

**DVANAESTO MEĐUNARODNO NAUČNO – STRUČNO
SAVETOVANJE
OCENA STANJA, ODRŽAVANJE I SANACIJA GRAĐEVINSKIH
OBJEKATA**

Nikola Božović, Marija Krstić, Andrija Stojisavljević¹

OJAČANJE POSTOJEĆEG AB ZIDA RADI ZAŠTITE PUTA OD ODRONA

Rezime: U radu su prikazane sanacione mere zaštite od odrona na državnom putu IB-23, deonica puta broj 02332, Mijoska – Gostun. Odroni su česta pojava na strmim kosinama koje izgrađuju ispucale stenske mase nakon perioda velikih kiša ili usled otapanja snežnog pokrivača. U maju 2017. i februaru 2022. godine odigrala su se dva velika odrona što je onemogućilo dalje odvijanje saobraćaja na ugroženom putnom pravcu. Prvobitna sanaciona mera 2017 g. i najbrže rešenje u pogledu bezbednog odvijanja saobraćaja bilo je izvođenje armiranobetonskog zida. Trajnje rešenje za zaštitu puta od potencijalnih odrona bilo je izvođenje armiranobetonske galerije nakon odrona 2022. g. Rad se odnosi na povećanje kapaciteta nosivosti i stabilnosti postojećeg potpornog zida za prijem povećanih vertikalnih i horizontalnih uticaja za slučaj da se usvoji AB galerija kao trajnje rešenje zaštite od odrona.

Ključne reči: odron, sanacija, potporni zid, galerija

**STRENGTHENING THE EXISTING RETAINING WALL TO PROTECT THE
ROAD FROM LANDSLIDE**

Summary: The paper presents strengthening measures for protection against landslides on the state road IB-23, road section number 02332, Mijoska - Gostun. Landslides are a common occurrence on steep slopes that build up cracked rock masses after a period of heavy rains or due to melting snow cover. In May 2017 and February 2022, two major landslides took place, which prevented further traffic on the endangered road. Original strengthening measure 2017 and the fastest solution in terms of safe traffic was the construction of a reinforced concrete wall. The permanent solution for the protection of the road from potential landslides was the construction of a reinforced concrete gallery after the landslide in 2022. The paper is based on static analysis of the existing retaining wall and strengthening measures to increase its capacity in terms of stability and load-bearing capacity to receive increased vertical and horizontal impacts in case the gallery is adopted as a permanent solution for landslide protection.

Ključne reči: landslide, rehabilitation, retaining wall, gallery

¹ Institut za ispitivanje materijala IMS, Bulevar vojvode Mišića 43, Beograd,
nikola.bozovic@institutims.rs

1. UVOD

Na državnom putu IB-23, deonica puta broj 02332, Mijoska – Gostun, na km: 259+600 došlo je do velikih deformacija na desnoj kosini useka (smer ka Gostunu) u noći 09/10.05.2017.godine, u širini po putu oko 75m i dužini od vrha kosine do nožice, odnosno rigole oko 50m (Slika 1a).

Do nastanka odrona, odnosno prekida puta, došlo je kao posledica vrlo strmog nagiba uzbrdne kosine puta ($> 1:1$), koji je izgrađen od intenzivno ispucalih i tektonizovanih, slojevitih do bankovitih krečnjaka, koji se stalno osipaju i formiraju sipare u dnu kosine. Krečnjaci su presečeni većim rasedima i navučeni preko škriljaca što uslovljava intenzivnu ispucalost i izdeljenost stenske mase, sklone otkidanju i gravitacionom kretanju niz padinu. U vršnom delu kosine-padine krečnjačka masa je veoma ispucala, zdobljena do komada veličine od cm^3 - dm^3 , koji se naročito u kišnom i zimskom periodu otkidaju, obrušavaju niz padinu i završavaju na putu.



Slika 1a. Odron iz 2017. g.



Slika 1b. Potporni zid izveden nakon odrona 2017g.

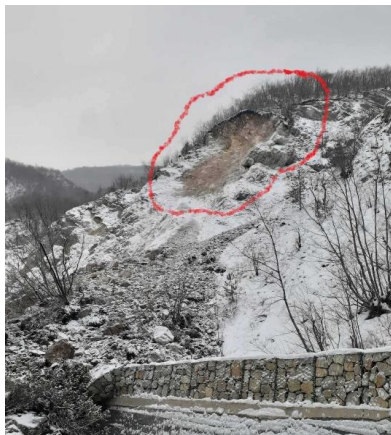
Institut IMS iz Beograda je uradio geotehnička istraživanja i Tehničku dokumentaciju rešenja sanacije odrona koji se desio 09.05.2017.godine. Sanacione mere koje su tom prilikom projektovane su izrada AB potpornog zida od km:259+687 do km:259+738 sa desne strane puta dužine 51,0m, u visini od 5m (Slika 1b).

