

ОДРОН НА ГРАНИЧНОМ ПРЕЛАЗУ ШПИЉАНИ

LANDSLIDE AT THE ŠPILJANE BORDER CROSSING

Бранко Јелисавац
Светозар Миленковић
Петар Митровић

Прегледни рад
10.5937/IASPN25076J

Апстракт: Нови гранични прелаз „Шпиљани“ смештен је између Србије и Црне Горе на улазу у Ибарску клисуру. Формиран је проширењем државног пута Нови Пазар–Рожаје (ИБ-22), за око 20 m, израдом насипа са анкерисаним габионом – висине 19 m, а са узбрдне стране израдом косине дужине 155 m и висине до 30 m. Пошто је изведена косина потенцијално нестабилна, а током извођења је дошло до појаве већих одрона, извршена су допунска геотехничка снимања пукотина и раседних зона. На основу анализа потенцијално лабилних блокова, дуж косине су примењене следеће санационе мере: потпорни зид, сидра, мреже, анкери, сајле, торкрет и ободни канал.

Кључне речи: проширење пута, габион, косина, одрон, санација

Abstract: The new border crossing “Špiljani” is located between Serbia and Montenegro, at the entrance to the Ibar Gorge. It was formed by widening the state road Novi Pazar – Rožaje (IB-22) by about 20 meters, through the construction of an embankment with an anchored gabion wall, 19 meters high, and on the uphill side, by forming a slope 155 meters long and up to 40 meters high. Since the constructed slope is potentially unstable, and during construction larger rockfalls occurred, additional geotechnical surveys of cracks and fault zones were carried out. Based on analyses of potentially unstable blocks, the following stabilization measures were implemented along the slope: retaining wall, anchors, meshes, cable ties, shotcrete, and a peripheral drainage channel.

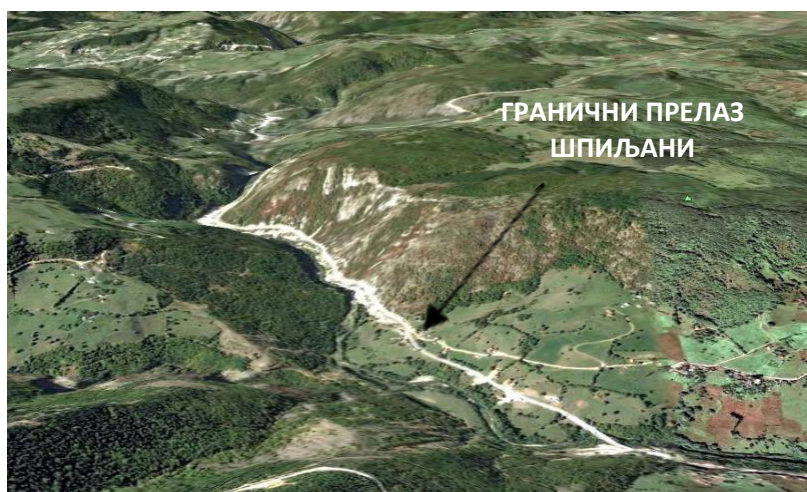
Key Words: road widening, gabion, slope, landslide, remediation

УВОД

У циљу изградње граничног прелаза „Шпиљани“, између Србије и Црне Горе, на државном путу Нови Пазар–Рожаје ИБ-22 (Слике 1 и 2), пројектом је предвиђено да се изврши проширење постојећег пута за око 20 m засецањем стеновите узбрдне косине у ширини 8–10 m и израдом насипа и габионског зида, с низбрдне стране, у ширини 10–12 m.



