

VZROKI PORUŠITVE MOSTU NA NADIŽI

Collapsed Bridge across the Nadiža River

Stanislav Trček* UDK 624.21

Povzetek

Popolno zrušenje železo-betonskega mostu v domači deželi je tako redek dogodek kot popoln sončev mrk. V zadnjih enajstih mesecih smo imeli priložnost doživeti oboje.

Stoletno deževje od 4.–7. oktobra 1998 je povzročilo nadpovprečno visoko vodo na rekah zahodne Slovenije, Nadiži in Soči. Za most na Nadiži je bilo to usodno.

Čeprav je škodo povzročila narasla voda, pa ostaja vendarle osnovni vzrok človeški dejavnik. Globina temeljev in zadostna zaščita sta odgovornost investitorja in projektanta, ne izvajalca, ki gradi po investitorjevih zahtevah.

Abstract

The complete collapse of a reinforced concrete bridge in our homeland is as rare an occurrence as a total solar eclipse. In the past eleven months we have had the opportunity to experience both!

In the period from 4–7th October, 1998, the heaviest rainfall in the past century caused above-average water levels of rivers in western Slovenia – the Nadiža and the Soča. This proved fatal for the bridge across the Nadiža.

Although the damage was actually caused by swelling waters, the underlying reason for the incident was undoubtedly the human factor. The depth of foundations and adequate protection are the responsibility of investors and engineers, and not contractors, who erect structures according to investors' requirements.

Hidrološki vidik

Po specialki 1 : 50 000 je na dolžini 2 km, kjer je most, merjeno po poteku struge, povprečni padec vode 10 ‰. To je razdalja med izohipsama 300 in 280. Pri tem padcu in za sedemkrat narasli vodostaj (glede na vodostaj pri povprečni srednji vodi) je drla reka z okoli 9 do 13 km/h ali z 2,5 do 3,5 m/s, lahko pa tudi več.

Po podatkih Hidrometeorološkega zavoda RS je kazal odčitek na vodomerni letvi pod vasjo Potoki pri Kobaridu 7. oktobra 1998, ko je bil vodostaj najvišji, 393 cm nad nominalno ničlo. Ta je na koti 247,982 m nad morjem. Po enajstletnem povprečju 1985 do 1995 je bil povprečni srednji vodostaj 57 cm nad ničlo. Ta vodomerni stoji okoli 4 km nižje od mostu, merjeno po poteku struge. Nominalna ničla na vodostajnih letvah praviloma ni na dnu struge, saj voda dno struge lahko spreminja. Je na neki dogovorjeni geodetski nadmorski višini, ki tamkajšnjim hidrološkim razmeram najbolj ustreza. Pod vodomerno ničlo je tako lahko do dna še več ali manj vode. V nekaterih primerih pa je ničla tudi na dnu – na primer na skali.

Na podlagi hitrosti smemo v tem primeru računati velikost kinetične energije kot 7- do 15-krat večjo od energije povprečne srednje vode. Pri tem je treba upoštevati, da z naraščanjem vodostaja narašča tudi hidrostatični tlak na dno.

Večala se je tudi količina pretoka. Pri povprečni srednji vodi je pri vodomerni postaji Potoki, količina pretoka 4,10 m³/s. 7. oktobra 1998 pa je bila kar 262 m³/s. To je za 64-krat večja. Taka sila začne valiti nezadostno težke, lomljene kamne s kamenega zameta. Tolikšna moč toka je bila sposobna skopati in odnesti temeljni prod 3 m globlje od spodnjega roba temeljev.

Po Reinhardu je za odnašanje večjih kamnov dovolj hitrost toka, večja od 1,80 m/s ali 6,5 km/h. Za odnašanje srednje velikega proda zadostuje že večja od 1 m/s ali 3,6 km/h. Ob tolikšni sili se kameni zamet razleže v širino. Namen zameta onemogočiti spodjedanje temelja in dati temeljnemu zidu bočno oporo je z razpadom zameta v precejšnji meri izgubljen.

