac{40,6}{71,89} = 0,565 = 56,48 \%$$

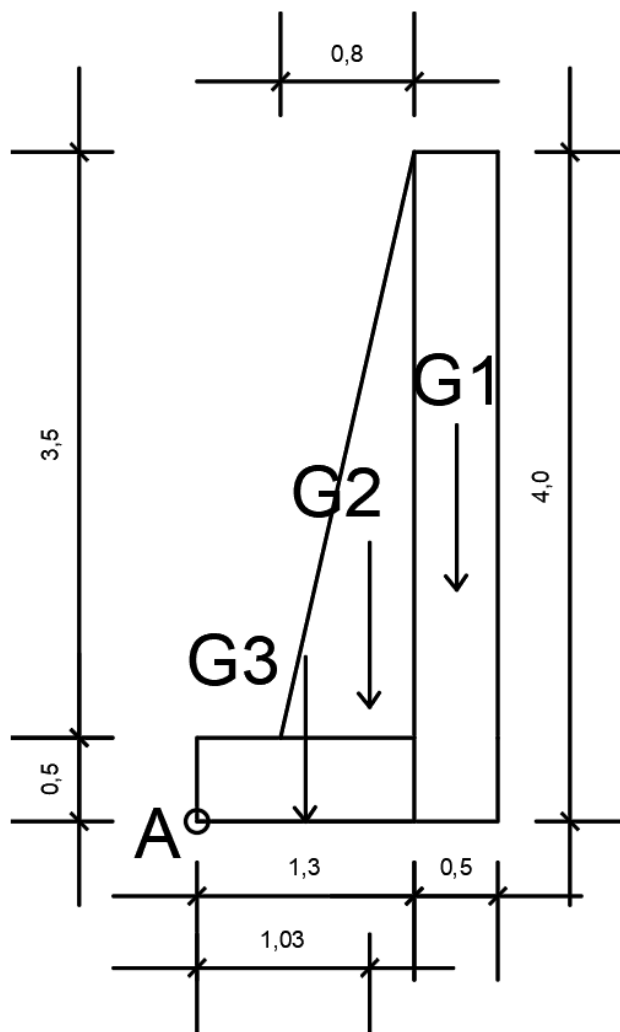
Potporni zid zadovoljava stabilnost na klizanje!

Dijagrami geostatičkih napreznja, kao i dijagram aktivnih potisaka s odgovarajućim silama i kutovima prikazani su na Slici 21.



Slika 21 : Dijagram geostatičkih napreznja, odgovarajući potisci, sile i kutovi

Na Slici 22 prikazana je podjela težina od temelja i zida s kojima se ulazi u proračun.



Slika 22 : Podjela težina od temelja i zida

5. ZAKLJUČAK

Horizontalni potisci u tlu javljaju se pri rješavanju raznih potpornih konstrukcija te svaki tip ima odgovarajuće karakteristike i kako utječe na konstrukciju. Bilo da se radi o aktivnom ili pasivnom zemljanom potisku, jednako su bitni te je potrebno voditi računa pri izvođenju potporne konstrukcije. Potporni zidovi u današnje vrijeme predstavljaju najčešći oblik potporne konstrukcije što zbog jednostavnosti, što zbog ekonomičnosti. Vlastita težina zida, koja se dobiva umnoškom volumena zida i zapreminske mase materijala od kojeg je izgrađen, je faktor koji daje na stabilnosti. Potisak tla negativno djeluje na konstrukciju te je nastoji odgurati, odnosno prevrnuti te se stoga smatra nepovoljnim. Opterećenje aktivnim potiskom izaziva najveći moment savijanja na mjestu uklještenja konzole u temeljnu ploču. Zbog većih momenata, na tom mjestu je potreban veći betonski presjek i količina armature. Pri odabiru geometrije zida najbolje je voditi se iskustvenim smjernicama i vrijednostima popraćenih sa računskim proračunom. Nakon odabira početne geometrije zida, čiji je temeljni oblik u obliku obrnutog slova T ili slova L, daljnje dimenzije se korigiraju uzimajući u obzir dobivene rezultate proračuna. Ako je potporni zid predviđen da pridržava zasjek u autohtonom tlu biti će opterećen onakvim tlom kakav se nalazi u prirodi te je stoga bitno znati značajke istog. U slučaju da se zid izvodi tako da pridržava nasip, u tom slučaju možemo birati materijal nasipa sa nama potrebnim povoljnim svojstvima što pridodaje ne samo na kvaliteti i kontroliranosti već i na ekonomičnosti izgradnje. Prilikom izgradnje također je bitno da se posebna pažnja mora obratiti na detalj izvedbe nastavljanja i sidrenja armature na kontaktu temelja i zida kako bi se sve to povezalo u kompaktnu cjelinu. U konačnici, ovim radom cilj je bio objasniti potiske tla te njihovu povezanost sa potpornim zidovima, te ove dvije cjeline objediniti i nakon teorijske obrade prikazati na računskom primjeru stvarnog potpornog zida.