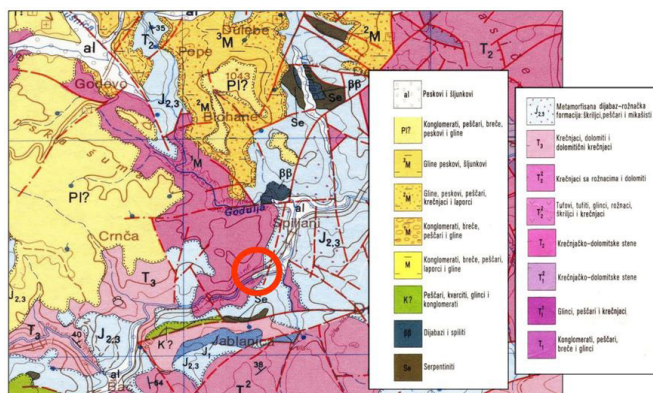
Слика 1 – Геоїрафски йоложаї исїражної йросїора



Слика 2 – Панорама улазної дела кањона реке Идар

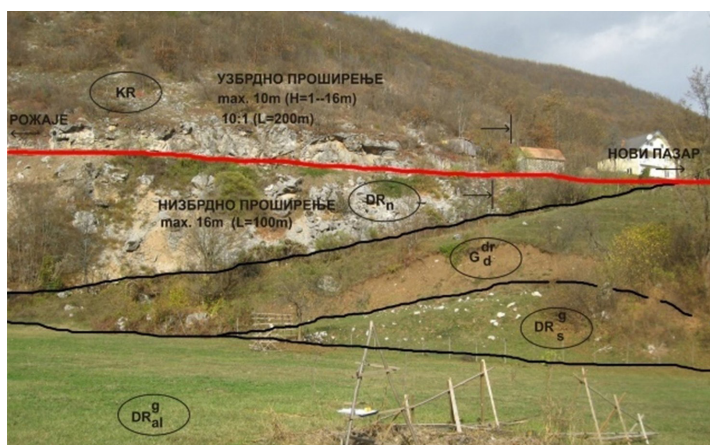
МОРФОЛОГИЈА И ГЕОЛОШКА ГРАЂА ТЕРЕНА

Подручје истраживања се налази у клисури реке Ибар, и то дуж леве долиנסке стране, где су нагиби стрмих долинских страна $45\text{--}70^\circ$. Клисура је настала усецањем реке кроз тектонизирани тријаске доломитичне кречњаке у чијој су подлози јурски метаморфити (Слика 3). Објекти будуће царине налазе се на ободу клисури и почетку широке долине Шпиљани. Простор има карактеристичан планински рељеф, коте терена су у распону $785\text{--}850\text{ m}$, где доминирају три геоморфолошке целине: стрме кречњачке литице, благо заталасано побрђе и алувијална зараван реке Ибар.



Слика 3: Исечак Основне геолошке карте – ОГК, лист Рожаје (1:100.000)

С низбрдне стране пута су заступљени: насип од дробине кречњака, делувијална глина с дробиним, а у нивоу инудације Ибра алувијална зараван (Слика 4).



