

## ANALIZA AB POTPORNOG ZIDA SA ASPEKTA OPTIMIZACIJE U DOMENU IDEJNOG REŠENJA

Enis Sadović<sup>1</sup>

### *Rezime:*

Potporni zidovi su inženjerske konstrukcije koje zahtevaju detaljniju analizu u fazama projektovanja i prikupljanja potrebnih podloga za izradu tehničke dokumentacije. U opštem slučaju na potporni zid deluje stalno i povremeno opterećenje u vidu horizontalnih pritisaka tla i saobraćajnog opterećenja reflektovanog na zid opet kao horizontalno opterećenje. Pored pomenutih mogu se javiti i izuzetna opterećenja kao što su seizmičko dejstvo ili hidrodinamički pritisci kao posledica neadekvatne drenaže i zemljotresa. U ovom radu je prikazano rešenje armirano betonskog potpornog zida, sistema obrnute uklještene konzole sa širokom temeljnom pločom iza zida. Rešenje je usvojeno na osnovu metoda optimizacije konstrukcija. To je prouzrokovalo podelu konstrukcije zida u lamele nejednakih debljina i različitih nivoa kota dna temelja u cilju redukcije ekonomskih parametara.

*Ključne reči:* potporni zid, opterećenje, model, seizmika, optimizacija

## ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE RETAINING WALL FROM THE ASPECT OF CONCEPTUAL DESIGN

### *Abstract:*

Retaining walls are engineering structures which are followed by a detailed analysis in designing phase and in the phase of collecting useful documentation needed for making technical drawings. In general, these structures are exposed to dead and live load in the form of soil horizontal pressures and the traffic load transmitted on the wall also as horizontal forces. Beside the mentioned loads, many extraordinary loads can occur, such as seismic activity or hydrodynamic pressures which come as a consequence of earthquakes and inadequate drainage. This paper presents a conceptual design of reinforced concrete cantilever retaining wall with a long heel behind the wall. The design is adopted according to optimization methods for constructions. That caused a division of construction in several parts with unequal wall thickness and different foundation bottom levels for the purpose of improving cost-efficiency.

*Key words:* retaining walls, loads, model, seismic, optimization

---

<sup>1</sup> Dipl.ing. građ., PhD student na Univerzitetu u Nišu

## 1 UVOD

Potporni zidovi su inženjerske konstrukcije za čiji proračun je potrebna detaljnija analiza. Misli se na tačno određivanje i obuhvatanje spoljašnjih uticaja tj. opterećenja, kako bi se ovakvi značajni objekti zaštitili od oštećenja i havarija. U opštem slučaju na potporni zid deluje stalno i povremeno opterećenje u vidu horizontalnih pritisaka tla i saobraćajnog opterećenja reflektovanog na zid opet kao horizontalno opterećenje. Pored pomenutih mogu se javiti i izuzetna opterećenja kao što su seizmičko dejstvo ili hidrodinamički pritisci kao posledica zemljotresa i neadekvatne drenaže. S obzirom na zahteve stabilnosti konstrukcije s jedne strane i zahteve investitora o minimalnim troškovima s druge, do rešenja se mora doći optimizacijom dimenzija AB konstrukcije. Jedno od povoljnijih rešenja za date uslove je sistem uklješteno obrnute konzole podeljen u nekoliko lamela.

Otežavajuća okolnost u fazi projektovanja navedenog objekta bilo je nepostojanje geomehničkog elaborata.

Lokacija objekta je u Novom Pazaru, a ukupna dužina zida je 71.0m. Konstrukcija se sastoji iz dva dela, od kojih je prvi klasičan potporni zid, dok je drugi sastavni deo garaže predviđene projektom. Visina zida je promenljiva jer prati pad nivelete kolovozne konstrukcije od 2% i kreće se od 1.0 do 5.0m. u ovom radu je predstavljeno rešenje samo prvog dela konstrukcije. Proračun stabilnosti objekta je rađen na osnovu Pravilnika o temeljenju objekata 5[1], analiza opterećenja na osnovu pomenutog i Pravilnika o projektovanju inženjerskih objekata u seizmički aktivnim područjima 5[2] i dimenzionisanje je izvršeno na osnovu Pravilnika za beton i armirani beton (PBAB-87) 5[3].