Na naših razmeroma ozkih rekah pa je zamet ob temeljih mostov neekonomičen, ker oži pretočni profil, vodo s tre-



Slika 1. Pogled na zrušeni most in odneseni del ceste z višine okoli 10 m nad niveleto ceste oz. prvotno niveleto mostu. Slika kaže most pod ostrim kotom z njegove gorvodne strani. V sredi slike se jasno vidi desno korito od dveh sekundarnih matic deroče vode. V ozadju je manjkajoči del cestnega telesa. Prelom vozišča je nad desnim srednjim podpornikom. (foto: S. Trček)

Figure 1. View of the collapsed bridge and torn part of the road from a height of about 10 m above the road level or the original level of the bridge. The photo shows a sharp-angle view of the bridge from the upstream side. Clearly visible in the centre of the photo is the right of two secondary water channels, and the missing part of the road in the background. The fracture of the road surface began above the right middle support. (photo: S. Trček)

njem ovira in dviga njeno raven ter ji večja hitrost. Hidrotehnično na naših rekah ni primeren. Boljši so talni pragi, nizki ali visoki jezovi ali pa s 300- do 1000-kilogramskimi skalami položene umetne brzice, dolge 20 do 30 m. Izbira teh možnosti je odvisna od vzdolžnega profila dna struge in hidroloških razmer. Za Nadižo bi bil najprimernejši talni prag v višini zgornjega roba temeljev mostu, sestavljen iz 200- do 500-kilogramskih skal.

Skoraj enak primer je bil pred nekaj leti z mostom čez Soro pri občinski stavbi Medvode. Tudi tam je izjemno narasla

* upokojenec, Vrhovci c. XII/6, Ljubljana

voda odnesla del talnega praga dolvodno od mostu in tako pridobila možnost poglobljanja struge. Začela je dolbsti prod ob obeh srednjih podpornikih. To so opazili uslužbenci občinskega gradbenega oddelka in dali popraviti prag na njegovo višino, brž ko je voda upadla. Voda je potem sama zasula izdolbine ob temeljih.



Slika 2. Desni obrežni opornik z dolvodne strani: v ospredju slike se vidijo ostanki kamenega zameta. Tudi največji kamni med drugimi manjšimi so premajhni in v vodi prelahki, da bi mogli kljubovati tolikšni moči deroče vode, kot jo je Nadiža imela 6. oktobra 1998. Tedaj še ni dosegla najvišjega vodostaja. To se je zgodilo naslednjega dne, 7. oktobra 1998. (foto: J. Eržen)

Figure 2. The right bank support from the downstream side. In the foreground are the visible remains of the protective rock barrier. Even the largest rocks are too small and too light in water to resist the power of rushing waters demonstrated by the Nadiža on 6 October, 1998. The river reached its highest level the next day, on 7th October, 1998. (photo: J. Eržen)

Konstruktivski vidik

Gradbene knjige izvajalca del nimam na voljo. Kolikšna je bila globina temeljenja med gradnjo, lahko le domnevamo. Gre za dejansko globino glede na takratno koto dna (pred približno 20 leti). Po slikah sodeč in vtisu, ki sem ga dobil pri ogledu, se zdi, da globina ni presegla 2 m. Za hudourniški vodotok, kar Nadiža je, z debelim večmetrskim slojem prod-



Slika 3. Desni obrežni opornik z dolvodne in hrbtne strani: vidi se deset drsnih ležišč za deset prefabriciranih, suho montiranih železobetonskih ravnih gred. (foto: J. Eržen)
Figure 3. The right bank support from the downstream and back side. Clearly visible are 10 prefabricated, reinforced concrete beams. (photo: J. Eržen)



Slika 4. Desni srednji podpornik z dolvodne strani, vgrizen za približno 200 m: pod desno razponsko, nosilno konstrukcijo se jasno vidi struga sekundarne matice, ki so si jo lahko naredile že prejšnje visoke vode, zadnja pa jo je še poglobila. (foto: J. Eržen)

Figure 4. Right middle support from the downstream side, which sank 200 cm. Below the right bridging structure is a secondary channel, probably formed by high waters in the past, and now deepened by the most recent high waters. (photo: J. Eržen)



Slika 5. Desni srednji podpornik z dolvodne strani: na podpornem nosilcu se vidijo drsna ležišča za prefabricirane nosilne grede. (foto: J. Eržen)

Figure 5. Right middle support from the downstream side, with seats for prefabricated beams. (photo: J. Eržen)

ne naplavine, je tako majhna globina temelja pogumna odločitev oz. tvegano zniževanje investicijskih stroškov. Ta plitvi temelj ni bil zaščiten proti eroziji z ničemer, kar bi moglo klubovati vodni ujmi. To preseneča še prav posebno, ker je nosilna konstrukcija rešena gospodarsko premišljeno. Z uporabo desetih prefabriciranih železobetonskih gred čez vsako od treh nosilnih razpinskih polj ni bilo treba graditi nosilnega odra in opaža plošče.