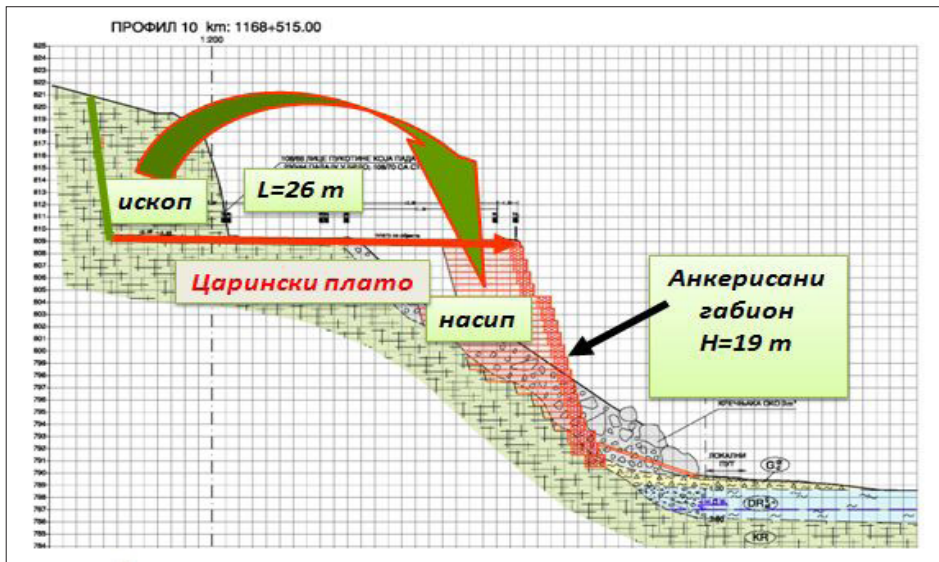
Слика 4: Геолошка конструкција терена

ПРВОБИТНО ПРОЈЕКТНО РЕШЕЊЕ И СТАЊЕ КОСИНЕ НАКОН ИСКОПА

Према првобитном пројекту „Института за путеве“ из Београда, проширење узбрдне косине изграђене од масивних, чврстих и испуцалих доломитичних кречњака требало је да се изведе у нагибу око 10:1, максималне висине 16 m и са жичаном мрежом као заштитом (Слике 5 и 6).



Слика 5: Изглед њуџа и косине пре почетка радова



Слика 6: Геоинженерски пресек терена с пројектним решењем проширења њуџа, ископом косине и изградом насипа са анкерисаним габионима

Радове на косини извео је „Мегалит – Шумник“ из Рашке. Ископ је рађен комбиновано машински и применом експлозива, а према пројекту минирања „Геотехинжењеринга“ из Београда. Током вршења ископа дошло је до појаве сувишних профила дуж витоперних пукотина и раседних зона, нагнутих ка путу, а које су јако оксидисале, локално заглињене и кавернозне. Накнадним уклањањем нестабилних блокова формирана је косина променљивог нагиба и максималне висине око 30 m. На овако изведеној косини није имало смисла вршити даљи ископ и тражити стабилне нагибе и квалитетнију стенску масу, јер би се наишло на нове пукотине, чиме би се повећала висина и додатно погоршала стабилност.

У току извођења радова дошло је до појаве великог клизања и одрона стенске масе низ стрму и глатку пукотину нагиба 40°. Одрон запремине око 450 m³ потпуно је уништио дробилицу камена, која је била паркирана на коловозу пута (Слика 7). Одрон се десио у току ноћи и нико није страдао.

