

DOI: <https://doi.org/10.5592/CO/ZT.2017.28>

Laboratorijska ispitivanja zidanih lučnih mostova, uključujući ispitivanje ponašanja veza

Mladen Kustura

Sveučilište u Mostaru, Građevinski fakultet
kontakt: mladen.kustura@gfmo.ba

Sažetak

Zidani lučni mostovi kao možda najljepši arhitektonski uradci čovjeka, ali i kao osnovni oblik povezivanja i spajanja ljudi i kultura razdvojenih riječnim preprekama, zaslužuju posebno mjesto i posebnu brigu kako bi i dalje služili svojoj namjeni. Sam način gradnje zidanih lučnih mostova zaslužuje posebnu pozornost i detaljno proučavanje, jer su iskustvo i znanje doveli do reprezentativnih objekata koji služe svojoj namjeni i plijene pozornost kroz stoljeća. Istraživanje ovakvih konstrukcija omogućit će realne spoznaje o načinu ponašanja i njihovu trajanju. Rad u sklopu doktorske disertacije ima za cilj utvrditi utjecaj različitih konstitutivnih materijala na kvalitetu ponašanja elemenata veza kamenoga ziđa kod lučnih mostova u seizmičkim uvjetima. Namjera je dobiti realnu sliku o učinkovitosti elemenata veze kamenoga ziđa u uvjetima intenzivne vibracije, kao i način loma s distribucijom oštećenja luka mosta. Laboratorijska ispitivanja trebala bi dati rezultate u obliku pomaka, ubrzanja, deformacije i svih drugih veličina od interesa za procjenu seizmičke stabilnosti lučnih mostova zidanih kamenim ziđem.

Ključne riječi: zidani lučni mostovi, statičko opterećenje, dinamičko opterećenje, veze kamenog ziđa

Laboratory tests of masonry arch bridges including tests of the connection behavior

Abstract

Masonry arch bridges as perhaps the most beautiful architectural works of man but also as the basic aspect of connecting and joining people and cultures separated by river barriers deserve special place and special care to continue serving their purpose. The very way of building masonry arch bridges deserves special attention and detailed study because experience and knowledge have led to representative buildings that serve their purpose and have been attracting attention throughout the centuries. Research regarding such constructions will provide realistic insight into the way of behavior and their duration. The aim of the doctoral dissertation is to determine the influence of different materials on the quality of the behavior of the elements of the stone wall that builds arch bridges in the seismic conditions. It is intended to obtain a realistic picture of the efficiency of the elements of the stone masonry in intense vibration conditions, as well as the way of breaking the distribution of bridge damage. Laboratory tests should give results in the form of shifts, accelerations, deformations and all other dimensions of interest to assess the seismic stability of arch bridges walled with stone.

Keywords: masonry arch bridges, static load, dynamic load, masonry arch bridges connection

1 Opis provedenih istraživanja

Provedena istraživanja mogu se podijeliti na dva dijela: eksperimentalna istraživanja u laboratoriju te istraživanja izradom numeričkih modela. Laboratorijska ispitivanja provedena su na Institutu za zemljotresno inženjerstvo i inženjersku seizmologiju - IZIS, Univerziteta Sv. Ciril i Metodij u Skopju u Republici Makedoniji.

Eksperimentalna se istraživanja također dijele u dvije faze. U prvoj je fazi riječ o izradi šest segmenata luka u mjerilu 1:3 i njihovu ispitivanju pod prešom u laboratoriju. U drugoj je fazi izgrađen model Staroga mosta u omjeru 1:9 te je testiran na seizmičkoj platformi pri različitim razinama opterećenja.

2 Prva faza istraživanja

Karakteristični elementi veza upotrijebljeni pri sklapanju svoda Staroga mosta u Mostaru jedan su od uspješnih načina povećanja stabilnosti i nosivosti ove i sličnih građevina.

