

ZAŠČITA REGIONALNE CESTE KALCE—COL PRED PADAJOČIM KAMENJEM

Protection of the Kalce – Col regional road from falling rocks

Aleš Horvat*, Marko Koren**, Polona Savnik*** UDK 625.711.1(497.4)

Povzetek Abstract

Promet na regionalni cesti Kalce—Col pri Colu je bil že takoj po izgradnji ogrožen zaradi padajočega kamenja in skal. Temno sivi ploščati apnenci, ki gradijo pobočje, so zaradi bližine preloma močno razpokani, razpadanje kamnine pa še pospešujejo velika dnevna temperaturna nihanja. Pozimi 2005/2006 je prišlo na pobočju do dveh večjih porušitev skalnih gmot, zaradi česar je upravljavec ceste popolnoma zaprl cesto. Za zagotovitev varnosti prometa se je investitor odločil za kombinacijo varovalnih lovilnih podajnih ograj in globoko sidranih mrež visoke natezne trdnosti. Osnovni način delovanja lovilnih podajnih ograj je v dinamičnem prenosu energije padajočega kamenja in skal, zaradi česar so mnogo učinkovitejše od primerljivih togih objektov. Globoko sidrane mreže zaradi pritiska na površino kamnine preprečujejo njeno kršenje.

Traffic on the Kalce - Col regional road near Col has been endangered by rockfalls since the road was built. The dark grey limestone on the slope is very fractured because of the nearby geological joint. Disintegration is also promoted by big daily temperature oscillations. Two major rockfalls occurred in the winter of 2005/2006, what was the reason for a total roadblock. In order to provide traffic safety, a combination of flexible rockfall barriers and deeply anchored nets of high tensile strength was used. The principle of the flexible barrier is the dynamic transmission of the energy of falling rocks. Deeply anchored nets of high tensile strength, however, prevent the rocks from crumbling.

Porušitve skalnih gmot na cesti Kalce—Col pri Colu v zimi 2005/2006

Po pričevanju domačinov so se s strmega pobočja nad regionalno cesto Kalce—Col pri Colu s pobočja pogosto prožili posamični kamni in skale različnih velikosti. Nekateri kosi so se zaustavili na položnejših delih pobočja ali med drevesnimi debli, nekateri pa so dosegli cesto. Dne 12. 01. 2006 ob 6.45 se je okoli 40 m nad cesto sprožilo okoli 50 m³ kamenja in skal. Večji del materiala se je zaustavil na cesti v kilometru 19,370, nekaj večjih skalnih blokov pa je doseglo stanovanjske hiše pod cesto in povzročilo manjšo gmotno škodo. Vzdrževalec ceste je porušitveni material odstranil in zaradi možnosti ponovnih porušitev izvedel popolno cestno zaporo na odseku dolžine okoli 300 m.

Do ponovne sprožitve je prišlo prav tako v kilometru 19,370 dne 04. 02. 2006. S pobočja nekaj metrov nad cesto se je sprožilo okoli 10 m³ kamenja manjših velikosti, pomešanega s prstjo. Sproženi material se je v celoti odložil na cesti.

Geološko-morfološki opis pobočja nad ogroženo cesto

Splošni opis pobočja

Močno razčlenjeno pobočje nad regionalno cesto R3-621/1412 Kalce—Col od km 19,330 do km 19,570 se nahaja na nadmorski višini med 600 in 650 m. Strme skalne stene prekinjajo manjše izravnave, ki jih porašča kserofilna vegetacija, predvsem črni gaber (*Ostrya Carpinifolia*). Splošni naklon pobočja z južno do jugozahodno lego znaša od 60° do 75°. Zaradi razmeroma visoke nadmorske višine in prisojne lege je pobočje izpostavljeno velikim dnevnim temperaturnim nihanjem, ki povzročajo intenzivno razpadanje kamnine. Nihanja so najbolj izrazita spomladi in jeseni, pozimi pa ob jasnem vremenu izmenično prihaja do zmrzovanja in taljenja vode v razpokah, zaradi česar je razpadanje kamnine še močnejše.