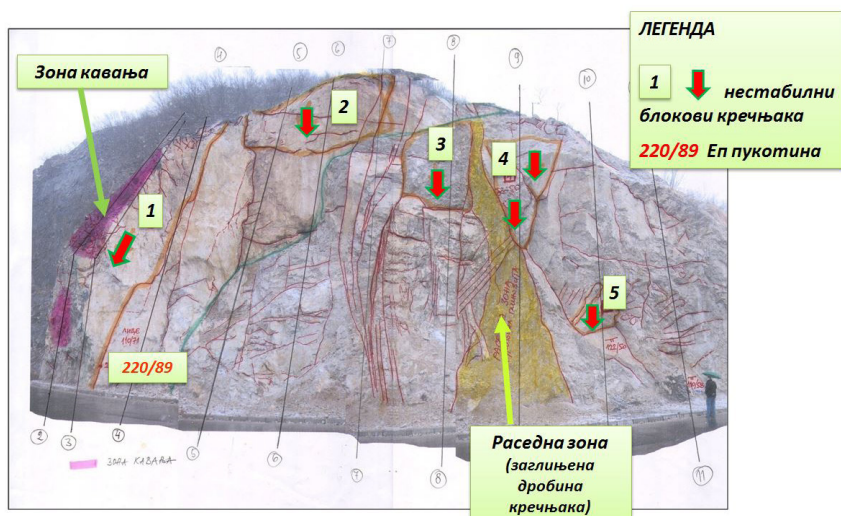


Слика 7: Одрон кречњака, који је уништио машину за дробљење камена

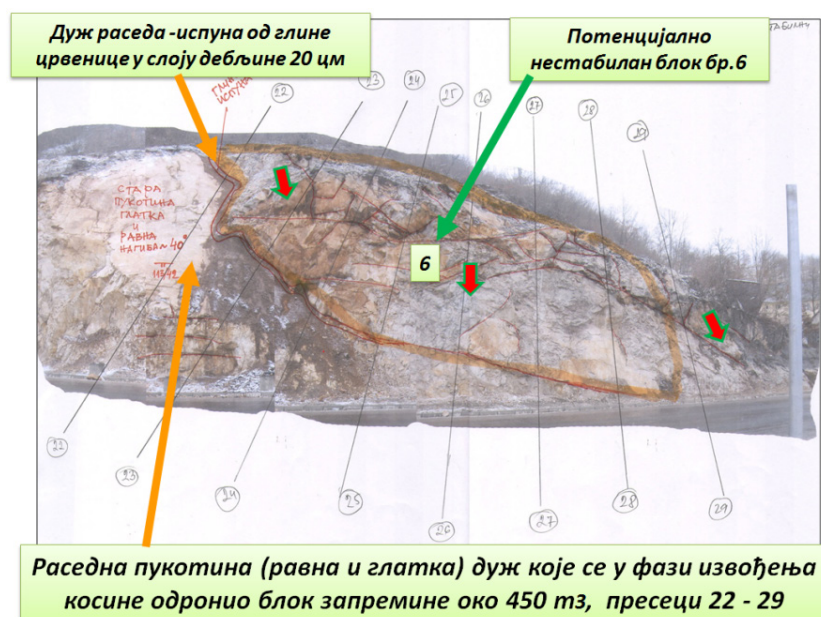
Стручна комисија пројектанта и инвеститора одлучила је да се изврше нова геодетска снимања терена, са израдом пресека на сваких 5–10 m и допунска геотехничка истраживања: детаљно картирање косине, рејонизацију по стабилности и геотехничке анализе стабилности.

ДОПУНСКА ГЕОТЕХНИЧКА СНИМАЊА ИЗВЕДЕНЕ КОСИНЕ И АНАЛИЗЕ

Косина је изведена на потезу дужине 155 m у масивним, неравномерно испуцалим и чврстим доломитичним кречњацима (KP). Ископ је вршен минирањем и машински у кречњацима који, по GN-200, припадају V–VI категорији ископа. Изведена је косина висине 5–30 m и нагиба 50–80° (Слике 8 и 9).

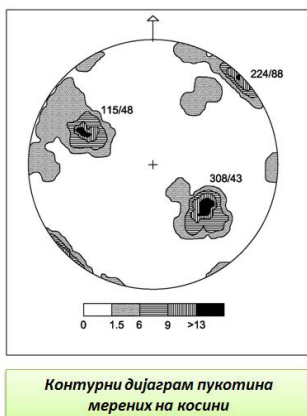


Слика 8: Фојто-мозаик изведене косине након минирања, са извршеним ѿеренским снимањем и рејонирањем сћабилности блокова



Слика 9: Део косине с које се одронио кречњак и несћабилни блок бр. 6

Детаљним картирањем на косини евидентирани су лабилни блокови, снимљене пукотине, раседне зоне и измерени елементи пада (азимут и нагиб). Статистичком обрадом измерених елемената уочене су три доминантне фамилије пукотина. У Табели 1. су дата својства регистрованих фамилија пукотина и физичко-механички параметри кречњака.

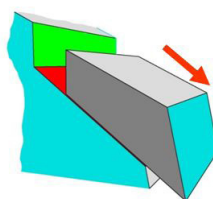


Својства пукотина	Фамилија 1	Фамилија 2	Фамилија 3
Статист. елементи пада	114/51	308/43	224/87
Просечно растојање	1 – 5 m	2 – 10 m	3 – 5 m
Дужина (m)	10 – 20 m	10 – 30 m	10 – 20 m
Пукотинска испуна	0 – 10 cm	0 – 2 cm	0 – 10 cm
Морфологија зидова	равне	равне и витоперне	равне
Храпавост зидова	равне и глатке	равне и глатке	равне до глатке
Алтерисаност зидова	измењени	измењени	измењени
Континуалност	континуалне	континуалне	континуалне

Параметри за геостатичку анализу	γ kN/m ³	E MPa	ν	σ_z MPa	c MPa	ϕ (°)	c_r MPa	ϕ_r (°)
Доломитичан и масиван кречњак	26	10.000	0,28	0,12	1,80	47	0,06*	35*
Пукотине	-	-	-	-	0,05	20		

