Statički proračun armirano betonskog zida

Ivanic, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:391241

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Završni rad 341/GR/2018

Statički proračun armirano betonskog zida

Ivan Ivanic 1270/336

Varaždin, rujan 2018.

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za graditeljstvo

PRISTUPNIK: Ivan Ivanic | MATIČNI BROJ: 1270/336

DATUM: 12. 09. 2018. | KOLEGIJ: Betonske konstrukcije 2

NASLOV RADA: STATIČKI PRORAČUN ARMIRANO BETONSKOG ZIDA

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Structural analysis of reinforced concrete wall

MENTOR: dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ. | ZVANJE: viši predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA:

1. dr. sc. Aleksej Aniskin, viši predavač
2. dr. sc. Matija Orešković, viši predavač
3. prof. dr. sc. Božo Soldo
4. Željko Kos, predavač
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 341/GR/2018

OPIS

U Završnom radu potrebno je odraditi statički proračun armirano betonskog zida. Statički proračun radi se kao konstrukterski projekt prema EC2 i postojećim pravilnicima. Potrebno je proračunati opterećenja, sva djelovanja, potresno djelovanje, nacrtati planove armatura, napraviti iskaz armature.

Rad se sastoji od:

1. Uvod
2. Armirano betonsko ziđe
3. Tehnički opis
4. Analiza opterećenja
5. Proračun po pozicijama
6. Nacrti
5. Zaključak
6. Literatura

Popis slika
Popis tablica
Prilozi

ZADATAK URUČEN: 20.09.2018 | POTPIS MENTORA:

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER
KOPRIVNICA

Graditeljstvo

Završni rad 341/GR/2018

Statički proračun armirano betonskog zida

Student:

Ivan Ivanic 1270/336

Mentor:

dr. sc. Matija Orešković, dipl. ing. građ.

Varaždin, rujan 2018.

Zahvala

Prvenstveno bih naveo mentora Matiju Oreškovića koji mi je pomogao i kao profesor i kao kolega. Naravno to su svi ostali profesori i predavači Sveučilišta s kojima sam imao više nego korektan odnos. Nadalje tu su moji roditelji Vladimir i Ljubica koji su mi uvijek bili kamen oslonac. Tu su naravno svi kolege i prijatelji bez kojih ne bih nikad stigao nadomak cilja.

Sažetak

Predmet ovog završnog rada je statički proračun armirano betonskog zida. Rad se sastoji od teoretskog uvoda o zidovima kao konstruktivnim dijelovi građevine; kao i djelovanjima kojima su izloženi; naprezanjima i deformacijama koje djelovanja uzorkuju na zid; problem stabilnosti. Praktični dio rada je proračun djelovanja, naprezanja i deformacija, kako bi se odredila potrebna armatura za danu geometrijske karakteristike zida. Promatrani zidovi su AB zidovi u podrumu stambene zgrade na poziciji 'podrumski zid'. Svi proračuni su vršeni prema Eurocodeu. Svi relevantni tehnički crteži numerirani su i opisani na kraju rada pod '**Prilozi**'. Software korišten pri izradi ovog rada su alati MS officea i Autodesk Civil 3D.

Ključne riječi: podrum, beton, eurocode, armatura, čelik, zid

Summary

Focus of this bachelor thesis is statics calculations of reinforced concrete walls. The thesis consists of theoretical introduction about walls as building constructive elements, as well as all the actions they are exposed to; stresses and deformations actions apply to the walls; problems of stability. Practical part of thesis is the calculation of actions, stresses, deformations in order to determine reinforcements needed for the wall for given geometrical characteristic. Walls observed are RC walls in the basement of residental building in position named 'basement wall' and. All calculations are made according to Eurocode. All relevant blueprints of the building are described and numbered in the attachment in the end of thesis. Software used in making this thesis are MS Office and Autodesk Civil 3D.

Keywords: basement, concrete, eurocode, reinforcements, steel, wall

Sadržaj

1. UVOD 1

2. ARMIRANO BETONSKO ZIĐE 2

2.1. PRORAČUNSKI MODEL 3

2.2. DJELOVANJA 3

2.3. DIMENZIONIRANJE NA MOMENT SAVIJANJA 5

2.4. STABILNOST 7

3. TEHNIČKI OPIS ZADATKA 13

4. ANALIZA OPTEREĆENJA 14

4.1. PODRUMSKI ZID 14

5. PRORAČUN PO POZICIJI 15

5.1. PODRUMSKI ZID 15

6. ZAKLJUČAK 28

7. LITERATURA 29

7.1. POPIS SLIKA 29

8. PRILOZI (NACRTI) 30

1. Uvod

Beton kao građevinski materijal zauzima preko 80% u zastupljenosti svih građevinskih materijala. Zbog svoje ekonomičnosti, lake proizvodnje, malog utroška energije za proizvodnju, trajnosti, mogućnosti oblikovanja, visoke otpornosti na požar, monolitnosti konstrukcije, dobrog izolatora od buke i vibracija, te zdravstveno-higijenskih uvjeta, beton nalazimo zastupljen u gotovo svakoj suvremenoj nosivoj konstrukciji. Osnovu betonske mješavine čine voda, cement i agregat, s dodacima koji daju posebna svojstva. Osnovni elementi betonske konstrukcije koji su predmet inženjerskog izučavanja i proračuna su ploče, grede, zidovi i stupovi.

Predmet ovog rada jest četvrti AB element, zid, kod kojeg vrijede slična pravila kao i za ostale elemente no s nekim specifičnostima.

Rad pretpostavlja da su usvojena znanja o svojstvima materijala, naprezanjima i deformacijama armiranog betona kao i osnove pretpostavke proračuna elemenata; pretpostavlja se i poznavanje interakcije betona i betonskog čelika. Cilj ovog završnog rada jest osposobiti studenta kao budućeg inženjera kao suradnika na statičkim proračunima a u konačnici i za samostalne proračune konstrukcija.

Poglavlja predmet obrade:

- **Armirano betonsko zide**: definicija zida kao konstruktivnog elementa, opis uvjeta koje mora zadovoljavati, općenito o djelovanjima koja se mogu javiti na zid, problem stabilnosti.
- **Tehnički opis zadatka**: opis praktičnog dijela rada.
- **Analiza opterećenja**: opterećenja koja se javljaju u promatranom slučaju.
- **Proračun po pozicijama**: statički proračun zida, provjera stabilnosti, izračun potrebne armature, plan armiranja (napomena slike kod proračuna nisu zasebno numerirane jer su sastavni dio proračuna, korišten je drugačiji font zbog preglednosti; objašnjenja su dana u podnaslovima svake etape proračuna)
- **Nacrti**: tehnički crteži svih relevantnih tlocrta i presjeka zgrade te crtež pročelja kako bi se stekao vizualni dojam o građevini.
- **Zaključak**: opis zida u usporedbi s ostalim AB nosačima, bitni detalji kod izvedbe, rekapitulacija mehanizama otkazivanja nosivosti specifičnih za zid

2. Armirano betonsko ziđe

Zid kao nosivi element možemo definirati kao plošni element opterećen u ravnini. Kod projektiranja nosivih elemenata potrebno poštivati nekoliko osnovnih pravila:

- nosivi element treba izdržati sva djelovanja kod izvođenja i korištenja
- treba zadovoljiti propisanu trajnost
- troškove održavanja je potrebno svesti na minimum
- kod pojave izvanrednog dinamičkog djelovanja koje nije pretpostavljeno proračunom i otkazivanja nosivosti određenog elementa ostatak konstrukcije bi trebao zadržati nosivost
- nosive elemente treba projektirati simetrično kako bi se izbjegao ekscentricitet, kao i neželjena naprezanja koje uzrokuje
- kod proračuna armirano betonskog ziđa vrijedi šest osnovnih pretpostavki kao i za proračun ostalih armirano betonskih elemenata

Premda je već spomenuto da je osnovna hipoteza prilikom izrade ovog rada usvojeno znanje o AB pločama, gredama i stupovima; posebno će biti spomenuti samo specifični mehanizmi otkazivanja nosivosti za zid.

Slika 2.1. Izvedena konstrukcija podrumskog AB zida

2.1. Proračunski model

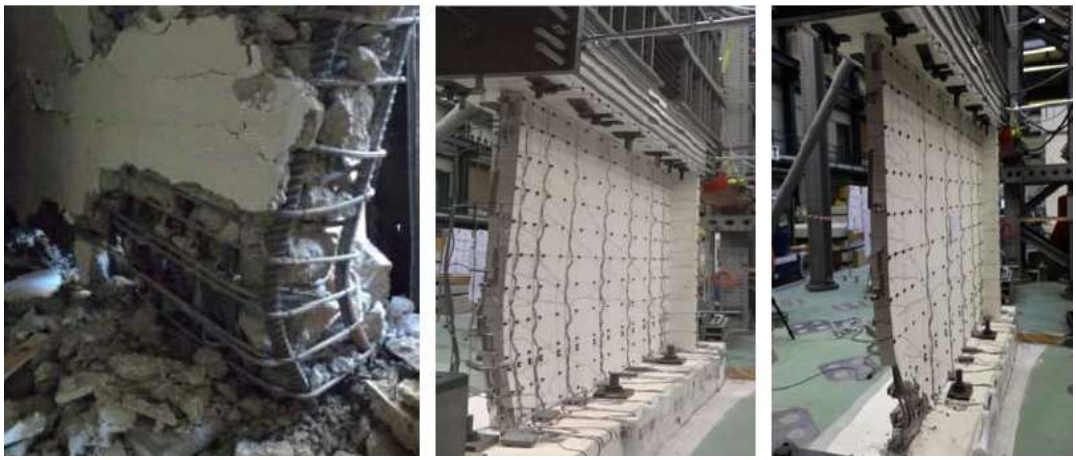
Proračunski model ziđa može biti trodimenzionalna konstrukcija sa zidovima u oba smjera ili dvodimenzionalni model. Dvodimenzionalni model konstrukcije može se raščlaniti na seriju okvira ili kao konstrukciju sastavljenu od nezavisnih elemenata (prema Z. Soriću: 2008; 96). Izabrani proračunski model u ovom radu jest dvodimenzionalni, sastavljen od nezavisnih elemenata, gdje će svi podrumski zidovi biti promatrani kao jedna pozicija.

2.2. Djelovanja

Kako bismo odredili proračunsko djelovanje na konstrukciju, djelovanja valja raščlaniti prema nekoliko relevantnih kategorija.

Djelovanja u vremenu

1. stalna djelovanja (G, g) u koje spadaju vlastita težina konstrukcije, slojeva, te opreme
2. promjenjiva djelovanja (Q, q) u koje spadaju uporabno opterećenje, snijeg i vjetar
3. izvanredna djelovanja (A, a) koje uzrokuju potres, požar, eksplozija, udar vozila. Prilikom proračuna uzimati će se samo djelovanje potresa.



Slika 2.2.1.. Ispitivanje AB zida na silu potresa s razaranjem

Djelovanja prema promjeni položaja

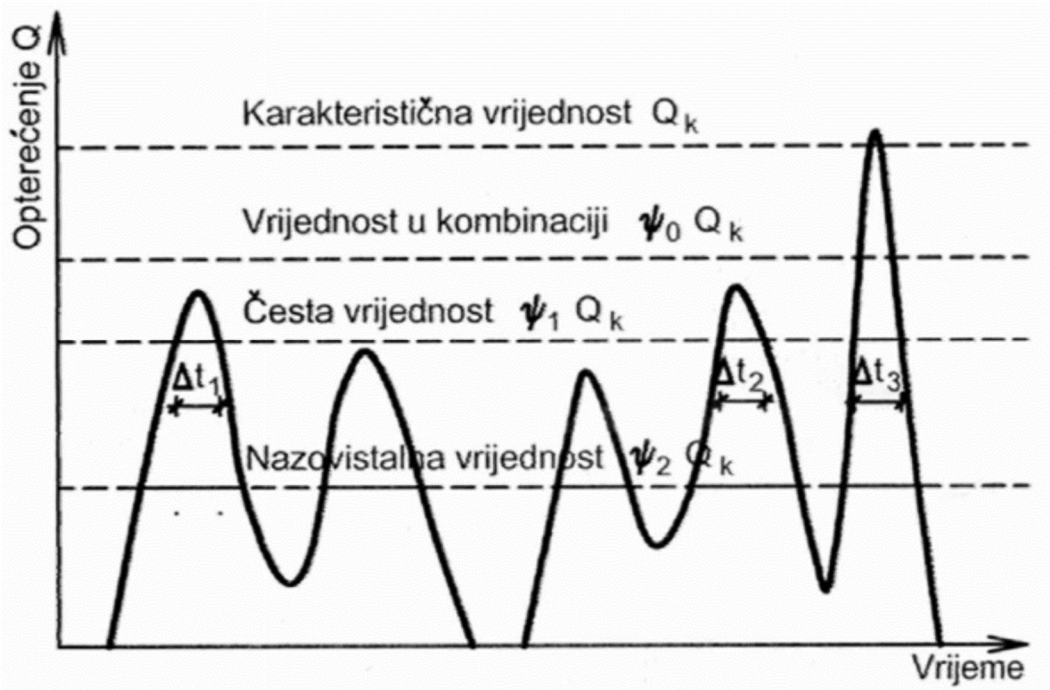
1. nepomična
2. pomična

Djelovanja prema njihovoj prirodi

1. statičko
2. dinamičko

“Promjenjivo djelovanje ima četiri reprezentativne vrijednosti:

- karakteristična vrijednost (Q_k)
- vrijednost u kombinaciji ($\psi_0 Q_k$)
- česta vrijednost ($\psi_1 Q_k$)
- nazovistalna vrijednost ($\psi_2 Q_k$)” (prema: Gukov, 2007:7)



Slika 2.2.2. Raščlamba učestalosti pojavljivanja djelovanja u vremenu

2.3. Dimenzioniranje na moment savijanja

Pri proračunu glavne vlačne armature za prihvaćanje momenata savijanja koristi se nosivi mehanizam koji se sastoji od betonskog tlačnog luka formiranog u zidnom nosaču opterećenom na gornjem rubu i zatege koju čini glavna vlačna armatura. Posebnu pažnju treba posvetiti sidrenju glavne vlačne armature.