* Doc. dr., Podjetje za urejanje hudournikov, Hajdrihova 28, Ljubljana, ales.horvat@puh.si

** Podjetje za urejanje hudournikov, Hajdrihova 28, Ljubljana, marko.koren@puh.si

*** Podjetje za urejanje hudournikov, Hajdrihova 28, Ljubljana, polona.savnik@puh.si



Slika 1. Ostanke skal na regionalni cesti pri Colu po poružitvi dne 04. 02. 2006 (foto: T. Jeršič)
 Figure 1. Rocks on the regional road near Col after a rockfall on 4 February 2006 (photo: T. Jeršič)



Slika 2. Razpokana kamnina na pobočju nad regionalno cesto (foto: M. Koren)
 Figure 2. Decaying rock aggregate on the slope above the regional road (photo: M. Koren)

Inženirsko-geološke razmere

Pobočje nad in pod cesto gradijo sivi in temno sivi ploščasti apnenci z vložki zrnatega bituminoznega dolomita. Kamnina je na celotnem odseku zaradi bližine tektonskega preloma in zaradi ostrih podnebnih razmer močno razpokana in preperela. Na policah, ki prekinjajo sklano brežino, so odloženi apnenčasti gruščci, pomešani s prstjo. Na položnejših delih brežine se nahaja veliko labilnih skalnih blokov različnih velikosti, ki so posledica intenzivnega preperevanja in preteklih sprožitvev.

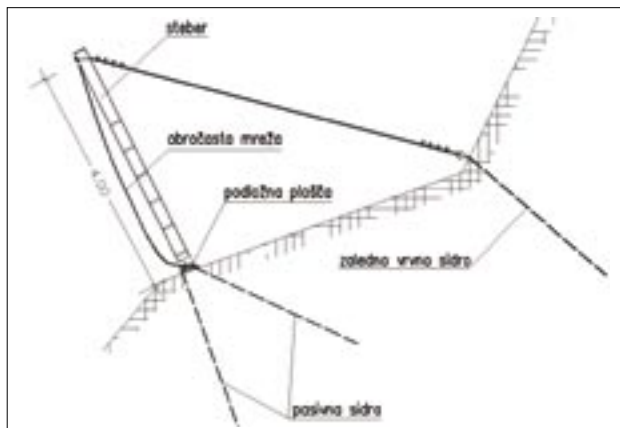
Zagotavljanje varnosti prometa pred padajočim kamenjem in skalami

Splošno

Pri zagotavljanju varnosti prometnic pred padajočim kamenjem in skalami se uporabljajo različni tehnični ukrepi, odločitev za določen ukrep pa je odvisna predvsem od obsega ogroženosti. Varstvo pred poružitveno erozijo se deli na aktivno in pasivno varstvo. V okviru aktivnega varstva se izvajajo ukrepi za preprečevanje proženja (primarno varovanje) in ukrepi za ublažitev posledice

poružitev [sekundarno varovanje]. Ukrepi pasivnega varstva so:

- opuščanje rabe na ogroženih površinah s primernim prostorskim načrtovanjem,
- izdelava prostorskih in gradbenih strokovno-pravnih podlag,
- zapora prometnic,
- evakuacija in
- preselitev z ogroženih območij.

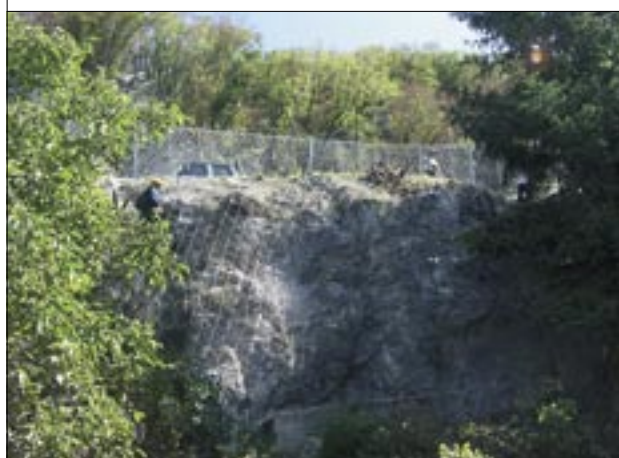


Slika 3. Skica varovalne lovilne podajne ograje s sestavnimi deli
 Figure 3. Sketch of a flexible rockfall barrier with component parts