Табела 1: Контурни дијаграм, својства фамилија пукотина и параметри коришћени за геостатичке прорачуне

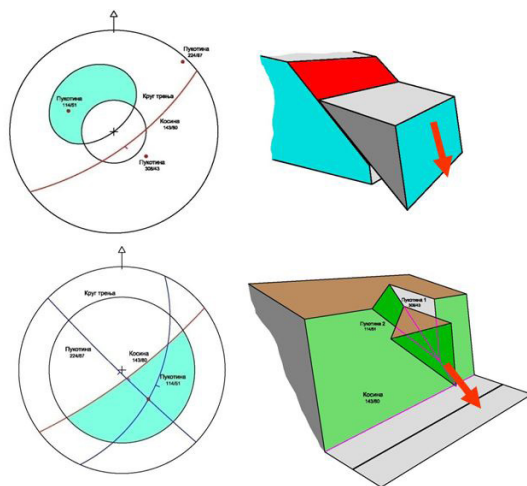
За утврђено стање испуцалости и стабилности косине анализиране су кинематске могућности смицања стенске масе дуж пукотинских система. Поред тога, извршена је и геостатичка анализа стабилности потенцијално нестабилног блока бр. 6, на профилу 27, а по раседној пукотини нагиба 40°, из фамилије пукотина 1, $E_p=114/41$, при чему је добијен фактор сигурности $F_s = 1,08$, а што потврђује да се он налази у граничним условима равнотеже и да је неопходно извести санационе мере (Слика 10).



Фактор сигурности	1,08
Смичућа сила	162 t/m
Отпорна сила	175 t/m
Тежина блока	270 t/m
Запремина блока	103 m ³ /m
Смичућа чврстоћа	172 t/m ²
Нормална сила	215 t/m

Слика 10: Анализа стабилности блока бр. 6 по раседној пукотини

За утврђено стање испуцалости извршене су анализе могућности смицања стенске масе дуж једног и два пукотинска система (Слика 11).



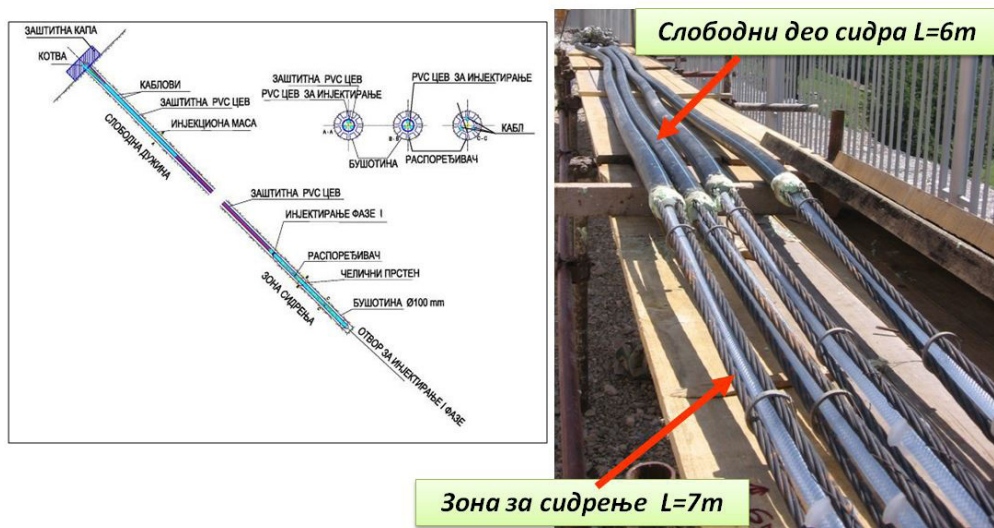
Слика 11: Анализа могућности смицања дуж једне пукотине и „клина“ – дуж две пукотине

САНАЦИОНЕ МЕРЕ НА КОСИНИ

На основу геодетских снимања и геотехничких истраживања, утврђено је да је стенска маса јако испуцала и да се, у односу на њен првобитни положај, није постигла трајна стабилност. Закључак је био да се косина, површине око 4.500 m², санира применом следећих мера, односно да се:

- уради потпорни зид који ће штитити стабилност ножице косине;
- потенцијално нестабилни блокови и зоне фиксирају сидрењем;
- одроњавање и осипање стене спречи постављањем мреже, фиксирани клиновима и сајлама;
- регистрована раседна зона заштити мрежом и прсканим бетоном и
- да се пре извођења санационих мера изврши чишћење и кавање косине: ручно, механички и хидраулички.