Teh deset gred je tesno vzporedno stisnjenih. Neposredno nanje je nanesen asfalt vozišča. Pri taki konstrukciji tudi ni poslovnega tveganja ob visokih vodh (razen za temelje) in gradnja se časovno občutno skrajša.

Ta nosilna konstrukcija je bila izdelana solidno, saj na njej kljub velikim premikom ni opaziti razpok. Niti asfalt ni počil ali se odluščil. To velja še prav posebno za levo, nosilno polje, ki je zdrsnilo z levega obrežnega opornika in tresnilo približno 3 m nižje na temelj opornika. Pri tem ga je pritisk deroče vode potisnil slab meter dolvodno.

Kameni zamet, ki naj bi ščitil temelje pred erozijo, je bil premajhnih dimenzij, s premajhno prostornino in iz prelahkih kamnov. Ti niso presegli 50 kg suhe teže. V vodi pa so bili še za približno 37 odstotkov lažji. Namesto 50 kg so tehtali le še okoli 31 kg. Vodni tok je te »zamete« zlahka odkotalil po dnu struge. Zaščite temelja ni bilo več.

Vse nadaljnje delovanje deroče vode je bilo usmerjeno v globino. Odnášanje proda je bilo hitro in temeljito. Vodni tok je imel moč, da je spodjedel temelj vse do 3 m globlje od spodnjega roba temelja.

Povzetek vzrokov za zrušenje mostu

- preplitvo temeljenje na premladi prodni naplavini
- zagatne stene, če so jih sploh uporabili, so po betoniranju temeljev spet izvlekli. Morali bi jih pustiti, med zagatno steno in temeljnim zidom pa po celotni višini temeljnega zidu nametati oz. približno zložiti skalni zamet, širok meter do meter in pol.
- »Kameni zamet« iz lomljenca je bil le nametan na prod. Temelj torej ni bil zametan do svojega spodnjega roba glede na plitvo temeljenje. Lomljeni kamni so za ta namen premajhni, saj tehtajo največ 50 kg. Največ se uporablja apnenec, ki ima specifično težo na kopnem 2700 kg/m^3 . Vodni vzgon torej znaša okoli 37 odstotkov teže apnenca. Za toliko je vsak kamen v vodi lažji.
- Dolvodno od mostu ni bilo nobenega nizkega jezua ali talnega praga. Deroča voda si je lahko poglobila strugo.
- Od desnega raščenega brega, to je roba struge v širšem pomenu, do desnega obrežnega opornika ob robu vodotoka je bilo s prodom z bližnjega prodišča nasuto cestno telo, ki ni bilo na obeh vznožjih zavarovano s talnim pragom vzdolž nasipa. Obe pobočji nasipa nista bili tlakovani s težkimi lomljenimi skalami, vloženi v beton, zato ga je voda odnesla. Investicijska napaka je bila, da je nalozba zajela samo most, ne pa tudi zaščitnega talnega praga 20 do 50 m nižje od mostu in zaščite cestnega telesa. S tem bi bil most dobro zavarovan.



Slika 7. Levi obrežni opornik z vgreznjenim levim srednjim podpornikom: na vrhu opornega zidu se vidi deset ležišč za deset prefabriciranih nosilnih gred; levo nosilno polje je zdrsnilo z ležišč in padlo 2,5 do 3 m globoko na temelj opornika (foto: J. Eržen)

Figure 7. Left bank support, with visibly sunken left middle support. On the top of the supporting wall are 10 seats for 10 prefabricated beams. The left part of the bridging structure has slid from the seats and fallen 2.50 to 3.00 m deep onto the support foundation. (photo: J. Eržen)



Slika 6. Pogled z gorvodne strani na desni srednji podpornik: vidi se desni konec prefabriciranih nosilnih gred z nekakšno sidrno armaturo (foto: J. Eržen)

Figure 6. Right middle support from the upstream side. Visible are the right ends of the prefabricated beams with some sort of anchoring system. (photo: J. Eržen)

Mostova na Soči pri Volarjah in Kamnem

Vodomer na Soči je pri Kobaridu. Ta vodomer daje uporabne podatke za mostova pri Kamnem in Volarjah. Po podatkih Hidrometeorološkega zavoda RS je 7. oktobra 1998, ko je bil vodostaj najvišji, kazal 416 cm nad nominalno ničlo, ki je na nadmorski koti 195,859 m. 11-letna povprečna srednja voda za obdobje 1985 do 1995 znaša 50,2 cm nad ničlo. Najnižja voda pa je bila le 7 cm nad nominalno ničlo. Vodomer na postaja je približno 7 km in 11 km višje (gorvodno) od obeh mostov, merjeno po poteku struge.