Slika 4. Zavorni obroči na nosilnih jeklenih vrveh, ki so pritrjene na stranska vrvna sidra (foto: P. Savnik)

Figure 4. Brake rings on the support ropes, which are fixed to a lateral spiral rope anchor (photo: P. Savnik)



Slika 5 (a-b). Zavarovanje z globoko sidranimi spiralno-žičnimi mrežami visoke natezne trdnosti (foto: A. Rus)

Figure 5 (a-b). Protection with deeply anchored spiral-wire nets of high stretch strength (photo: A. Rus)

Ukrepi pasivnega varstva se uporabljajo ob večjih porušitvah, ko s tehničnimi ukrepi ni mogoče dolgoročno doseči zadostne varnosti ali so s tem povezani zelo veliki stroški. Poleg tega se v okviru pasivnega varstva s primernim prostorskim načrtovanjem preprečujejo nove gradnje objektov in prometnic na ogroženih območjih.

Ukrepi aktivnega varstva pridejo v poštev pri manjših porušitvah, ko je mogoče z razmeroma majhnimi stroški dolgoročno doseči zadostno varnost objektov in uporabnikov objektov. Ta oblika ukrepov je bila uporabljena tudi pri zaščiti regionalne ceste Kalce–Col. Izbira najprimernejšega tehničnega ukrepa je odvisna od inženirsko-geoloških razmer v območju proženja, sestave podlage na predvideni poti skalnih gmot, konfiguracije pobočja, predvidene oblike in velikosti skal, vegetacije in omejitev pri izvedbi posameznega ukrepa. Posebno pozornost je treba nameniti okoljski primernosti izbranih rešitev.

Zavarovanje ceste Kalce–Col pri Colu

Na podlagi inženirsko-geološkega poročila se je investitor (DRSC) odločil za zaščito ceste z varovalnimi lovilnimi

podajnimi ograjami v kombinaciji z mrežami visoke natezne trdnosti. Lovilne podajne ograje se je postavilo na spodnjem delu pobočja za zadrževanje skalnih gmot z višjih predelov. Z mrežami visoke natezne trdnosti pa se je utrdilo krušljive skalne stene pod lovilnimi podajnimi ograjami in na mestih, kjer bi padajoče kamenje in skale lahko preskočile ograje.

Varovalne lovilne podajne ograje

Nad regionalno cesto Kalce–Col pri Colu so lovilne podajne ograje izvedene v 8-ih linijah, v skupni dolžini 229,00 m. Lokacije posameznih ograj so bile določene na podlagi računalniške simulacije poti gibanja skalnih gmot in na podlagi terenskega ogleda. Ograje so postavljene na mestih, kjer je računalniška simulacija pokazala, da se skale najmanj odbijajo od pobočja. Natančen potek linij in mikrolokacije opornikov so bile določene pri detajlni zakoličbi. Zaradi nepredvidljive poti padajočega kamenja in skal se linije ograj med seboj delno prekrivajo.

Ograje višine 4,00 m so dimenzionirane tako, da lahko absorbirajo do 250 kJ energije. Mreža je sestavljena iz



Slika 6. Vrtanje lukenj za sidra s prenosno vrtno garnituro, s pomočjo avtodvigala (foto: A. Rus)
 Figure 6. Drilling anchor holes using a portable drilling set with the help of a car jack (photo: A. Rus)

obročev 7-krat navite jeklene žice premera 3 mm. Preko te mreže je položena diagonalno pletena žična mreža za zaustavljanje drobnih kosov kamnine. Dolžina pasivnih sider in dolžina vrtnih sider znaša 3,00 m. Zavorni obroči so vstavljeni le na nosilne jeklene vrvi, ki so pritrjene na stranska vrvna sidra. Za enakomernejšo porazdelitev sil v okolici opornika so nameščene spiralne žične vzmeti.