Примарна санациона мера, за стабилизацију косине, била је сидрење потенцијално нестабилне стенске масе. Из тих разлога су пројектована преднапрегнута челична сидра с три ужета, Ø 15,20 mm, класе А, чврстоће 1770kN kN/mm², носивости $Z=413 \text{ kN/каблу}$, $Z=3 \text{ кабла} \times 413 \text{ kN/каблу}=1239 \text{ kN/каблу} < \text{силе трења } T=1452 \text{ kN/каблу}$. Провером стабилности сидра на чупање добијен је дозвољени фактор сигурности $F_s=1,448$. Усвојена су сидра дужине 13 m, при чему је сидрена зона 6 m, а слободна зона 7 m (Слика 12).



Слика 12: Пројекатантски цртеж и припремљена сидра за уградњу

На косини је уграђено 117 сидара по 13 m, укупне дужине 1521 m. Сидра су преднапрезана до силе 310 kN, тј. 75% од силе 413 kN, добијене геостатичким прорачуном. На тај начин је остављено да се обави „самонапрезање“, а то је процес којим се повећава сила након завршетка уградње сидара. При постављању сидра пратио се пројектовани распоред, осим када се на лицу места утврдио погоднији положај.



Слика 13: Бушење, уградња и утешање сајли сидра након инјектирања

Друга санациона мера била је постављање мреже од поцинковане челичне жице, $\varnothing 3 \text{ mm}$ и затезне чврстоће 550 kN/mm^2 . Мрежа је фиксирана за косину помоћу анкера, израђених од челика РА 400/500-2, $\varnothing 19 \text{ mm}$. Употребљено је укупно 150 анкера, дужине по 100 см. Анкери су постављани на растојању 2–4 m. Мрежа је затим причвршћена помоћу поцинкованих челичних сајли, затезне чврстоће од 550 kN/mm^2 , $\varnothing 12 \text{ mm}$.

ЗАКЉУЧАК

Пројектна решења и извођење радова нису увек синхронизовани у пракси. Зато је важан пројектански и геотехнички надзор и прилагођавање условима терена. Такав је пример описан у овом раду (Слике 14 и 15). Пројектни тим је позван тек кад се десио одрон, који је уништио дробницу камена. Уз сагласност Инвеститора, извршена су допунска истраживања и изнађена адекватна санациона решења, која су обезбедила трајну стабилност косине. Осим тога, извођење насипа и анкерисаних габиона уз коришћење локалног дробљеног камена из ископа уједно је било и најјефтиније решење за проширења пута.

Рад је посвећен успомени на великог пројектанта др Петра Митровића, који је у Институту за путеве А. Д. Београд радио педесет година и оставио неизбрисив траг. Био је редовни члан Инжењерске академије, експерт Уједињених нација и аутор десет стручних књига из области грађевинске геотехнике.



Слика 14: За свих је пошребан тим: пројектанти, извођачи и надзор



Слика 15: Панорамски изглед завршенеј граничној прелази

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дубоко фундиране потпорне конструкције, др Петар Митровић, Друштво за путеве Србије и Институт за путеве А. Д. Београд (2002)
- [2] Документациони фонд Института за путеве А. Д. Београд

Рад број 6, категорија Прегледни рад

Бранко Јелисавец,
Институт за путеве ад,
Београд, Булевар Пека Дапчевића 45
branko.jelisavac@gmail.com,
ORCID: 0009-0006-4405-0589, стр. 76

Светозар Миленковић,
Геомониторинг тим,
Београд, Јурија Гагарина 111,
tozony@gmail.com, стр. 76