Kod zidnih nosača naprezanih silama na donjem rubu treba predvidjeti dodatnu vertikalnu armaturu u obliku zatvorenih spona za prijenos tog tereta u gornju zonu kako bi se mogao formirati nosivi mehanizam tlačnog luka sa zategom.

Potrebnu vlačna armatura za prihvaćanje vlačne sile izazvane momentom savijanja dobivamo prema izrazu:

$$A_s = \frac{M_{ed}}{z \cdot f_{yd}}$$

$M_{ed} = \gamma_g \cdot M_g + \gamma_q \cdot M_q$ - računski moment savijanja

M_g i M_q - momenti savijanja za stalno i pokretno opterećenje

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ računska granica popuštanja čelika

Krak unutarnjih sila za zidni nosač na dva ležaja:

$z=0.2(L+2h)$, za $h=L \Rightarrow z=0.6\ h$ krak unutarnjih sila za zidni nosač na dva ležaja:

Krak unutarnjih sila za kontinuirani nosač:

$z=0.2(L+1.5h)$, za $h=L \Rightarrow z=0.5\ h$ krak unutarnjih sila za kontinuirani nosač:

Kod proste grede:

$z_F=0.3\ h\ (3-h/L)$ za $0.5<h/L<1.0$

$z_F=0.6\ L$ za $h/L>1.0$

Prvo polje i drugi ležaj kontinuiranog nosača

$z_F = z_S = 0.45h\ (1.9-h/L)$ za $0.4<h/L<1.0$

$z_F = z_S = 0.45\ L$ za $h/L> 1.0$

Ostala polja i ležaji kontinuiranog nosača:

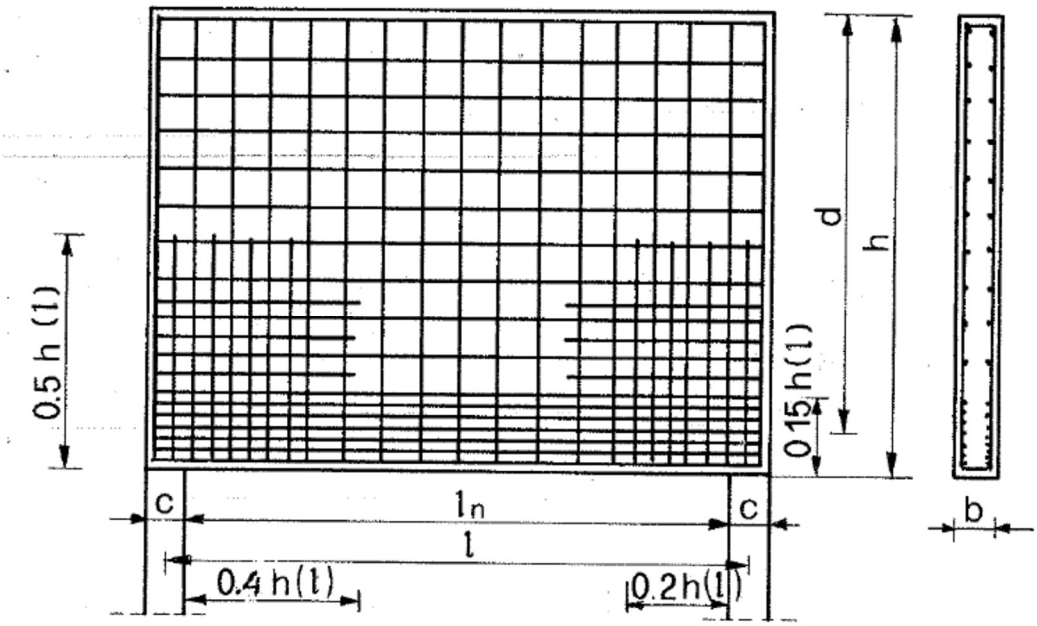
$z_F = z_S = 0.5h(1.8-h/L)$ $0.3<h/L<1.0$

$z_F = z_S = 0.4L$ za $h/L> 1.0$

Konzola:

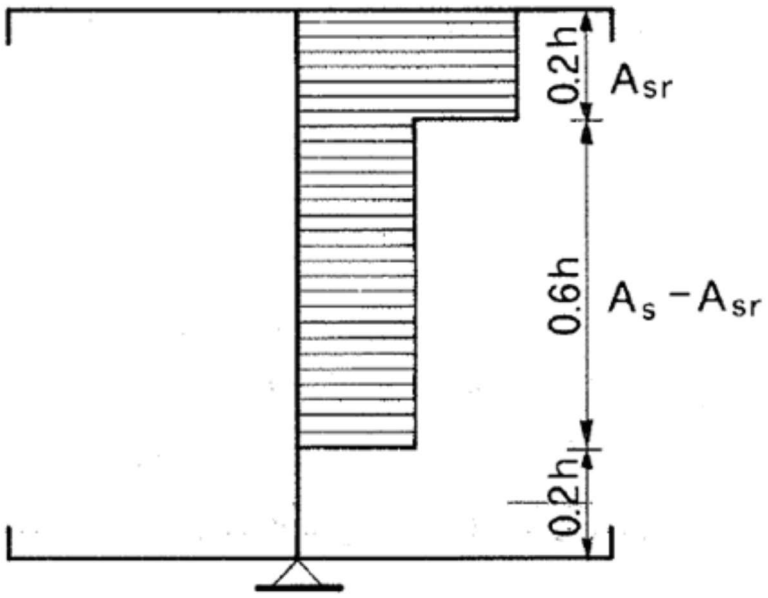
$z_S = 0.65L_k + 0.10\ h$ za $1{,}0 < h/L_k < 2{,}0$

$z_S = 0.85L_k$ za $h/L_k > 2{,}0$



Slika 2.3.1. Armiranje zidnog nosača

Nad ležajem kontinuiranog zidnog nosača armatura se raspoređuje na visini 0.6h kada je L/h < 1.0, a kada je 1.0 < L/h < 2.0, dijeli se na A_{sr}=0.5(L/h-1.0) A_s= na visini 0.2h i A_s - A_{sr} na visini 0.6h.



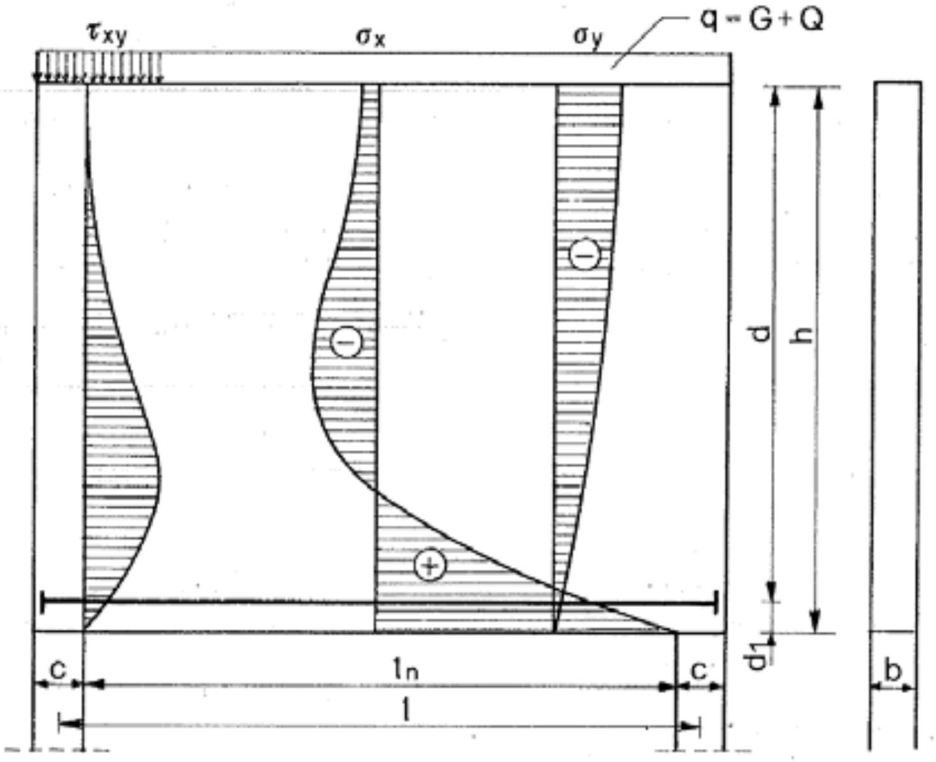
Slika 2.3.2. – Raspored armature nad ležajem kontinuiranog nosača

2.4. Stabilnost

Nakon što modeliramo konstruktivni element i dokažemo da otpornost materijala u svim kritičnim točkama zadovoljava na sva djelovanja koja smo predvidjeli, potrebno je dokazati stabilnost tog elementa. Više nećemo promatrati samo element i ponašanje njegovog poprečnog presjeka u modeliranom stanju naprezanja, već moramo promatrati stabilnost tog elementa u cijeloj konstrukciji kao i interakciju s okolišem, poglavito s tlom.

Bočna stabilnost

Ovisnost normalnih naprezanja σ_y ,okomitih na uzdužnu os, definirana je položajem opterećenja u gornjoj ili donjoj zoni o čemu ovisi i njihov predznak. Kod greda ta naprezanja su zanemariva, no kod zidnih se nosača moraju uzeti u obzir.

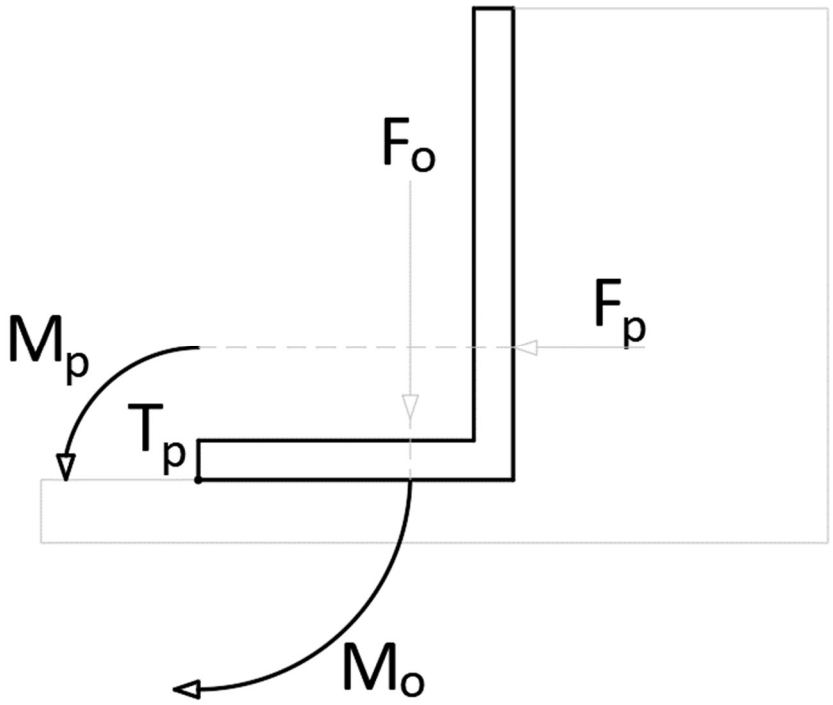


Slika 2.4.1. raspodjela naprezanja

Bočna stabilnost nosača postiže se projektiranjem minimalne širine **b** a ovisi o odnosu L/h, te o rubnim uvjetima nosača

Stabilnost na prevrtanje

Kod ziđa javlja se problem stabilnosti na prevrtanje oko točke gdje je moment sila koje nepovoljno djeluju na stabilnosti najveći, što je jedna od rubnih točaka. Dokaz stabilnosti jest faktor sigurnosti, koji definiramo kao kvocijent momenata koji sprečavaju prevrtanja, te momenata koji ga izazivaju.