## 2 PODLOGE

Iskopima unutar parcele, neposredno do puta, izazvan je odron tla koji nije sprečen i koji je za posledicu imao kidanje vodovodnih instalacija. Posle određenog vremena i pošto je izostala reakcija na pomenute posledice došlo je do propadanja kolovozne konstrukcije. Kolovoz je stradao do te mere da se odron proširio skoro do druge kolovozne trake. Celokupna situacija je iziskivala hitnu sanaciju u cilju obezbeđenje normalnog funkcionisanja puta.

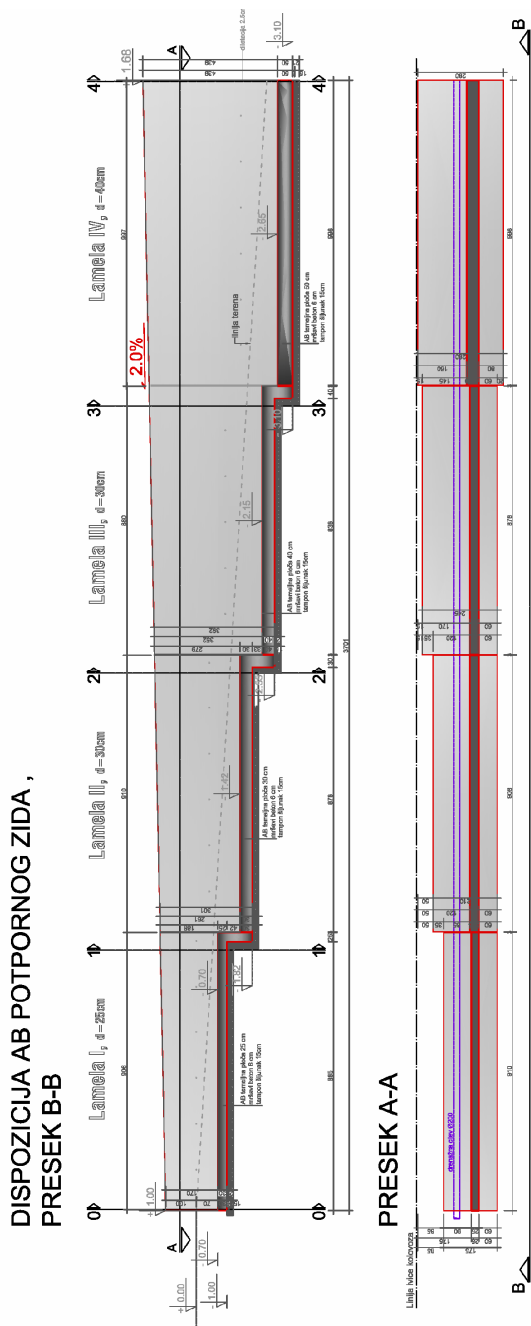


Slika 1. Fotografije lokacije budućeg potpornog zida

Podaci o geomehničkim karakteristikama tla ne postoje već su pretpostavljeni zbog nedostatka vremena i hitne potrebe za sanacijom tog dela parcele (slika 1). Time je posao projektanta znatno otežan i mogućnost pojave grešaka povećana. S toga, usvojene su sledeće karakteristike tla:

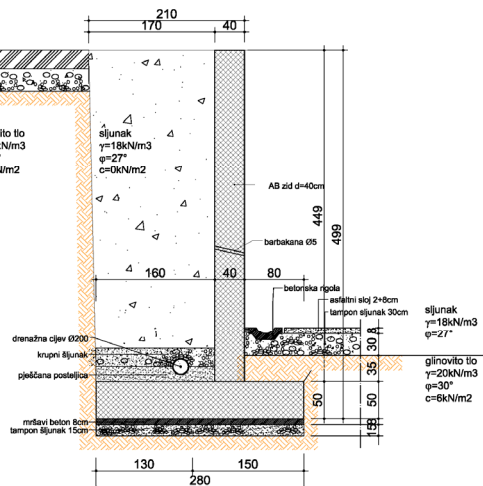
- zapreminska težina tla .....20kN/m<sup>3</sup>
- zapreminska težina šljunka .....18kN/m<sup>3</sup>
- ugao unutrašnjeg trenja.....30°
- kohezija.....6kN/m<sup>2</sup>
- dozvoljena nosivost tla .....180kN/cm<sup>2</sup>
- moguće sleganje ..... 2cm

Manja nosivost tla od eventualne stvarne je usvojena kako bi se bilo na strani sigurnosti.



Slika 2. Dispozicija potpornog zida (presek i izgled)

Dispozicijom datom na slikama 2 i 3 je predstavljeno usvojeno idejno rešenje zida koje bi trebalo da zadovolji tražene kriterijume. Ovakva vrsta konstrukcije, ukoliko bude stabilna na klizanje i preturanje, biće adekvatan dinamički sistem za seizmičke aktivnosti karakteristične za dato područje.



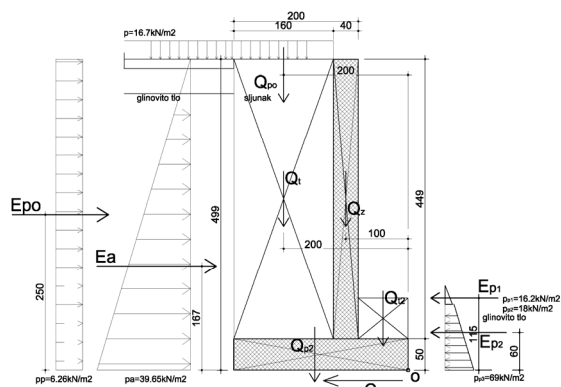
Slika 3. Poprečni presek zida (presek 4-4)

Zbog velikog pada terena unutar parcele i zahteva za postojanjem saobraćajnice, koja vodi do garaže, zid je podeljen stalnim dilatacijama u četiri lamele koje imaju različite debljine i zidova i temeljnih ploča. Isto tako su i dimenzije u osnovi temeljnih ploča promenljive. Za svaki deo je rađena potrebna analiza i kontrola. Dna temelja su na različitim nivoima kako bi se uštedelo na materijalu, ali uz uslov da postoji jedan deo tla uz potporni zid koji će se suprotstavljati aktivnim pritiscima (slika 2). Isprekidanom linijom je predstavljen zahtevani nivo tla koji bi trebao biti dobro zbijen.

Ovakav oblik konstrukcije zida omogućava i racionalno iskorišćenje materijala, pre svega betona.

### 3 DETALJNA ANALIZA OPTERECENJA

#### 3.1. STALNO I POKRETNO OPTERECENJE



Slika 4. Shema opterećenja zida, stalno i pokretno

Na zid pored sopstvene težine konstrukcije i tla, koje leži na temeljnoj ploči sa obe strane, deluju

horizontalni pritisci od saobraćajnog opterećenja dobijeni prema 5[4]. Za ove dve vrste opterećenja zid mora zadovoljiti sledeće kriterijume:

- Uslov stabilnosti na klizanje:

$$n_k = \frac{\sum V \cdot t \cdot g\phi + c \cdot b_{tp}}{H} \geq k$$

(1)

gde je k koeficijent sigurnosti na klizanje (prema 5[5] k=1.5 za peskovito i šljunkovito tlo i k=2.0 za glinovito tlo).