Osnovni način delovanja varovalnih lovilnih podajnih ograj je v dinamičnem prenosu energije padajočega kamenja in skal. Energijo najprej delno prevzame obročasta mreža, nato se energija zmanjša na zavornih obročih, preostala energija pa se prenese preko sider na okoliška tla. Zaradi dinamičnega prenosa energije so ti objekti mnogo učinkovitejši od togih lovilnih objektov. Odvisno od vrste lovilne



Slika 7 in 8. Izvedba lovilnih podajnih ograj pogosto zahteva uporabo alpinistične opreme (foto: P. Savnik). V bližini prometnic so v veliko pomoč dvižne ploščadi in avtodvigala (foto: A. Rus)
 Figures 7 and 8. Exacting construction work on the flexible rockfall barrier requires the use of climbing equipment (photo: P. Savnik). Near traffic routes, various kinds of platform and car jacks can be very helpful (photo: A. Rus).



Slika 9. Pobočje nad regionalno cesto po izvedbi lovilnih podajnih ograj (foto: A. Rus)

Figure 9. Slope above regional road with lines of flexible rockfall barriers (photo: A. Rus)

podajne ograje lahko ta absorbira od 75 do 5.000 kJ dinamične obremenitve.

Mreže visoke natezne trdnosti

Na mestih, kjer zaradi konfiguracije terena lovilne podajne ograje ne bi mogle zadržati kamenja in skal z višjih predelov, se je krušljive skalne stene utrdilo z mrežami visoke natezne trdnosti. Na enak način se je utrdilo tudi skalne stene pod ograjami in pod cesto. Za utrditev bolj homogenih skalnih delov, kjer je pričakovati zruške manjših velikosti, se je uporabilo sistem globoko sidranih, diagonalno pletenih žičnih mrež visoke natezne trdnosti. Močno razgibane, preperete dele pobočja in posamezne labilne skalne bloke pa se je utrdilo s sistemom globoko sidranih spiralno-žičnih mrež visoke natezne trdnosti. V obeh primerih gre za aktivno učvrstitev, pri kateri pritisk mreže na skalno podlago prepreči krušenje.

Sklepne misli

Z opisanimi ukrepi se je varnost prometa na omenjenem odseku bistveno povečala. Doseženo stopnjo varnosti pa je mogoče ohraniti le z rednim vzdrževanjem na podlagi rednih letnih kontrol. Neizvajanje vzdrževanja ima za posledico zmanjšanje učinkovitosti in skrajšanje življenjske

dobe objektov, kar posledično pomeni zmanjšanje varnosti prometa in dolgoročno povečanje stroškov zagotavljanja varnosti prometa.

Nakopičeno kamenje, skale in drevnina za lovilnimi ograjami lahko povzročijo preveliko statično obremenitev in zmanjšanje absorpcijske sposobnosti lovilne ograje, ob morebitni porušitvi objekta pa predstavljajo tudi nevarnost hkratne sprožitve večjih količin kamenja na prometnico, zato je treba zadržani material vsakih nekaj let odstraniti. Pri večjih porušitvah je poleg tega treba zamenjati tudi vse poškodovane sestavne dele. Žal se je v praksi izkazalo, da se predvsem pri težko odstopnih objektih kontrole in vzdrževalna dela ne izvajajo.

Viri in literatura

1. Arhiv Podjetja za urejanje hudournikov, Ljubljana.
2. Geoinženiring, d. o. o., 2006. Inženirsko-geološko poročilo o stabilnostnih razmerah na regionalni cesti R3 621 Kalce-Col, odsek 1412, v Km 19,5, v kraju Orešje. št. proj. 30-3045/06-Oreš-2, Ljubljana 15 s.
3. Horvat A. in sod., 2001. Ogroženost AC Slovenije s porušitveno erozijo. Študijska naloga, št. proj. IV - 09-132/00, DARS, Ljubljana, 81 s.
4. Geobrugg, 2006. ROCCO, Rockfall Protection System. Product Manual, Romanshorn, 40 s.