Slika 2.4.2. Prevrtanje

$$Fs = \frac{\sum M_o}{\sum M_p}$$

F_s- faktor sigurnosti na prevrtanje

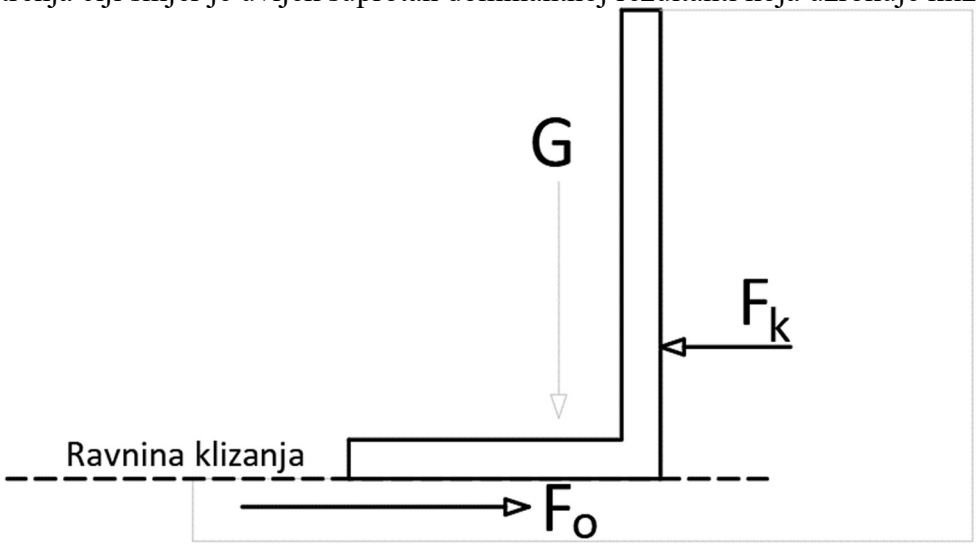
M_o- momenti koji vrše otpor prevrtanju

M_p- momenti koji vrše prevrtanje

Potreban faktor sigurnosti mora biti mininalno 1.5 za nekoherentna tla, te 2 za koherentna tla.

Stabilnost na klizanje

Klizanje se odvija u ravnini, na kontaktu baze temelja i tla. Promatrajući poprečni presjek problem možemo svesti na jednodimenzionalni problem ravnoteže sila po osi plohe. Analogno faktoru sigurnosti na prevrtanje, faktor sigurnosti na klizanje možemo definirati kao kvocijent sila koje vrše otpor klizanju i sila koje uzrokuju klizanje. Potrebno je napomenuti da će najveću ulogu kod otpora klizanju imati sila trenja čiji smjer je uvijek suprotan dominantnoj rezultanti koja uzrokuje klizanje.



Slika 2.4.3. Klizanje

$$Fs = \frac{\sum F_o}{\sum F_k}$$

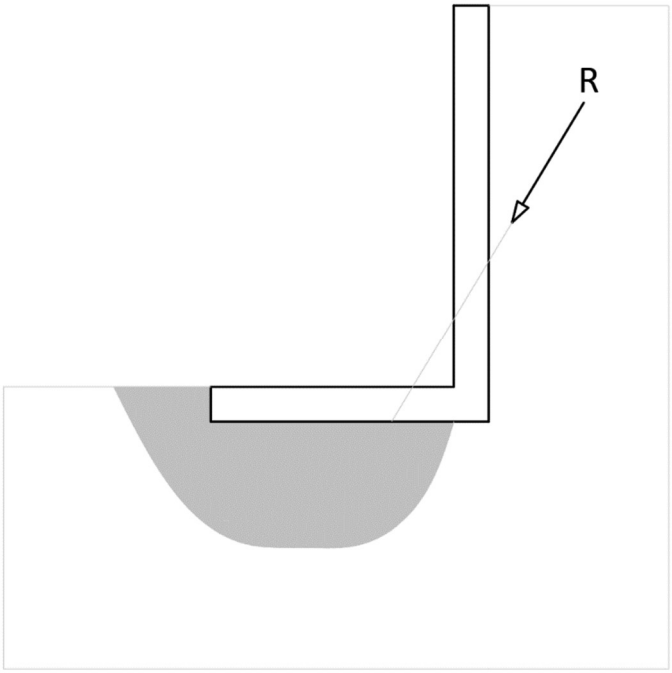
F_s- faktor sigurnosti na klizanje

F_o- sile otpora klizanju

F_p- sile koje uzrokuju klizanje

Nosivost tla ispod zida

Glavna je zadaća temelja prijenos ukupnog opterećenja građevine na tlo, stoga u proračunu treba dokazati i nosivost tla jer će slom tla ispod konstrukcije dovesti do izmijenjene preraspodjele i stanja naprezanja u čitavoj konstrukciji. Provjera nosivosti tla ispod temelja provjerava se kao i za plitke temelje.



Slika 2.4.4. Slom tla

$$q_u = c \times N_c + 0.5 \times B \times \gamma \times N_\gamma + q_0 \times N_q$$

q_u- nosivost tla

c- kohezija

N_c, N_γ, N_q- faktori nosivosti, ovisni o kutu unutarnjeg trenja tla

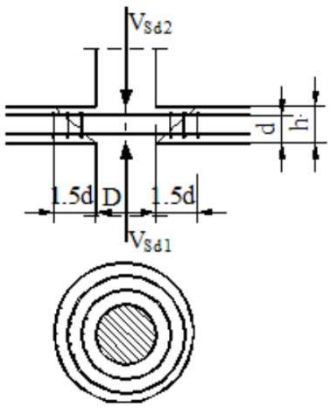
B- širina temeljne trake

γ- obujamska težina tla

q_0- jednoliko normalno opterećenje

Proboj

Ukoliko postoji velika koncentracija naprezanja na maloj površini, nužan je proračun ploče (koja je vezana s promatranim elementom) na proboj. Osnovno djelovanje koje izaziva proboj je veliko koncentrirano opterećenje ili velika ležajna reakcija. Numerički model proboja nije u potpunosti istražen, stoga se proračun vrši temeljem eksperimentalnih rezultata.



2.4.5. Sile proboja i kontrolni opseg

Sila proboja može se definirati kao razlika sila u elementima s obje strane ploče

$$V_{Ed} = V_{Ed1} - V_{Ed2}$$

Nakon određivanja sile proboja potrebno je proračunati posmična naprezanja na mjestu kontrolnog opsega u_i:

$$\upsilon_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_i \cdot d}$$

β- ekscentričnost sile proboja s obzirom na kontrolni opseg.

Premda su promatrani elementi relativno jednostavni a opterećenja nisu velika dovoljno je konstatirati da je nosivost na proboj zadovoljena u slučaju kad je:

$$\upsilon_{Ed} \leq \upsilon_{Rd,c}$$

$\upsilon_{Rd,c}$-proračunska vrijednost otpornosti na proboj bez armature

$\upsilon_{Rd,c}$ određuje se prema izrazima

$$\upsilon_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{100 \cdot \rho_1 \cdot f_{Ck}} + k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

$$\upsilon_{Rd,c} \geq \upsilon_{Rd,c\,min} = \upsilon_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{1x} \cdot \rho_{1y}} \leq 0.02$$

$\rho_1 = A_{s1x}/(100 \cdot d_x)$ $\rho_2 = A_{s1y}/(100 \cdot d_y)$

$$k = k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.00$$

$C_{Rd,c}$=0.18/γ_c

k-koeficijent visine elementa

ρ_1- koeficijent armiranja vlačnim armaturom

A_{s1x} , A_{s1y}- površina armature koja prelazi preko kontrolnog presjeka

f_{ck}- karakteristična čvrstoća betona

k_1= 0.1

σ_{cp}- srednje tlačno naprezanje u betonu uslijed proračunske uzdužne sile

d_x, d_y- statičke visine u smjerovima

3. Tehnički opis zadatka

U zadatku je potrebno proračunati potrebnu armaturu za konstrukciju AB podrumskog zida u poziciji **'podrumski zid'** ; te nacrtati shemu postavljanja armature. Opterećenja na zid dana su u poglavlju **Analiza opterećenja**. Pretpostavka svojstava materijala jest: beton C 25/30, betonski čelik B 500B. Razed izloženosti definiran je ko XC1. Geometrijske karakteristike zida dane su u tlocrtu i presjeku koji se nalaze u poglavlju **Prilozi**. Ukoliko geometrijske karakteristike ne zadovoljavaju potrebno je povećati dimenzije elemenata.

4. Analiza opterećenja

4.1. Podrumski zid

Opterećenje na zid gore

Vertikalno trajno opterećenje Ng= 40.00 kN/m
Vertikalno promjenjivo opterećenje Nq= 10.00 kN/m
Ekscentricitet vertikalnog opterećenja e_N= 0.01 m

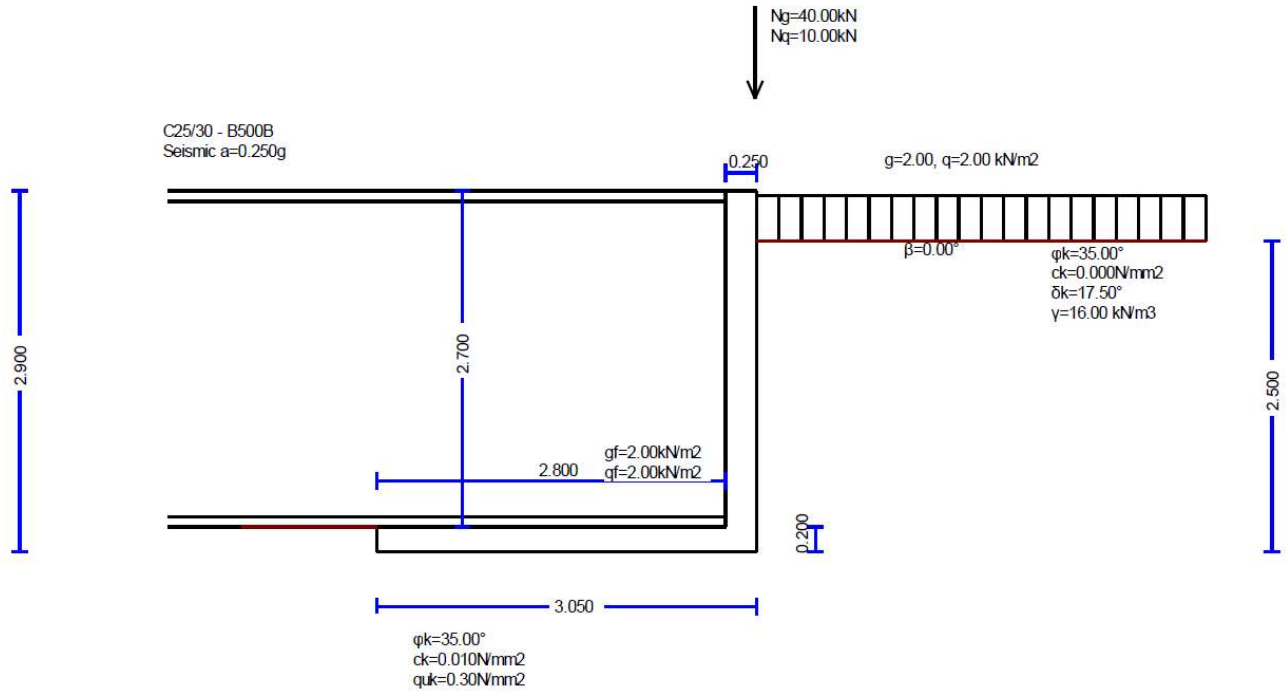
Opterećenje na pod podruma
Trajno opterećenje g_f= 2.00kN/m², G_f=2.00 · 2.80= 5.60kNm
Promjenjivo opterećenje q_f= 2.00kN/m², Q_f= 2.00 · 2.80= 5.60kNm

Težina zida
Specifična težina zida γ_g=25.00 kN/m³

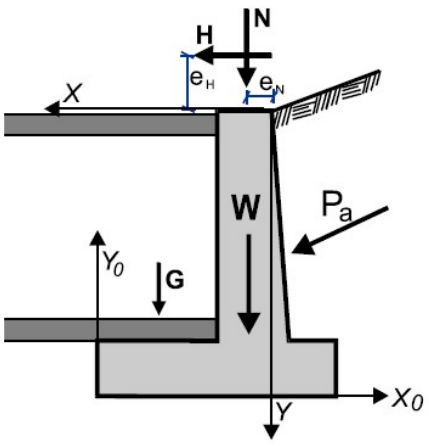
Potresno koeficijenti
g_h=a · g, a=0.25
$á_{vg}/á_g$=0.90
Koeficijent tla S=1.00
Faktor važnosti ãÉ=1.00
Faktor redukcije r=1.50
Koeficijent za horizontalnu potresnu silu k_h=1.00 · 0.25 · 1.00/1.500=0.167
Koeficijent za vertikalnu potresnu silu k_v=0.50 · 0.167=0.083