Nakon pet godina, u noći 28/29.01.2022.godine, došlo je do velikog odronjavanja stenskog materijala od nekoliko hiljada kubnih metara, koji je prešao preko zaštitnog AB potpornog zida i zatrpao kolovoz puta u dužini od 50m. Tom prilikom došlo je do potpunog prekida saobraćaja. Odronu su predhobile intenzivne snežne padavine sa naglim otapanjem u drugoj polovini Januara 2022. godine (Slika 2a i 2b).

Kako projektovani potporni zid nije dovoljan da zaštiti saobraćajnicu na ovoj deonici puta izuzetno opterećenog teretnim saobraćajem i sa izraženo strmim liticama koje se stalno osipaju i formiraju sipare u dnu kosine, pokazala se potreba za potpunom zaštitom saobraćajnice. Jedna od mogućnosti da se izbegne dalje taloženje materijala na saobraćajnici, kao posledica odrona i formiranja sipara, je izvođenje armiranobatomske galerije dužine 64.3 m.

Rad razmatra mogućnost usvajanja rešenja armiranobatomske galerije tako da AB zid koji je projektovan 2017g. bude oslonac za krov galerije. Time se povećavaju horizontalni i vertikalni uticaji na postojeći zid što zahteva ojačanje zida, koje je rešeno dodavanjem kontrafora na poleđini. Cilj je da se uvođenjem kontrafora omogući da

postojeća armatura u zidu prihvati uvećane horizontalne uticaje od nanosa stenskog materijala.



Slika 2a. Odron iz 2022g.



Slika 2b. Situacija na terenu nakon raščišćavanja terena

2. POTPORNİ ZID KAO PRVOBITNO REŠENJE

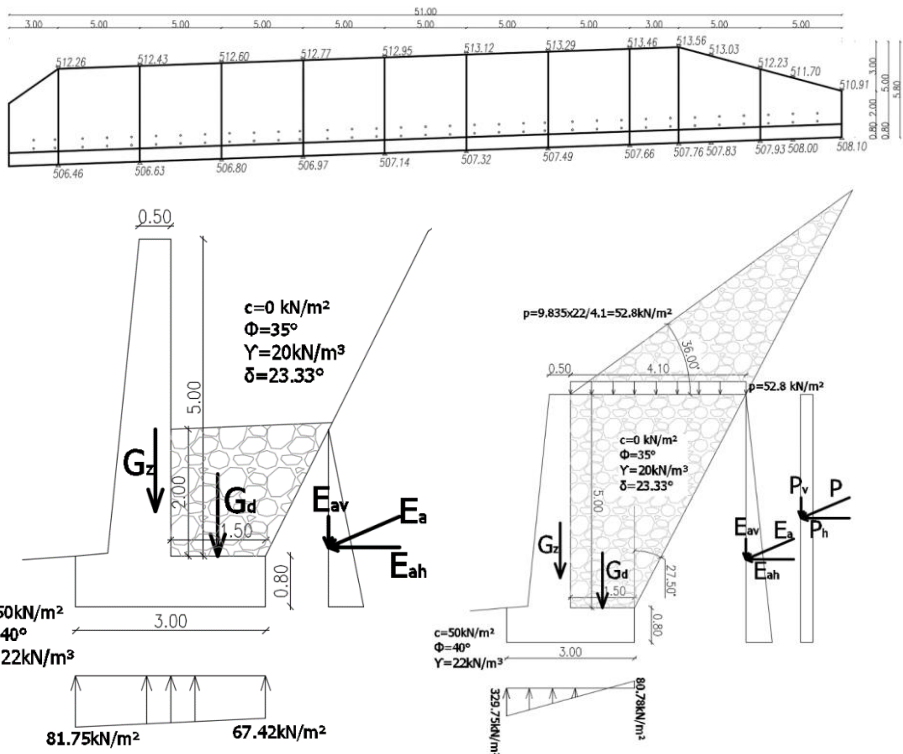
Za potrebe izvođenja sanacionih mera urađena su dodatna geotehnička istraživanja terena u vidu dva ručna istražna raskopa, dubine 0.6 – 0.7m. Dubina raskopa bila je uslovljena GN – 200 klasifikacijom tla.