- Uslov stabilnosti potpornog zida na preturanje:

$$n_p = \frac{M_s}{M_p} \geq 1.5$$

(2)

- Uslov da naponi na kontaktnoj spojnici budu u granicama dozvoljenih 5[5].

### 3.2. SEIZMIČKO OPTEREĆENJE

Planirani objekat se nalazi u zemljotresnom području pa je neophodno uvrstiti i ta dejstva u proračun. Na osnovu Pravilnika za seizmička područja (VIII zona) ubrzanje tla iznosi  $\ddot{x}_{\max}(g) = 0.20$ , a  $\mu_p = 2.5$ , za delimično ukopane objekte i objekte izložene pritisku. Ukupni seizmički

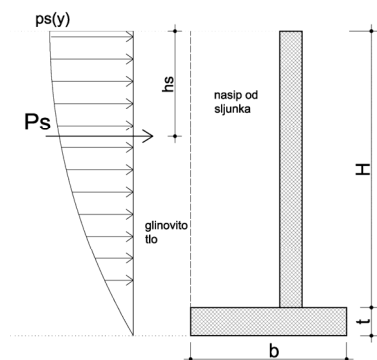
$$\text{koeficijent : } k_s = \frac{\ddot{x}_{\max}}{\mu_p} = \frac{0.2}{2.5} = 0.08$$

(3)

Prema navedenim podacima aktivni seizmički pritisak tla iznosi:

$$p_s = k_s \cdot \psi \cdot h \cdot R(y, \beta) \cdot \gamma_z = 5.94 \text{ kN} / \text{m}^2$$

(4)



Slika 5. Aktivni seizmički pritisak tla

## 4 DIMENZIONISANJE BETONSKOG PRESEKA

Dobijena vrednost pritiska tla na potpurnu konstrukciju za uticaj zemljotresa je mala i ne može biti merodavna za dimenzionisanje preseka betonskih elemenata. Iz jednačina (1) i (2) i trećeg uslova mogu se dobiti dve nepoznate veličine: debljina zida i širina temeljne ploče (po izboru projektanta) koje figurišu u njima. Taj postupak je ponovljen četiri puta s obzirom da je objekta podeljen u četiri lamele dužine oko 9.0m. Tako je dobijena optimalna konstrukcija koja će adekvatno odgovoriti na spoljašnje uticaje.

Količina armature u poprečnim preseccima elemenata je usvojena za slučaj opterećenja stalno+pokretno, kao merodavno, uvećano koeficijentima sigurnosti prema PBAB-u '87 5[3].

Ukoliko uporedimo koeficijente sigurnosti na klizanje i preturanje iz Pravilnika 5[1] sa onima iz Eurocode-a 5[6], videćemo da su prvi znatno strožiji. Stoga konstrukcija izgleda predimenzionisana.

## 5 ZAKLJUČAK

Potporni zidovi kao važan segment inženjerskih konstrukcija mora zadovoljiti nekoliko kriterijuma od kojih su najvažniji stabilnost, funkcionalnost, ali i ekonomičnost. Istovremeno ispunjenje svih uslova je moguće samo uz detaljnu analizu, obezbeđenje svih neophodnih podataka i adekvatnu optimizaciju.

## LITERATURA

- [1] Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata službeni list SFRJ br. 15/90.
- [2] Pravilnik o tehničkim normativima za projektovanje i proračun inženjerskih objekata u seizmičkim područjima, Službeni list SFRJ, br. 07/87
- [3] Pravilnik za beton i armirani beton PBAB 87, Službeni list SFRJ br. 11 od 23.02.1987. god.
- [4] Stevanović S. : *Temeljenje građevinskih objekata*, Časopis "Izgradnja", SGITS, 2009., Beograd, pp. 445
- [5] Prolović V. : *Fundiranje 1*, Građevinsko-arhitektonski Fakultet, 2003., Niš, pp. 219
- [6] *CEN prEN 1997-1, Eurocode 7, Geotechnical Design, Part 1, General rules*, 2001, pp.155