5. Proračun po pozicijama

5.1. Podrumski zid



Konzolni Betonski zid



Dimenzije

Visina zida	**h= 2.900 m**
Širina zida	**L=10.000 m**
Visina stupca tla	**B_1= 0.250 m**
Širina baze	**B= 3.050 m**
Širina stope	**2.800 m**
Širina nožice	**0.000 m**
Visina zida	**ho= 2.700 m**
Visina stope	**0.200 m**
Prednja visina stope	**0.200 m**
Stražnja visina nožice	**0.200 m**
Nagib prednje strane	**0.000° (0:1)**
Nagib stražnje strane	**0.000° (0:1)**

Opterećenje na zid gore

Vertikalno trajno opterećenje	N_g= 40.00 kN/m
Vertikalno promjenjivo opterećenje	N_q= 10.00 kN/m
Ekscentricitet vertikalnog opterećenja	e_N= 0.01 m
Horizontalno trajno opterećenje	H_g= 0.00 kN/m
Horizontalno promjenjivo opterećenje	H_q= 0.00 kN/m
Ekscentricitet horizontalnog opterećenja	e_H= 0.00 m

Opterećenje na pod podruma

Trajno opterećenje g_f= 2.00kN/m², G_f= 2.00x 2.80= 5.60kNm
Promjenjivo opterećenje q_f= 2.00kN/m², Q_f= 2.00x 2.80= 5.60kNm

Težina zida
Specifična težina zida γ_g=25.000 kN/m³
Poprečni presjek A= 1.285 m²
Vlastita težina po metru dužnom W= 1.285x25.000= 32.13 kN/m
Centar gravitacije x=0.790 m, y=2.038 m (xo=2.260 m, yo=0.862 m)

Materijali
Stijenka : Beton-čelik razred: C25/30-B500B
Zaštitni sloj: C_{nom}=25 mm
Temelj : Beton-čelik razred: C25/30-B500B
Zaštitni sloj: C_{nom}=40 mm

Medodologija proračuna
Proračuni su obavljeni prema smjernicama iz važećih normi za geotehničko projektiranje: HRN EN 1997-1:2012 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila (*EN 1997-1:2004+AC:2009*), nacionalni dodatak prethodnoj normi HRN EN 1997-1:2012/NA:2012 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila - Nacionalni dodatak, te HRN EN 1998-5:2008 Eurokod 8 - Projektiranje konstrukcija otpornih na potres - 5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja (*EN 1998-5:2004*).
Eurokod 7 razlikuje pet graničnih stanja nosivosti: EQU: gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla razmatranog kao krudo tijelo, u kojem čvrstoća konstruktivnog materijala ili tla značajno ne doprinosi otpornosti; STR: slom ili velika deformacija Betonske, metalne, drvene ili zidane konstrukcije ili njenog elementa, uključivo temelje, pilote, sidra i potporne zidove, u kojima čvrstoća konstruktivnog materijala bitno pridonosi otpornosti; GEO: slom ili velika deformacija tla pri kojoj čvrstoća tla ili stijene bitno pridonosi otpornosti; UPL: gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla uslijed uzgona vode ili drugih vertikalnih sila; HYD: hidrauličko izdizanje ili hidraulički slom, interna erozija tla uzrokovana hidrauličkim gradijentima.
Za granična stanja nosivosti STR i GEO razvijena su tri pristupa PP1, PP2 i PP3 (*tablica u nastavku*), dok je za ostala granična stanja zadržan jedinstveni pristup. Ta tri pristupa se uglavnom razlikuju po fazi proračuna u kojoj će se primijeniti parcijalni faktori: da li na ulazne podatke (*djelovanja i svojstva materijala*) ili na rezultate proračuna (*učinke djelovanja i otpornosti*). Pristupi proračunu pobliže definiraju varijante izračuna proračunskog djelovanja (E_d) i proračunske otpornosti (R_d), te daju prijedloge odgovarajućih parcijalnih koeficijenata.

Parcijalni faktori za djelovanja i svojstva tla

			(EQU)	(STR/GEO) (A1+M1)	(STR/GEO) (A2+M2)	(Potresno)
Djelovanja	Trajno Nepovoljno	γGdst:	1.10	1.35	1.00	1.00
	Trajno Povoljno	γGstb:	0.90	1.00	1.00	1.00
	Povremeno Nepovoljno	γQdst:	1.50	1.50	1.30	1.00
	Povremeno Povoljno	γQstb:	0.00	0.00	0.00	0.00
Tlo parametri	Kut trenja	γφ:	1.25	1.00	1.25	1.25
	Efektivna kohezija	γc:	1.25	1.00	1.25	1.25
	Nedrenirana i jednoosna čvrstoća	γcu:	1.40	1.00	1.40	1.40
	Čvrstoća	γqu:	1.40	1.00	1.40	1.40
	Gustoća	γw:	1.00	1.00	1.00	1.00

γR,v(R1)=1.00, γR,h(R1)=1.00, γR,v(R2)=1.40, γR,h(R2)=1.10, γR,v(R2)=1.00, γR,h(R2)=1.00

Potresno koeficijenti

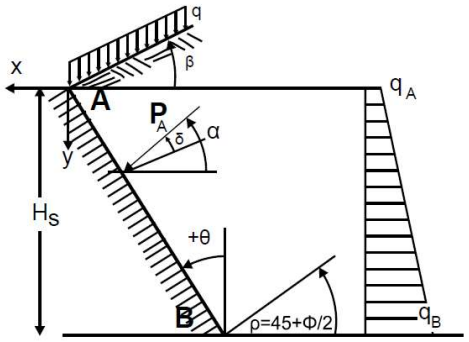
gh=axg, a=0.25
ávg/ág=0.90
Koeficijent tla S=1.00
Faktor važnosti ãÉ=1.00
Faktor redukcije r=1.50
Koeficijent za horizontalnu potresnu silu k_h=1.00 ·0.25 ·1.00/1.500=0.167
Koeficijent za vertikalnu potresnu silu k_v=0.50 ·0.167=0.083

Sile uslijed potresnog opterećenja (bez geostatskog tlaka)

Horizontalno potresno sila uslijed vlastite težine	F_{wx}= 32.13 ·0.167=	5.36 kN/m
Vertikalno potresno sila uslijed vlastite težine	F_{wy}= 32.13 ·0.083=	2.67 kN/m
Horizontalno potresno sila od opterećenja iznad Ng	F_{gx}= 40.00 ·0.167=	6.68 kN/m
Vertikalno potresno sila od opterećenja iznad Ng	F_{gy}= 40.00 ·0.083=	3.32 kN/m
Horizontalno potresno sila od opterećenja iznad Nq	F_{qx}= 10.00 ·0.167=	1.67 kN/m
Vertikalno potresno sila od opterećenja iznad Nq	F_{qy}= 10.00 ·0.083=	0.83 kN/m

Zid Dio od Y=0.400 m do Y=2.900 m, Hs=2.500 m

Gornja točka A x= 0.000 m y= 0.000 m
Donja točka B x= 0.000 m y= 2.500 m



Svojstva tla

Tip tla : Sitni šljunak
Specifična težina tla γ =16.00 kN/m³
Specifična težina tla (saturirana) γ_s=20.00 kN/m³
Specifična težina vode γ_w=10.00 kN/m³
Kut unutarnjeg trenja φ=35.00°
Kohezija c=0.000 N/mm²
Nagib tla β= 0.00°
Kut nagiba zida θ= 0.00°
Kut posmične otpornosti između zida i tla δ=17.50°

Opterećenje na površinu tla

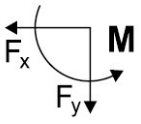
Trajno kontinuirano opterećenje g= 2.00 kN/m²
Promjenjivo kontinuirano opterećenje q= 2.00 kN/m²
Geostatski tlak, mirovanje

ρ=45°+φ/2 = 59.00 62.50 59.00°
$K_o=(1-\sin\varphi)\sqrt{OCR}(1-\sin\beta)$
K_o= 0.426 0.426 0.426
q(y)=qA+γ·y·K_o

Geostatski tlak q(y)=qA+γ·y·Ko

Trajno opterećenje

		EQU	STR	GEO	
Tlak zemlje na vrhu (y=yA)	qA=	0.85	0.85	0.85	kN/m²
Tlak zemlje pri dnu (y=yA+ 2.50m)	qB=	17.89	17.89	17.89	kN/m²
Sila tlaka zemlje Pa= ½(qA+qB)H	Pa=	23.42	23.42	23.42	kN/m
Kut djelovanja sile tlaka zemlje	α =	14.00	17.50	14.00	°
Sila tlaka zemlje x smjer	Pax=	22.72	22.34	22.72	kN/m
Sila tlaka zemlje y smjer	Pay=	5.67	7.04	5.67	kN/m
Moment od sila tlaka zemlje (x=0,y=0)	M =	-37.01	-36.39	- 37.01	kNm/m



Točka djelovanja Sila tlaka zemlje x= 0.000 m, y= 1.629 m

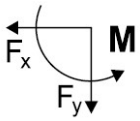
Promjenjiva opterećenja

		EQU	STR	GEO	
Tlak zemlje na vrhu (y=yA)	qA=	0.85	0.85	0.85	kN/m²
Tlak zemlje na dnu (y=yA+ 2.50m)	qB=	0.85	0.85	0.85	kN/m²
Sila tlaka zemlje Pa= ½(qA+qB)H	Pa=	2.12	2.12	2.12	kN/m
Kut djelovanja sile tlaka zemlje	α =	14.00	17.50	14.00	°
Sila tlaka zemlje x smjer	Pax=	2.06	2.02	2.06	kN/m
Sila tlaka zemlje y smjer	Pay=	0.51	0.64	0.51	kN/m
Moment od sila tlaka zemlje (x=0,y=0)	M = -	2.57	-2.53	-2.57	kNm/m

Točka djelovanja Sila tlaka zemlje x= 0.000 m, y= 1.250 m

Ukupne sile i momenti

Sile i momenti dolje točka B (x=0.000 m, y=2.500 m)



Trajno opterećenje

		EQU	STR	GEO	
Ukupna horizontalna Sila tlaka zemlje	F_{sx}=	22.72	22.34	22.72	kN/m
Ukupna vertikalna Sila tlaka zemlje	F_{sy}=	5.67	7.04	5.67	kN/m
Ukupni momnt od sila tlaka zemlje	M_s =	19.79	19.46	19.79	kNm/m

Promjenjiva opterećenja

		EQU	STR	GEO	
Ukupna horizontalna Sila tlaka zemlje	F_{sx}=	2.06	2.02	2.06	kN/m
Ukupna vertikalna Sila tlaka zemlje	F_{sy}=	0.51	0.64	0.51	kN/m
Ukupni momnt od sila tlaka zemlje	M_s =	2.57	2.53	2.57	kNm/m

Potresno opterećenje

Horizontal potresno koeficijent $k_h=1.00 \cdot 0.25 \cdot 1.00/1.500=0.167$

Vertikalno potresno koeficijent $k_v=0.50 \cdot 0.167=0.083$

$\tan\omega = \frac{K_h}{(1-k_v)} = \frac{0.167}{(1-0.083)}$ $\omega=10.32°$

Metoda Mononobe-Okabe
za aktivni tlak tjekom potresnog opterećenja

$$K_E = \frac{\cos^2(\varphi-\omega-\theta)}{\cos\omega \cdot \cos^2\theta \cdot \cos(\delta+\theta+\omega)[1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\cdot\sin(\varphi-\omega-\beta)}{\cos(\varphi+\omega+\delta)\cdot\cos(\theta-\beta)}}]^2}$$

Koeficijent aktivni tlak, K_e*= 0.592

Dodatni geostatski tlak uslijed potresnog opterećenja

STR opterećenje $\xi = \frac{K_e^*}{K_e-1} = \frac{0.592}{0.426-1} = 0.390$

Sila geostatskog tlaka uslijed potresno opterećenje (Trajno opterećenje)

$F_x=1.390 \cdot 22.34=31.05$ kN/m

Sila geostatskog tlaka uslijed potresno opterećenje (Promjenjiva opterećenja)