Na osnovu izvršenih geomehaničkih istražnih radova utvrđene su geomehaničke karakteristike terena:

$$\begin{aligned}\gamma &= 20 - 25 (22.0) \text{ kN/m}^3 \\ \varphi &= 35 - 45 \text{ o } (40)^\circ \\ c &= 45 - 55 (50) \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

AB konstrukcija – potporni zid je ukupne dužine 51 m i sastavljena je iz 9 kampada dužine 5 m i dve kampade dužine 3m. Kampade su promenljive visine. Visina zida se kreće od 3,8 m do 5,8 m. Širina zida u kruni je 50 cm, dok je na spoju sa temeljnom stopom 100 cm. Širina temeljne stope je 3.00 m, njena visina je 80 cm (Slika 3).

Predviđeno je da se potporni zid u zaleđu zatrpa do dubine od 2m, tako da su proračunom obuhvaćena dva slučaja. Prvi slučaj se odnosi na delimično zapunjen zid, dok se drugi slučaj odnosi na incidentnu situaciju kada može da dođe do potpunog zatrpanja zida. Vrednost aktivnih sila pritiska sračunata je po Rankinu. Izvršene su kontrole stabilnosti na klizanje i preturanje, dok je kontrola napona u temeljnoj spojnici sprovedena po Brinch-Hansenu. Usvojeno je da se nagomilani materijal skuplja iza zida pod nagibom od 36°. Uticaj nagomilanog materijala zamenjen je jednakopodeljenim površinskim opterećenjem koje se dodaje na aktivna dejstva tla iza zida.



Slika 3. Podužni i poprečni profil potpornog zida iz 2017. g.

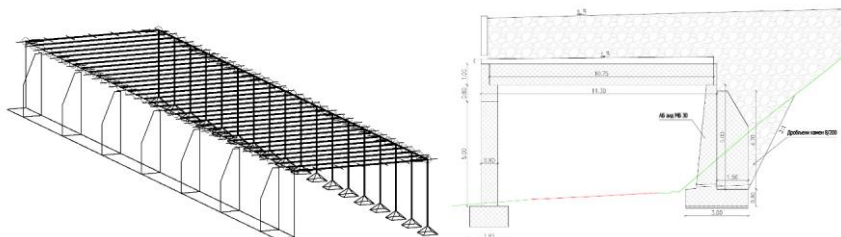
Nakon sprovedenog proračuna stabilnosti i nosivosti dobijen je faktor klizanja 2.891, faktor preturanja je iznosio 1.675 dok je napon u tlu 336kN/m^2 , što je manje od dopuštenog napona koji je iznosio 414kN/m^2 .

Dimenzionisanje konzolnog zida izvršeno je za maksimalni momenat u uklještenju pri kombinaciji opterećenja $1.6g+1.8p$ pri čemu je usvojena rebrasta armatura RØ19/20 za prihvatanje momenata savijanja, dok je za podeonu armaturu usvojeno RØ16/20. Temelji su armirani glavnom armaturom RØ16/20 i podeonom RØ16/25.

3. OJAČANJE ZIDA ZA POTREBE IZVOĐENJA AB GALERIJE

Nakon odrona koji se dogodio u februaru 2022. godine usledile su pripreme i naknadna terenska istraživanja za potrebe projektovanja armirano-betonske galerije. Galerija predstavlja jedino rešenje za trajnu sanaciju ugrožene deonice puta i rešenje koje bi povećalo bezbednost u odvijanju saobraćaja. Izazov pri izradi ovakvog projekta je to što svi radovi za potrebe izvođenja galerije se moraju izvesti u što bržem roku i bez obustave odvijanja saobraćaja na predmetnoj deonici.

Usvojeni statički sistem, u podužnom pravcu sa leve strane prema reci Lim, je smičući ram sa stubovima na osovinaom rastojanju od 3m. Stubovi su pravougaonog poprečnog preseka dimenzije $b/d=80/100\text{cm}$ sa riglom pravougaonog poprečnog preseka $b/d=100/100\text{cm}$. Sa desne strane usvaja se postojeći AB potporni zid kao noseći podužni sistem. U poprečnom pravcu statički sistem su konzolni vertikalni elementi uklješteni u temelj na koje se zglobno oslanja montažna rigla (Slika 4). Krov galerije formira se od montažnih T nosača koji predstavljaju dno korita koje se puni šljunkom u visini od 2m sa ulogom da priguši udarce odronjenog materijala.