POPIS LITERATURE:

- [1] Clayton, C.R.I., Milititsky, J., Woods, R.I., *Earth pressure and earth-retaining structures*, Spon Press, Oxon, 1993.
- [2] *Retaining and flood walls*, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, 1989.
- [3] Zlatović, S., *Uvod u mehaniku tla*, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, 2006.
- [4] Jaky, J., *The Coefficient of Earth Pressure at Rest*, Journal for Society of Hungarian Architects and Engineers, Budapest, 1944.
- [5] *Code of Practice for Foundation Engineering*, Danish Geotechnical Institute, Copenhagen, 1978.
- [6] Brooker, E.W. and Ireland, H.O., *Earth pressures at rest related to stress history*, Canadian Geotechnical Journal, 1965.
- [7] Šuklje, L., *Objašnjenje pravilnika o tehničkim normativima za projektiranje i izvođenje radova kod temeljenje građevinskih objekata*, Jugoslavensko društvo za mehaniku tla i temeljenje, Sarajevo, 1979.
- [8] Mayne, P.W., Kulhawy, F.H., *K_0 -OCR Relationships in Soil*, Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 1982.
- [9] Terzaghi, K., *Old Earth Pressure Theories and New Test Results*, Engineering News Record, 1920.
- [10] Sherif, M.A., Ishibashi, I., and Lee, C.D., *Earth Pressures Against Rigid Retaining Walls*, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 1982.
- [11] Moroto, N., Muramatsu, M., *K_0 Value and Degree of Anisotropy of Overconsolidated Clay*, Proceedings, 9th Southeast Asian Geotechnical Conference, 1987.
- [12] Tschebotarioff, G.P., *Foundations, Retaining and Earth Structures*, sc. ed. McGRAW-HILL, New York, London, Toronto, 1973.
- [13] Arbanas, Ž., *Mehanika tla*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2006./2007.
- [14] *Zemljani pritisci, potporni zidovi*, Građevinski fakultet Sveučilišta Crne Gore, <https://www.ucg.ac.me>, pristup 28.8.2020.

- [15] Richard, P., Weber, P.E., *Earth pressure and Retaining wall basics for Non-Geotechnical Engineers*, PDH Course, Fairfax, 2012.
- [16] Roje-Bonacci, T., *Potporne građevine i građevne jame*, Građevinsko-arhitektonski fakultet Split, Split, 2005.
- [17] Arbanas, Ž., *Temeljenje I*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka
- [18] Gabionski zidovi, <https://www.geotech.hr/gabionski-zid>, pristup 28.8.2020.
- [19] Labuz, J.F., *Earth pressure behind a retaining wall*, Minnesota Department of transportation, Minnesota, 2005.
- [20] Broms, B.B., *Lateral earth pressure due to compaction of cohesionless soils*, Proceedings of the 4th Budapest Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1971.
- [21] Carder, D. R., Pocock, R. G., and Murray, R. T., *Experimental retaining wall facility-lateral stress measurements with sand backfill*, Transport and Road Research Laboratory Report, 1977.
- [22] Carder, D. R., Murray, R. T., and Krawczyk, J. V., *Earth pressures against an experimental retaining wall backfilled with silty clay*, Transport and Road Research Laboratory Report, 1980.
- [23] Tcheng, Y. & Iseux, J., *Essais de butee en vrai grandeur et contraintes engendrees par une surcharge rectangulaire sur un mur vertical*, 5th European Conf. Soil Mech., Madrid, 1972.
- [24] Terzaghi, K., *Retaining Wall Design for Fifteen-Mile Falls Dam*, Engineering News Record, May 17: 632-636