$F_x=1.390 \cdot 2.02= 2.81$ kN/m

Provjera stabilnosti (EQU)
Sle na zid

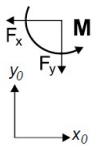
Djelovanje		y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x [m]	y [m]
Aktivno Tlak zemlje	Pa	0.40- 2.90	22.72	5.67	0.000	2.029
Zasip (pokretno)	Pq	0.40- 2.90	2.06	0.51	0.000	1.650
Težina zida	W		0.00	32.13	0.790	2.038
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Ng		0.00	40.00	0.010	0.000
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Nq		0.00	10.00	0.010	0.000
Opt. na podrumski zid	Gf		0.00	5.60	4.200	2.700
Opt. na podrumski zid	Qf		0.00	5.60	4.200	2.700

Provjera nosivnosti tla (EQU)

Provjera za 0.90x(vlastita težina+gore vertikalno stalno opterećenje)+0.00x(gore vertikalno pokretno opterećenje)

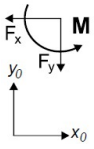
Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	xo [m]	yo [m]	M [kNm/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.10	0.40- 2.90	24.99	6.24	3.050	0.871	-9.44
Zasip (pokretno)	Pqx1.50	0.40- 2.90	3.09	0.76	3.050	1.250	-0.64
Težina zida	W x0.90		0.00	28.91	2.260	0.862	-65.34
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Ngx0.90		0.00	36.00	3.040	2.900	-109.44
Opt. na podrumski zid	Gfx0.90		0.00	5.04	1.400	0.200	-7.06
			Suma=	76.95			-191.92

Suma vert. sila = 76.95 kN/m
Suma momenata na prednjoj nožici = -191.92 kNm/m
Suma momenata na sredini baze = -74.57 kNm/m
Ekscentricitet e_c=-74.57/76.95=-0.969m, e_c>3.050/6=0.508m
Pritisak tla q=0.000 N/mm² B_q=1.668 m
Efekt. duljina L'=3.050-2x0.969= 1.112 m
Nosivost tla $R_d=L' \cdot q_{uk}/\gamma_M$=1.112x(1000x0.30)/1.40= 238.29 kN/m
Provjera nosivosti V_d=76.95 < R_d=238.29 kN/m, **Zadovoljava!**



Provjera za 1.10x(vlastita težina+gore vertikalno stalno opterećenje)+1.50x(gore vertikalno pokretno opterećenje)

Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	xo [m]	yo [m]	M [kNm/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.10	0.40- 2.90	24.99	6.24	3.050	0.871	-9.44
Zasip (pokretno)	Pqx1.50	0.40- 2.90	3.09	0.76	3.050	1.250	-0.64
Težina zida	W x1.10		0.00	35.33	2.260	0.862	-79.86
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Ngx1.10		0.00	44.00	3.040	2.900	-133.76
Vert. opt. na vrhu(pokretno)	Nqx1.50		0.00	15.00	3.040	2.900	-45.60
Opt. na podrumski zid	Gfx0.90		0.00	5.04	1.400	0.200	-7.06
Opt. na podrumski zid	Qfx1.50		0.00	8.40	1.400	0.200	-11.76
			Suma=	114.77			-288.12



Suma vert. sila = 114.77 kN/m
Suma momenata na prednjoj nožici = -288.12 kNm/m
Suma momenata na sredini baze = -113.10 kNm/m
Ekscentricitet e_c=-113.10/114.77=-0.985m, e_c>3.050/6=0.508m
Pritisak tla q=0.000 N/mm² B_q=1.619 m
Efekt. duljina L'=3.050-2x0.985= 1.079 m
Nosivost tla $R_d=L' \cdot q_{uk}/\gamma_M$=1.079x(1000x0.30)/1.40= 231.21 kN/m
Provjera nosivosti V_d=114.77 < R_d=231.21 kN/m, **Zadovoljava!**

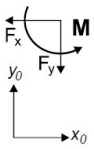
Gubitak nosivosti zbog prevrtanja (EQU)

Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	xo [m]	yo [m]	Mo+ [kNm/m]	Mo- [kNm/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.10	0.40- 2.90	24.99	6.24	3.050	0.871	9.58	19.02
Zasip (pokretno)	Pqx1.50	0.40- 2.90	3.09	0.76	3.050	1.250	1.70	2.34
Težina zida	W x0.90		0.00	28.91	2.260	0.862	0.00	65.34
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Ngx0.90		0.00	36.00	3.040	2.900	0.00	109.44
Opt. na podrumski zid	Gfx0.90		0.00	5.04	1.400	0.200	-7.06	-7.06
					Suma=		4.22	189.08

ZADOVOLJAVA

Gubitak nosivosti zbog klizanja (EQU)

Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx+ [kN/m]	Fx- [kN/m]	Fy [kN/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.10	0.40- 2.90	24.99	0.00	6.24
Zasip (pokretno)	Pqx1.50	0.40- 2.90	3.09	0.00	0.76
Passive Tlak zemlje	Ppx0.90	0.00- 0.00	0.00	0.00	0.00
Težina zida	W x0.90		0.00	0.00	28.91
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Ngx0.90		0.00	0.00	36.00
Opt. na podrumski zid	Gfx0.90		0.00	0.00	5.04
		Suma=	28.08	0.00	76.95



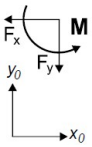
ZADOVOLJAVA

PROVJERA STABILNOSTI ZIDA (STR/GEO A1+M1)
Sile na zid (STR/GEO A1+M1)

Djelovanje		y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x [m]	y [m]
Aktivno Tlak zemlje	Pa	0.40- 2.90	22.34	7.04	0.000	2.029
Zasip (pokretno)	Pq	0.40- 2.90	2.02	0.64	0.000	1.650
Težina zida	W		0.00	32.13	0.790	2.038
Vert. opt. na vrhu (stalno)	Ng		0.00	40.00	0.010	0.000
Vert. opt. na vrhu (pokretno)	Nq		0.00	10.00	0.010	0.000
Opt. na podrumski zid	Gf		0.00	5.60	4.200	2.700
Opt. na podrumski zid	Qf		0.00	5.60	4.200	2.700

Provjera nosivost tla (STR/GEO A1+M1)
1.00x(vl. težina+vertikalno gore trajno)+0.00x(vertikalno gore pokretno)

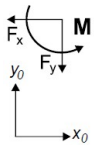
Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	xo [m]	yo [m]	M [kNm/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.35	0.40- 2.90	30.16	9.50	3.050	0.871	-17.43
Zasip (pokretno)	Pqx1.50	0.40- 2.90	3.03	0.96	3.050	1.250	-1.26
Težina zida	W x1.00		0.00	32.12	2.260	0.862	-72.60
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Ngx1.00		0.00	40.00	3.040	2.900	-121.60
Opt. na podrumski zid	Gfx1.00		0.00	5.60	1.400	0.200	-7.84
			Suma=	88.18			-220.73



Suma vert. sila = 88.18 kN/m
Suma momenata na prednjoj nožici = -220.73 kNm/m
Suma momenata na sredini baze = -86.26 kNm/m
Ekscentricitet e_c=-86.26/88.18=-0.978m, ec>3.050/6=0.508m
Pritisak tla q=0.000 N/mm² Bq=1.640 m
Efekt. duljina L'=3.050-2x0.978= 1.094 m
Nosivost tla R_d=L'·quk/γM=1.094x(1000x0.30)/1.40= 234.43 kN/m
Provjera nosivosti Vd=88.18 < Rd=234.43 kN/m, Zadovoljava!

Provjera 1.35x(vl. težina+vertikalno gore trajno)+1.50x(vertikalno gore pokretno)

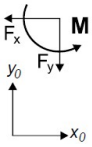
Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	xo [m]	yo [m]	M [kNm/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.35	0.40- 2.90	30.16	9.50	3.050	0.871	-17.43
Zasip (pokretno)	Pqx1.50	0.40- 2.90	3.03	0.96	3.050	1.250	-1.26
Težina zida	W x1.35		0.00	43.36	2.260	0.862	-98.01
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Ngx1.35		0.00	54.00	3.040	2.900	-164.16
Vert. opt. na vrhu(pokretno)	Nqx1.50		0.00	15.00	3.040	2.900	-45.60
Opt. na podrumski zid	Gfx1.00		0.00	5.60	1.400	0.200	-7.84
Opt. na podrumski zid	Qfx1.50		0.00	8.40	1.400	0.200	-11.76
			Suma=	136.82			-346.06



Suma vert. sila = 136.82 kN/m
Suma momenata na prednjoj nožici = -346.06 kNm/m
Suma momenata na sredini baze = -137.41 kNm/m
Ekscentricitet e_c=-137.41/136.82=-1.004m, e_c>3.050/6=0.508m
Pritisak tla q=0.000 N/mm² Bq=1.562 m
Efekt. duljina L'=3.050-2x1.004= 1.041 m
Nosivost tla $R_d=L'\cdot q_{uk}/\gamma_M$=1.041·(1000x0.30)/1.40= 223.07 kN/m
Provjera nosivosti V_d=136.82 < Rd=223.07 kN/m, Zadovoljava!

Provjera na prevrtanje (STR/GEO A1+M1)
Prevrtanje oko nožice (xo=0,yo=0) (x=3.050,y=2.900 m)

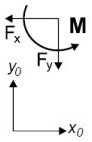
Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	xo [m]	yo [m]	Mo+ [kNm/m]	Mo- [kNm/m]	
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.35	0.40- 2.90	30.16	9.50	3.050	0.871	11.56	28.98	
Zasip (pokretno)	Pqx1.50	0.40- 2.90	3.03	0.96	3.050	1.250	1.66	2.93	
Težina zida	W x1.00		0.00	32.12	2.260	0.862	0.00	72.60	
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Ngx1.00		0.00	40.00	3.040	2.900	0.00	121.60	
Opt. na podrumski zid	Gfx1.00		0.00	5.60	1.400	0.200	-7.84	-7.84	
						Suma=		5.38	218.27



Provjera stabilnosti na prevrtanje zadovoljava!

Provjera na klizanje (STR/GEO A1+M1)

Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx+ [kN/m]	Fx- [kN/m]	Fy [kN/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.35	0.40- 2.90	30.16	0.00	9.50
Zasip (pokretno)	Pqx1.50	0.40- 2.90	3.03	0.00	0.96
Passive Tlak zemlje	Ppx1.00	0.00- 0.00	0.00	0.00	0.00
Težina zida	W x1.00		0.00	0.00	32.12
Vert. opt. na vrhu (stalno)	Ngx1.00		0.00	0.00	40.00
Opt. na podrumski zid	Gfx1.00		0.00	0.00	5.60
		Suma=	33.19	0.00	88.18

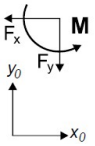


Provjera stabilnosti na klizanje zadovoljava!

PROVJERA STABILNOSTI (STR/GEO A2+M2)

Sile na zid (STR/GEO A2+M2)

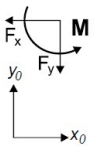
Djelovanje		y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x [m]	y [m]
Aktivno Tlak zemlje	Pa	0.40- 2.90	22.72	5.67	0.000	2.029
Zasip (pokretno)	Pq	0.40- 2.90	2.06	0.51	0.000	1.650
Težina zida	W		0.00	32.13	0.790	2.038
Vert. opt. na vrhu (stalno)	Ng		0.00	40.00	0.010	0.000
Vert. opt. na vrhu (pokretno)	Nq		0.00	10.00	0.010	0.000
Opt. na podrumski zid	Gf		0.00	5.60	4.200	2.700
Opt. na podrumski zid	Qf		0.00	5.60	4.200	2.700



Provjera nosivost tla (STR/GEO A2+M2)

Provjera 1.00x(vl. težina+vertikalno gore trajno)+0.00x(vertikalno gore pokretno)

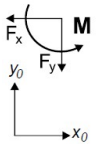
Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	xo [m]	yo [m]	M [kNm/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.00	0.40- 2.90	22.72	5.67	3.050	0.871	-8.58
Zasip (pokretno)	Pqx1.30	0.40- 2.90	2.68	0.66	3.050	1.250	-0.56
Težina zida	W x1.00		0.00	32.12	2.260	0.862	-72.60
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Ngx1.00		0.00	40.00	3.040	2.900	-121.60
Opt. na podrumski zid	Gfx1.00		0.00	5.60	1.400	0.200	-7.84
			Suma=	84.05			-211.18



Suma vert. sila = 84.05 kN/m
Suma momenata na prednjoj nožici = -211.18 kNm/m
Suma momenata na sredini baze = -83.00 kNm/m
Ekscentricitet e_c=-83.00/84.05=-0.988m, e_c>3.050/6=0.508m
Pritisak tla q=0.000 N/mm² B_q=1.612 m
Efekt. duljina L'=3.050-2x0.988= 1.075 m
Nosivost tla R_d=L'·q_{uk}/γ_M=1.075·(1000x0.30)/1.40= 230.36 kN/m
Provjera nosivosti V_d=84.05 < Rd=230.36 kN/m, **Zadovoljava!**

Provjera 1.00x(vl. težina+vertikalno gore trajno)+1.30x(vertikalno gore pokretno)

Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	xo [m]	yo [m]	M [kNm/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.00	0.40- 2.90	22.72	5.67	3.050	0.871	-8.58
Zasip (pokretno)	Pqx1.30	0.40- 2.90	2.68	0.66	3.050	1.250	-0.56
Težina zida	W x1.00		0.00	32.12	2.260	0.862	-72.60
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Ngx1.00		0.00	40.00	3.040	2.900	-121.60
Vert. opt. na vrhu(pokretno)	Nqx1.30		0.00	13.00	3.040	2.900	-39.52
Opt. na podrumski zid	Gfx1.00		0.00	5.60	1.400	0.200	-7.84
Opt. na podrumski zid	Qfx1.30		0.00	7.28	1.400	0.200	-10.19
			Suma=	104.33			-260.89



Suma vert. sila = 104.33 kN/m
Suma momenata na prednjoj nožici = -260.89 kNm/m
Suma momenata na sredini baze = -101.79 kNm/m
Ekscentricitet e_c=-101.79/104.33=-0.976m, ec>3.050/6=0.508m
Pritisak tla q=0.000 N/mm² B_q=1.648 m
Efekt. duljina L'=3.050-2x0.976= 1.099 m
Nosivost tla Rd=L'·q_{uk}/γ_M=1.099x(1000x0.30)/1.40= 235.50 kN/m
Provjera nosivosti V_d=104.33 < Rd=235.50 kN/m, **Zadovoljava!**

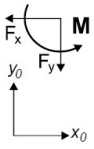
Provjera na prevrtanje (STR/GEO A2+M2)

Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	xo [m]	yo [m]	Mo+ [kNm/m]	Mo- [kNm/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.00	0.40- 2.90	22.72	5.67	3.050	0.871	8.71	17.29
Zasip (pokretno)	Pqx1.30	0.40- 2.90	2.68	0.66	3.050	1.250	1.47	2.03
Težina zida	W x1.00		0.00	32.12	2.260	0.862	0.00	72.60
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Ngx1.00		0.00	40.00	3.040	2.900	0.00	121.60
Opt. na podrumski zid	Gfx1.00		0.00	5.60	1.400	0.200	-7.84	-7.84
					Suma=		2.34	205.68

Provjera stabilnosti na prevrtanje zadovoljava!

Provjera na klizanje (STR/GEO A2+M2)

Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx+ [kN/m]	Fx- [kN/m]	Fy [kN/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.00	0.40- 2.90	22.72	0.00	5.67
Zasip (pokretno)	Pqx1.30	0.40- 2.90	2.68	0.00	0.66
Passive Tlak zemlje	Ppx1.00	0.00- 0.00	0.00	0.00	0.00
Težina zida	W x1.00		0.00	0.00	32.12
Vert. opt. na vrhu (stalno)	Ngx1.00		0.00	0.00	40.00
Opt. na podrumski zid	Gfx1.00		0.00	0.00	5.60
		Suma=	25.40	0.00	84.05



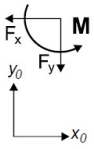
Provjera stabilnosti na klizanje zadovoljava!

Protupotresni proračun

PROVJERA STABILNOSTI (s potresnim djelovanjem)

Sile na zid

Djelovanje		y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x [m]	y [m]
Aktivno Tlak zemlje	Pa	0.40- 2.90	22.34	7.04	0.000	2.029
Zasip (pokretno)	Pq	0.40- 2.90	2.02	0.64	0.000	1.650
Težina zida	W		0.00	32.13	0.790	2.038
Vert. opt. na vrhu (stalno)	Ng		0.00	40.00	0.010	0.000
Vert. opt. na vrhu (pokretno)	Nq		0.00	10.00	0.010	0.000
Opt. na podrumski zid	Gf		0.00	5.60	4.200	2.700
Opt. na podrumski zid	Qf		0.00	5.60	4.200	2.700



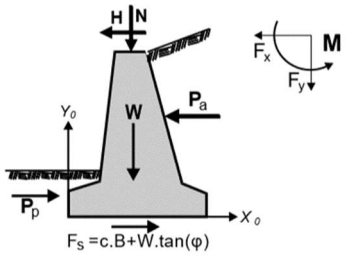
Dodatne sile zbog potresnog opt.

Djelovanje		y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x [m]	y [m]
Aktivno Tlak zemlje	Pa	0.40- 2.90	8.71		0.000	2.029
Zasip (pokretno)	Pq	0.40- 2.90	0.79		0.000	1.650
Težina zida	W		5.36	-2.67	0.790	2.038
Vert. opt. na vrhu (stalno)	Ng		6.68	-3.32	0.010	0.000
Vert. opt. na vrhu (pokretno)	Nq		1.67	-0.83	0.010	0.000

Provjera nosivost tla (s potresnim djelovanjem)

Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	xo [m]	yo [m]	M [kNm/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.00	0.40- 2.90	31.05	7.04	3.050	0.871	-9.57
Zasip (pokretno)	Pqx0.30	0.40- 2.90	0.84	0.19	3.050	1.250	-0.12
Težina zida	W x1.00		5.36	34.79	2.260	0.862	-61.95
Vert. opt. na vrh (stalno)	Ngx1.00		6.68	36.68	3.040	2.900	-102.98
Vert. opt. na vrhu(pokretno)	Nqx0.30		0.50	2.75	3.040	2.900	-7.73
			Suma=	81.45			-182.35

Suma vert. sila = 81.45 kN/m
Suma momenata na prednjoj nožici = -182.35 kNm/m
Suma momenata na sredini baze = -58.14 kNm/m
Ekscentricitet e_c=-58.14/81.45=-0.714m, e_c>3.050/6=0.508m
Pritisak tla q=0.000 N/mm² B_q=2.434 m
Efekt. duljina L'=3.050-2x0.714= 1.622 m
Nosivost tla R_d=L'·q_{uk}/γ_M=1.622x(1000x0.30)/1.40= 347.57 kN/m
Provjera nosivosti V_d=81.45 < R_d=347.57 kN/m, **Zadovoljava!**



Provjera na prevrtanje (s potresnim djelovanjem)
Prevrtanje oko nožice (xo=0,yo=0) (x=3.050,y=2.900 m)

Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	xo [m]	yo [m]	Mo+ [kNm/m]	Mo- [kNm/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.00	0.40- 2.90	31.05	7.04	3.050	0.871	11.90	21.47
Zasip (pokretno)	Pqx0.30	0.40- 2.90	0.84	0.19	3.050	1.250	0.46	0.59
Težina zida	W x1.00		5.36	34.79	2.260	0.862	10.65	72.60*
Vert. opt. na vrhu(stalno)	Ngx1.00		6.68	36.68	3.040	2.900	18.62	121.60*
Vert. opt. na vrhu(pokretno)	Nqx0.30		0.50	2.75	3.040	2.900	1.40	9.12*
				Suma=			43.03	225.38

ZADOVOLJAVA

Provjera na klizanje (s potresnim djelovanjem)

Djelovanje	(P.γ)	y1 - y2	Fx+ [kN/m]	Fx- [kN/m]	Fy [kN/m]
Aktivno Tlak zemlje	Pax1.00	0.40- 2.90	31.05	0.00	7.04
Zasip (pokretno)	Pqx0.30	0.40- 2.90	0.84	0.00	0.19
Passive Tlak zemlje	Ppx1.00	0.00- 0.00	0.00	0.00	0.00
Težina zida	W x1.00		5.36	0.00	29.45
Vert. opt. na vrhu (stalno)	Ngx1.00		6.68	0.00	36.68
Vert. opt. na vrhu (pokretno)	Nqx0.30		0.50	0.00	2.75
		Suma=	44.43	0.00	76.11

ZADOVOLJAVA

Proračun stijenke zida

Opterećenja 1.35x(trajno nepovoljno)+1.00x(trajno povoljno)+1.50x(promjenjivo nepovoljno)

Sile na zid

y [m]	h [m]	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	M [kNm/m]
0.50	0.250	0.28	43.22	-6.43
1.00	0.250	2.98	47.18	-7.76
1.50	0.250	7.87	51.85	-9.47
2.00	0.250	14.94	57.21	-8.52
2.70	0.250	28.54	65.87	4.74

Proračun na savijanje

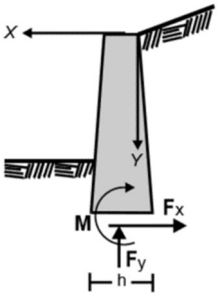
Beton/Čelik : C25/30-B500B, Zašt. sloj: Cnom=25 mm

Minimalna arm. $A_{s\,min} = 0.26\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot d$, 0.0013d, 0.0020$A_c$, maximum:0.04$A_c$

y [m]	Med [kN/m]	Ned [kN]	d [mm]	Kd	x/d	εc/εs	Ks	As [cm²/m]	min vyzt. [cm²/m]
0.50	-6.43	-43.22	220	6.78	0.04	0.8/20.0	2.33	0.12	(2.97)
1.00	-7.76	-47.18	220	6.29	0.04	0.9/20.0	2.33	0.21	(2.97)
1.50	-9.47	-51.85	220	5.80	0.05	0.9/20.0	2.34	0.34	(2.97)
2.00	-8.52	-57.21	220	5.89	0.04	0.9/20.0	2.34	0.17	(2.97)
2.70	4.74	-65.87	220	6.63	0.04	0.8/20.0	2.33	0.00	(2.50)

Opterećenja 1.00x(trajno nepovoljno)+1.00x(trajno povoljno)+0.30x(promjenjivo)+1.00x(potresno)

Sile (u težištu presjeka) na stijenku zida (s potresnim djelovanjem)



y [m]	h [m]	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	M [kNm/m]
0.50	0.250	7.98	43.22	-0.88
1.00	0.250	11.21	47.18	2.32
1.50	0.250	16.71	51.85	6.03
2.00	0.250	24.45	57.21	12.79
2.70	0.250	39.09	65.87	33.52

Proračun na savijanje (s potresnim djelovanjem)

Beton/Čelik : C25/30-B500B, Zašt. sloj: C_{nom}=25 mm

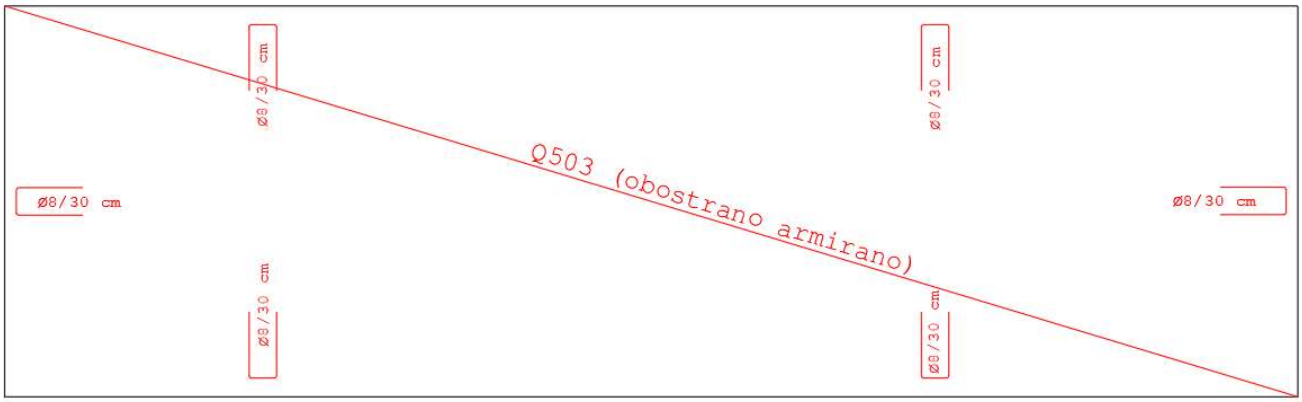
Minimalna arm. $A_{s\,min} = 0.26\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot d$, 0.0013d, 0.0020$A_c$, maximum:0.04$A_c$

y [m]	Med [kN/m]	Ned [kN]	d [mm]	Kd	x/d	εc/εs	Ks	As [cm²/m]	min vyzt. [cm²/m]
0.50	-0.88	-43.22	220	9.85	0.03	0.5/20.0	2.32	0.00	(2.50)
1.00	2.32	-47.18	220	8.44	0.03	0.6/20.0	2.32	0.00	(2.50)
1.50	6.03	-51.85	220	6.65	0.04	0.8/20.0	2.33	0.00	(2.50)
2.00	12.79	-57.21	220	5.15	0.05	1.1/20.0	2.34	0.62	(2.97)
2.70	33.52	-65.87	220	3.49	0.08	1.8/20.0	2.37	2.77	(2.97)

ODABRANO za podrumski zid:

Mreža Q503 (obostrano)

U vilice Ø8/30 cm



Sidrenje armature

lb,rqd=(Ø/4) (σsd/fbd)=(10/4)x(399/1.89)=528mm
σ_{sd}=435.00·277/302=399MPa f_{bd}=2.25·0.70·f_{ctd}=1.89 MPa
l_{bd}=1.00·528=528mm, C_{nom}=25mm<3·10=30mm{=(3Æ)
$l_{b,min}$=max(0.30l_{brqd},10Ø,100mm)=158mm

Potrebno 370mm na donjem kraju sidrene šipke

Poprečne sile

Beton/Čelik : C25/30-B500B, Zašt. sloj: C_{nom}=25 mm
V_{ed}=24.26 kN/m, Ved (+potresno)=34.49 kN/m, N_{ed}=-63.15 kN/m

Vrdc=[Crdc·k·(100ρ1·fck) ^0.33+k1·σcp]·bw·d V_{rdc} =
Vrdc>=(vmin+k1·σcp)·bw·d
Crdc=0.18/γc=0.18/1.50=0.120, fck=25MPa ,bw=1000mm, d=220mm

k=1+(200/d)^^½<=2, k=1.95, k1=0.15
ρ1=As1/(bw·d)=302/(1000x220)=0.0014
σcp=Ned/Ac=1000x63.15/250000=0.25N/mm²
vmin=0.0350·k ^1.50·fck^^½ = 0.48N/mm²,

Vrd,c(min)=0.001x(0.48+0.15x0.25)x1000x220=113.85kN/m
Vrdc=0.001x[0.120x1.95x(0.14x25) ^0.33+0.15x0.25]x1000x220=86.41, Vrdc=113.85kN/m
Ved=34.49 kN/m <= Vrdc=113.85 kN/m,
Zadovoljava!