Pri mostu pri Volarjah je bil kameni zamet narejen na nenačuden način. Sloj premajhnih in prelahkih kamnov je bil in je še položen v beton. To je pri spodjedanju proda pod zameutom, ki je bil povrhu še premalo globok, onemogočilo zameutu, da bi se posedel v globino. Naloga teh zametov pa je ravno, da preprečijo odnašanje proda ob bokih in pred če-



Slika 8. Levi obrežni opornik z dolvodne strani: desno od mostne konstrukcije se vidi z lomljencem tlakovan levi breg; čeprav je voda drla tudi po tem tlaku, kamnov ni mogla iztrgati iz ležišč (foto: J. Eržen)

Figure 8. Left bank support from the downstream side. To the right of the bridge structure is the stone-paved left bank. The rushing waters were unable to tear the stones from their beds. (photo: J. Eržen)



Slika 9. Majhni lomljeni kamni, ki so jih uporabili za kameni zamet; take je voda odkotalila po strugi navzdol; »kameni zameti« so izginili; zaščite temeljev ni bilo več (foto: S. Trček)
Figure 9. The stones used for the protective barrier were too small in size, and were consequently carried downstream by rushing waters. The "stone barrier" has disappeared and the foundations exposed to the power of water (photo: S. Trček)

lom mostnih podpornikov. Zaradi tega morajo biti 200 do 500 kg težke skale prosto položene. Če ni namena ali denarja za nov most, je sanacija poseđenega temelja vendar tehnično preprosta.

Pri Kamnem je most zaprt za promet že več kot leto dni. Bajse se je en podpornik posedel za okoli 30 cm ob potresu aprila 1998. Tedaj so most tudi zaprli. Če je bil vzrok za ver-



Slika 10. Most pri Kamnem: v ospredju slike je poseđeni podpornik; približno 30-centimetrski posed se na legi obeh razponskih konstrukcij komaj opazi; polomljene ali že povsem odnesene poševne železobetonske grede so t. i. rogovile, ki so bile namenjene za zaščito podpornih mostnih sten pred poškodbami, ki jo je povzročila hlovovina v časih, ko so jo še plavili; danes to opravijo tovornjaki; ni pa razumljivo, zakaj so rogovile tudi na dolvodni strani mostu. (foto: S. Trček)

Figure 10. The bridge near Kamno. A sunken support is visible in the foreground. The effects of the 30-cm sinkage on both spanning structures are barely noticeable. The slanted reinforced concrete beams, which have been destroyed or swept away, are the so-called "forks" that were once used to protect bridge supports from damage caused by floating logs. Today, floating has been replaced by truck transport. It is not clear why these forks were also constructed on the downstream side of the bridge (on both sides). (photo: S. Trček)



Slika 11. Spodjeden betoniran »kameni zamet« na dolvodni strani poseđenega podpornika (foto: S. Trček)
Figure 11. The base of a concreted "stone barrier" on the downstream side of a sunken support has been washed away. (photo: S. Trček)



Slika 12. Spodjeden betoniran »kameni zamet« na gorvodni strani poseđenega podpornika (foto: S. Trček)
Figure 12. The base of a concreted "stone barrier" on the upstream side of a sunken support has been washed away. (photo: S. Trček)

tikalni posed potresni sunek in se temelj pozneje ni več pogrezal, je vzrok morda likvifikacija kake leče drobnega peska iz prejšnjih časov pod temeljem, ki je bila gotovo nasičena z vodo. Most, ki ima uporabno širino 2,5 m, je tako ali tako le enosmeren. Zaradi tega ga za lahek promet ne bi bilo treba zapreti. Najboljša rešitev pa je seveda nov dvosmerni most.

Vzdrževanje hidrotehničnega dela obeh mostov je bilo že dolgo časa zanemarjeno. Tudi tu ni dolvodno od mostu nobenega praga. Posebnost so tiste poševne opore z rahitičnim temeljem, ki očitno nimajo funkcije.

Sklep

Po vsem vidnem in ugotovljenem se vsiljuje vprašanje: ali se v zadnjih 20 letih res ni moglo najti denarja za talni prag pri mostu na Nadiži in za redno vzdrževanje skalnih – ne kamenih zametov pri obeh mostovih na Soči. Predvidena novogradnja mostu pri Kamnem je za kraj idealna rešitev. Za Volarje ne bo nobene spremembe, četudi bodo poseđeni temelj sanirali. Za nadiški most pa bo zanimivo opazovati, kako ga bodo temeljili, zaščitili in kaj bodo naredili z zrušenim mostom.