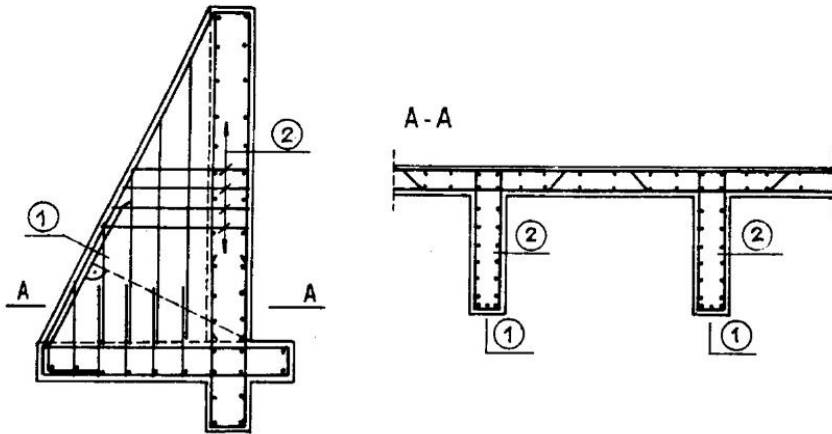
Slika 4. Model i poprečni profil galerije

Dodatna opterećenja koja se sa galerije prenose na zid doprinose stabilnosti potpornog zida. Vertikalno opterećenje koje se sa krova galerije prenosi na zid i reaktivna horizontalna sila od susednog rama dodatno stabilizuju zid u pogledu klizanja i preturanja.

Usled povećanja visine odronjenog materijala u zidu se povećavaju momenti u uklještenju i naponi u temeljnoj spojnici. Momenti savijanja su povećani 25% i usvojena glavna armatura $R\text{Ø}19/20$ nije dovoljna da pokrije najveći momenat. Zato se došlo do ideje da se promeni statički sistem zida uvođenjem kontrafora. Za potrebe dimenzionisanja zid je prvobitno posmatran kao konzola, dok se uvođenjem kontrafora zid armira kao krstasto armirana ploča u oba pravca.

Razmak i broj kontrafora je određen tako da se vrednost momenata savijanja spusti na vrednost za koju je postojeća armatura usvojena. Usvojeno je sedam kontrafora na razmaku od 7.5m. Na taj način i podeona armature u zidu je dovoljna da prihvati momente savijanja nastale na spoju zida i kontrafora.

Izvođenje kontrafora najpre zahteva da se očisti zalede zida od deponovanog materijala i da se obezbedi prostor kako bi radnici mogli nesmetano da sprovode radove. Potrebno je posebnu pažnju posvetiti ostvarivanju veze između zida i kontrafora. Zid nastoji da se pri dejstvu aktivnih sila pritiska odvoji od kontrafora zato se ubušuju ankeri u zid i temelj da bi se izbeglo formiranje pukotina na spoju zida i kontrafora. Ankeri koji se ubušuju u temelj ostvaruju vezu preklapanjem sa armaturom kose ivice kontrafora koja ima funkciju zatege (Slika 5).



Slika 5. Armatura kontrafora

4. ZAKLJUČAK

Najveća ograničenja pri rešavanju problema odrona najčešće potiču od terenskih uslova u pogledu prostornog kapaciteta, bezbednosti pri gradnji, brzini izvođenja konstrukcije. Potrebno je izabrati rešenje koje će obezbediti nesmetano odvijanje saobraćaja uz što kraći rok izgradnje. Kako bi se ubrzala gradnja zaštite od odrona predloženo je rešenje armiranobetonske galerije ali tako da se postojeći AB zid iskoristi kao noseći podužni sistem. Za AB zid to su novi proračunski uslovi za koje je izvršena kontrola stabilnosti i nosivosti i sprovedeno potrebno ojačanje.

5. REFERENCE

- [1] Einwirkungen infolge Steischlags auf Schutzgalerien, Schweizerische Eidgenossenschaft
- [2] Maksimović M. Milan, Mehanika tla, Beograd 2008,
- [3] Petar Mitrović, Sanacija klizišta i nedovoljna nosivost tla, Beograd 2013.
- [4] Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji, JP Putevi Srbije
- [5] Projektno-tehnička dokumentacija i foto dokumentacija iz Arhive Instituta IMS.