Temelj zida

Proračun prednje nožice x=3.050 m to x=0.250 m
Suma vert. sila = 136.82 kN/m
Suma momenata na sredini baze = -137.41 kNm/m
q1= -0.044 N/mm², q2= 0.119 N/mm², w= 2.800 m
tlak od vl. težina q3= 0.005 N/mm²
M= 21.46 kNm/m, V= 91.26 kN/m
V na udaljenosti d=160mm od lica stijenke = 73.77 kN/m
Med= 21.46k Nm/m, Ved= 73.77 kN/m

Proračun prednje nožice x=3.050 m to x=0.250 m (s potresnim djelovanjem)
Suma vert. sila = 81.45 kN/m
Suma momenata na sredini baze = -58.14 kNm/m
q1= -0.011 N/mm², q2= 0.058 N/mm², w= 2.800 m
tlak od vl. težina q3= 0.005 N/mm²
M= 26.19 kNm/m, V= 52.17 kN/m
V na udaljenosti d=160mm od lica stijenke = 44.01 kN/m
Med= 26.19k Nm/m, Ved= 44.01 kN/m

Proračun temelja na savijanje

Beton/Čelik : C25/30-B500B, Zašt. sloj: Cnom=40 mm
Med= 26.19kNm/m, d=152mm, Kd= 2.97 x/d=0.10 εc2/εs1=-2.2/20.0 ks=2.39, **As= 4.12cm²/m**
Minimalna armatura As>=0.26bd·fctm/fyk (As= 2.06cm²/m)
Minimalna armatura Ø10/375 (2.09cm²/m)

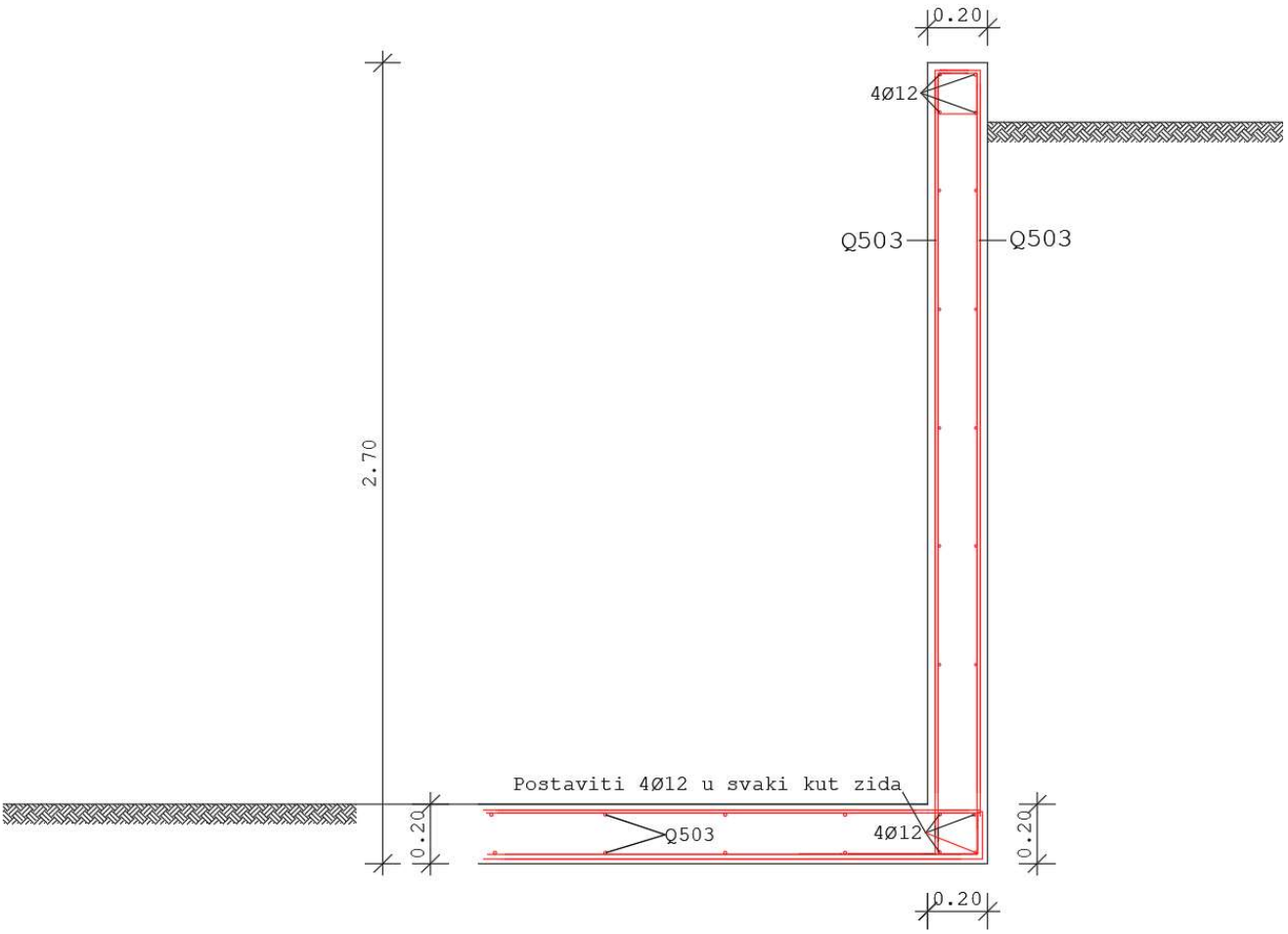
Armatura podnožja zida

Armatura podnožja na dnu Ø14/370 (4.16cm²/m)
Sekundarna armatura Ø10/400 (1.96cm²/m)

ODABRANO za podnu ploču:

Mreža Q503 (obostrano)

U vilice Ø8/30 cm



Sidrenje armature

x=h/2=0.100m, R=1000x0.119x0.100=11.90 kN/m
e=0.15b=0.038m ze=2.787 m, zi=0.900d=0.137m
Fs=R·ze/zi=11.90x2.787/0.137=242.48 kN/m
σsd=Fs/As=1000x242.48/416=583 MPa

Potrebna duljina sidrenja
lb,rqd=(Ø/4) (σsd/fbd)=(14/4)x(583/2.70)=756mm
fbd=2.25x1.00xfctd=2.70 MPa

lbd=1.00x756=756mm, Cnom=40mm<3x14=42mm=(3Ø)

lb,min=max(0.30lbrqd,10Ø,100mm)=227mm
Lbd=760mm =0.760m
lbd=760mm>(x-Cnom)=60.00.

Potrebno sidrenje 700mm na krajevima šipki.

6. Zaključak

Ziđe kao konstruktivni element karakteristično je zbog velikog raspona materijala i načina izvedbe. Izvedba varira među državama i kontinentima, pa se u literaturi mogu naći vrlo zanimljivi primjeri atipični za našu regiju, kao npr. ziđe gdje se armatura postavlja u šupljine elemenata kojima se zida.

U ovom radu zadržali smo se samo na punostjenom armirano betonskom ziđu. Zbog relativne jednostavnosti konstrukcije rad se svodio na promatranje elementa u dvodimenzionalnom sustavu. Prilikom projektiranja zahtjevnijih kontrukcija potrebno je detaljnije modeliranje nosača.

Predmetni proračun armirano betonskog zida podruma znatno je kompleksniji od proračuna ostalih elemenata: ploče, grede i stupa jer postoje izraženiji problemi stabilnosti kao i više djelovanja. Iz navedenog može se zaključiti da je spektar mogućih otkazivanja nosivosti također širi. Prema samoj metodologiji obrađeni proračun je najsličniji proračunu grede, no potrebno je uzeti u obzir mehanizme otkazivanja stabilnosti duž osi nosača (izbočavanje), spojevima (proboj), te u prostoru(klizanje, prevrtanje, slom tla). Kod projektiranja veliku pažnju treba posvetiti sidrenju kako bi se osiguralo da armatura 'radi' u u vezi s ostalim konstruktivnim elementima.

Kod izvođenja potrebno je ugrađivati beton propisanog razreda tlačne čvrstoče, armaturu propisno ugraditi i vršiti sidrenje armature na projektom propisan način. Potrebno je vršiti i propisanu njegu ugrađenog betona ukoliko za to postoji potreba zbog utjecaja okoliša.

Ivan Ivanic, u Varaždinu 27. IX. 2018.

7. Literatura

[1] Z. Sorić: Betonske i zidane konstrukcije I, skripta Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2008.

[2] I. Gukov: Betonske konstrukcije I, Predavanja, Zagreb, 2017.

[3] I Gukov: Osnove proračuna i djelovanja na konstrukcije, Zagreb 2007.

[4] M. Orešković: Betonske konstrukcije I, Predavanja, Varaždin 2015.

[5] M. Orešković: Betonske konstrukcije II, Predavanja, Varaždin 2015.

7.1. Popis slika

Slika 2.1. Izvedena konstrukcija podrumskog zida; izvor: http://4sitebasements.co.uk/rc-lining-walls/

Slika 2.2.1. Ispitivanje zida sa razaranjem, izvor: https://www.researchgate.net

Slika 2.2.2. Raščlamba učestalosti pojavljivanja djelovanja u vremenu; izvor Gukov, 2007:8

Slika 2.3.1. Armiranje zidnog nosača, nepoznat autor

Slika 2.3.2. Raspored armature nad ležajem kontinuiranog nosača, nepoznat autor

Slika 2.4.1. Raspodjela naprezanja, nepoznat autor

Slika 2.4.2. Prevrtanje, autorski rad

Slika 2.4.3. Klizanje, autorski rad

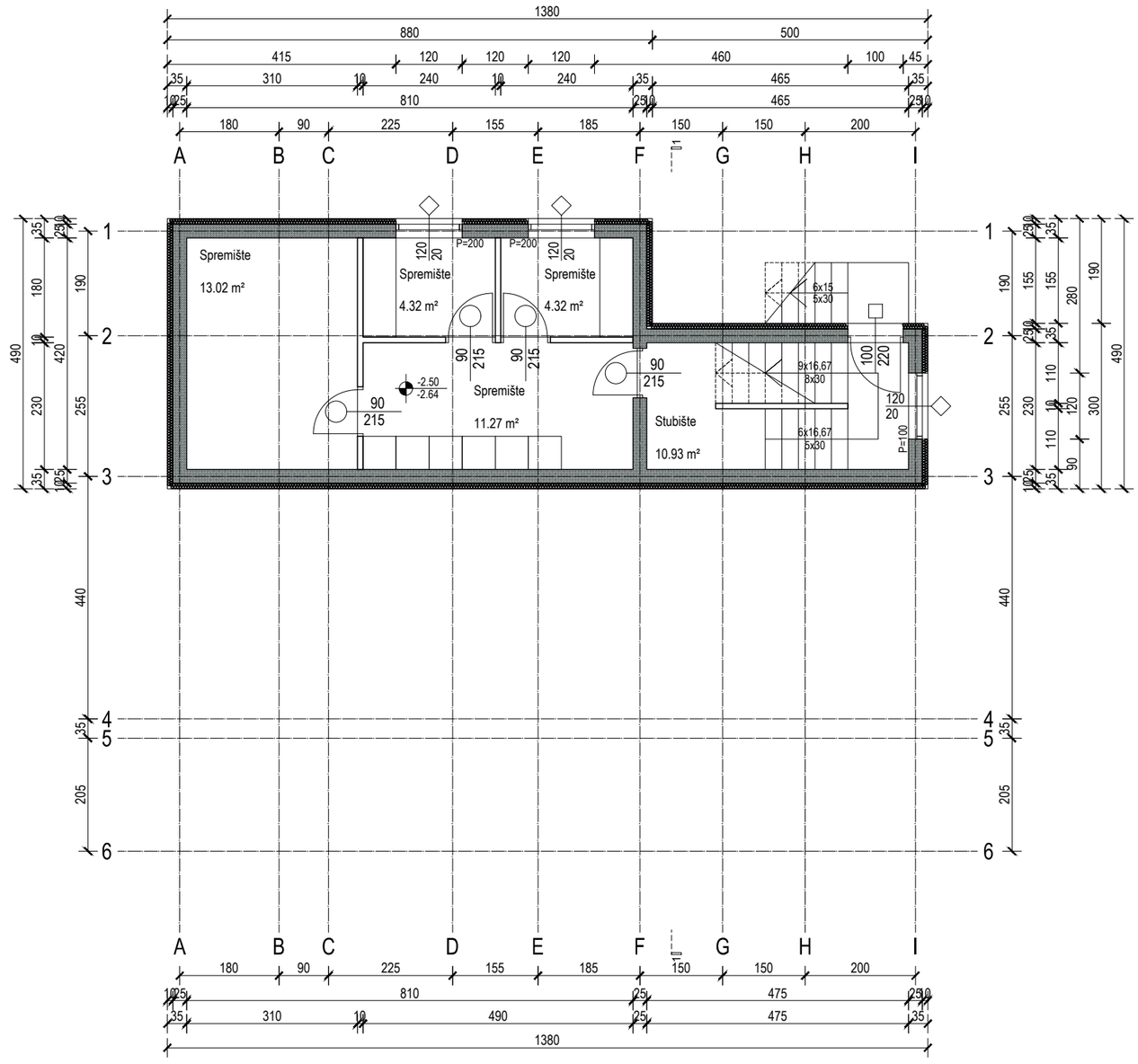
Slika 2.4.4. Slom tla, autorski rad

Slika 2.4.5. Sile proboja i kontrolni opseg, izvor Gukov, 2007:8

8. Prilozi (nacrti)

TLOCRT PODRUMA

MJ 1:100

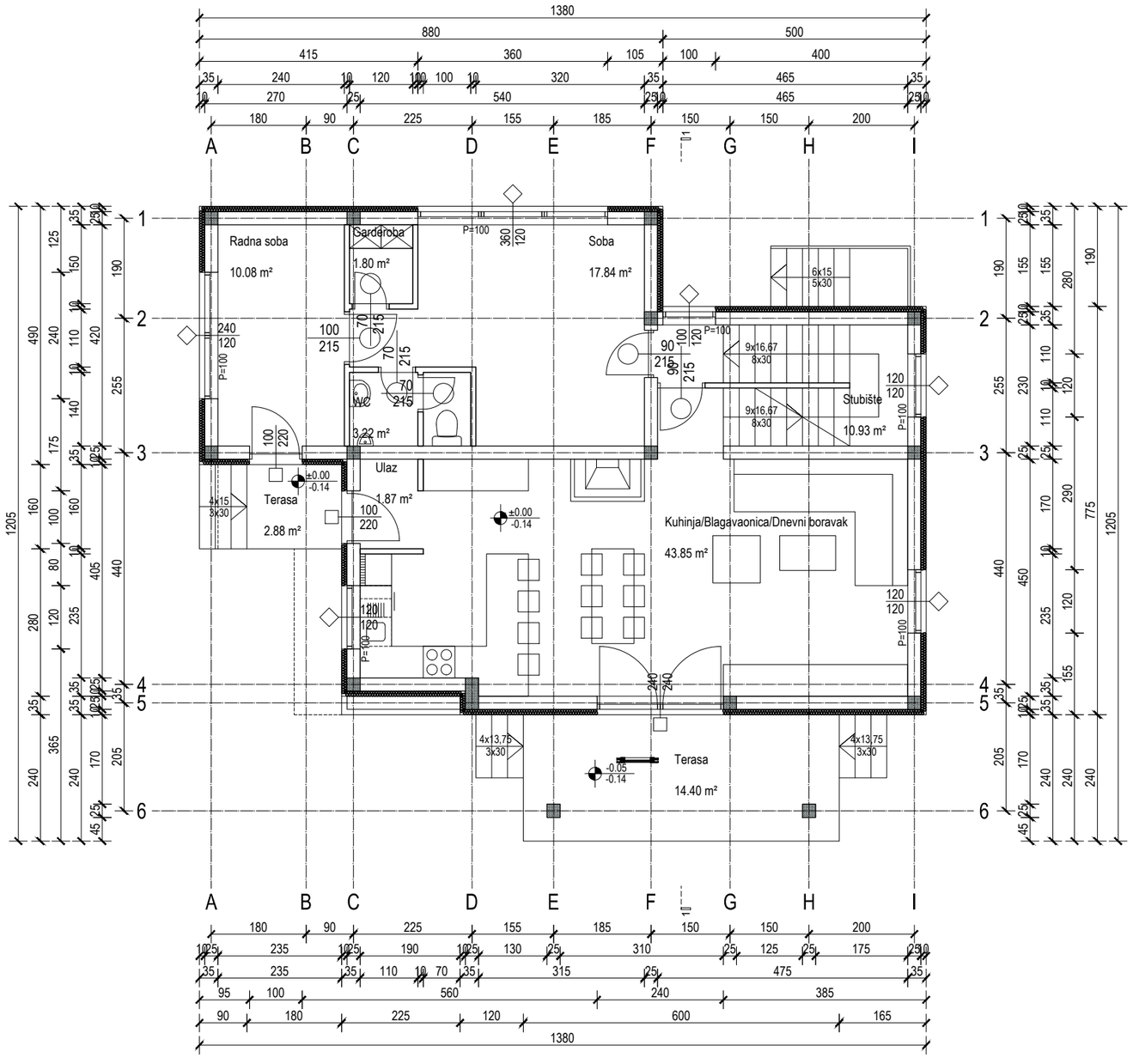


0 1 5m

STUDENT	Ivan Ivanic 1270/336
NACRT	Prilog 1: Tlocrt podruma MJ 1:100
KOLEGIJ	Završni rad 341/GR/2018

TLOCRT PRIZEMLJA

MJ 1:100

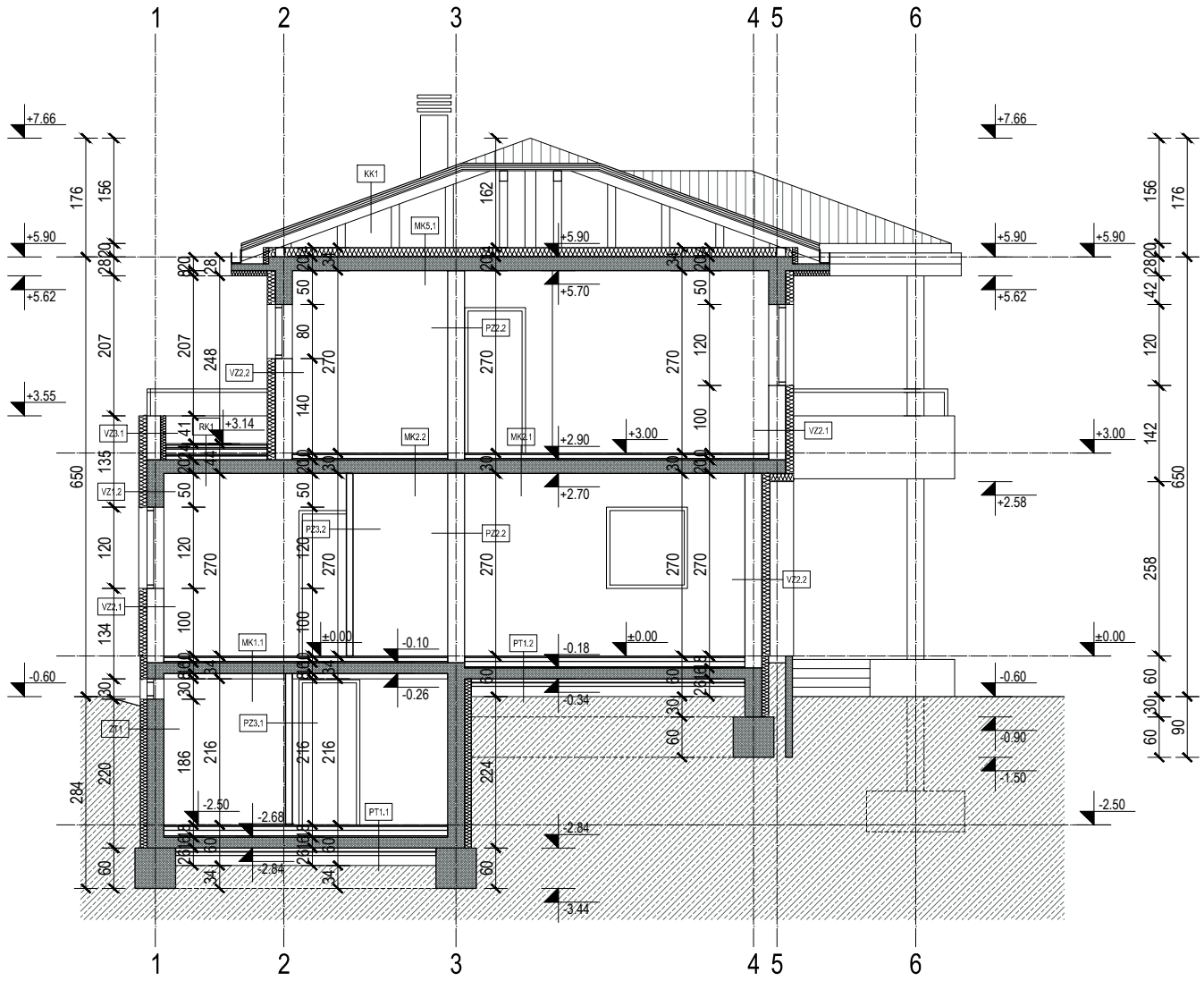


0 1 5m

STUDENT	Ivan Ivanic 1270/336
NACRT	Prilog 2: Tlocrt pruzemlja MJ 1:100
KOLEGIJ	Završni rad 341/GR/2018

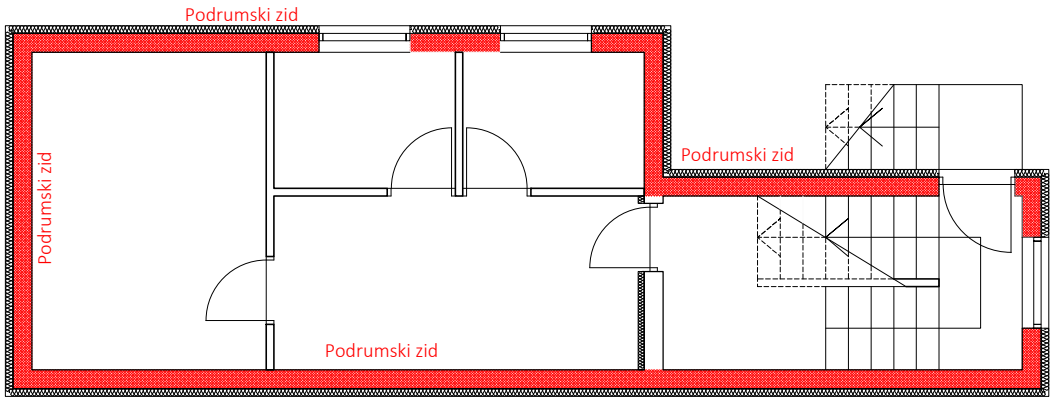
PRESJEK

MJ 1:100



STUDENT	Ivan Ivanic 1270/336
NACRT	Prilog 3: Presjek MJ 1:100
KOLEGIJ	Završni rad 341/GR/2018

POZICIJE TLOCRT PODRUMA MJ 1:100



0 1 5m

STUDENT	Ivan Ivanic 1270/336
NACRT	Prilog 4: Tlocrt podruma-pozicije MJ 1:100
KOLEGIJ	Završni rad 341/GR/2018

ZAPADNO PROČELJE MJ 1:100

0 1 5m

STUDENT	Ivan Ivanic 1270/336
NACRT	Prilog 5: Zapadno pročelje MJ 1:100
KOLEGIJ	Završni rad 341/GR/2018

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, IVAN IVANIC *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom STATIČKI PRORAČUN FER. BET. ZIDA *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

_____
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, IVAN IVANIC *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom STATIČKI PRORAČUN FER. BET. ZIDA *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

_____
(vlastoručni potpis)