Osnovne su veze upotrijebljene pri sklapanju kamenih elemenata svoda mosta skobe (klanfe) i trnovi napravljeni od kovanoga željeza uz dodatnu uporabu lijevanog olova. Tehnika sklapanja uporabom navedenih spojnih sredstava dopustila je, uz uporabu morta, prilično učinkovit sustav povezivanja koji je primijenjen pri izgradnji Staroga mosta u Mostaru. Prilikom rekonstrukcije pronađeni su elementi za sklapanje prikazani na slici 1.



Slika 1. Trnovi i skobe pronađene prilikom rekonstrukcije Starog mosta

U prvoj je fazi laboratorijskih ispitivanja riječ o izradi šest segmenata luka u mjerilu 1:3 i njihovom ispitivanju pod prešom u laboratoriju.

Izrađeni segmenti luka vjerna su replika segmenata luka Staroga mosta. Materijal kamenih blokova i vezivno sredstvo tj. mort svojstava su približno istih kao materijali upotrijebljeni za gradnju Staroga mosta.



Slika 2. Modeli pripremljeni za ispitivanje

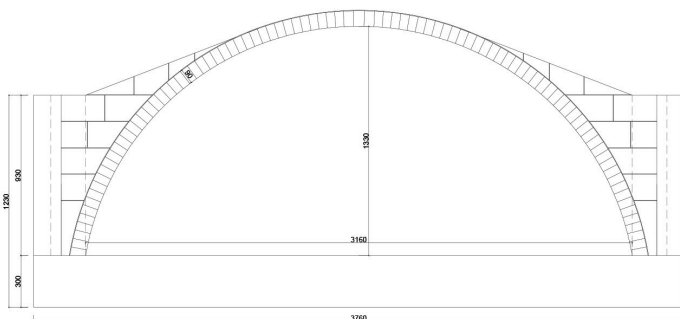
Skobe i trnovi rađeni su od kovanoga željeza, a za zalijevanje tih elemenata pri spajanju segmenata luka upotrijebljeno je lijevano olovo, sve po načelu gradnje luka Staroga mosta.

3 Druga faza istraživanja

U drugoj fazi izgrađen je model Staroga mosta u mjerilu 1:9, te je testiran na seizmičkoj platformi za različite razine opterećenja.

Izabrano mjerilo uvjetovana je dimenzijama platforme za seizmičko ispitivanje koja je veličine 4 x 4 m. U skladu se tim ukupna duljina ispitivanoga modela zajedno s temeljnom konstrukcijom iznosi 3,76 m. Geometrija prema kojoj je izgrađen model mosta prikazana je na slici 3.

Raspon modela mosta iznosi 3,16 m, a visina je luka od temelja do donje točke svoda 1,33 m.



Slika 3. Geometrija modela mosta

Materijali koji su upotrijebljeni za zidanje isti su kao i materijali upotrijebljeni za prvo eksperimentalno istraživanje, a načelo gradnje uključuje i vezivne elemente, skobe, trnove te lijevano olovo, kako bi model bio što vjerniji izvornoj konstrukciji.



Slika 4. Model mosta pripremljen za ispitivanje

Cilj je ispitivanja modela na platformi istraživanje seizmičkoga ponašanja sve do sloma modela, s praćenjem svih veličina odgovora konstrukcije – pomaka, ubrzanja, deformacija, koje su od značaja za procjenu seizmičke stabilnosti.

Ispitivanje je obavljeno u nekoliko faza:

- definiranje dinamičkih karakteristika modela
- ispitivanje u linearnom području s nizom seizmičkih testova
- ispitivanja do sloma, s povremenom provjerom dinamičkih karakteristika i opadanja krutosti modela.

Na osnovi rezultata eksperimentalnoga seizmičkog ponašanja modela mosta te nelinearnoga matematičkog modeliranja dobit će se realna slika ponašanja zidanih lučnih konstrukcija u seizmičkim uvjetima.

4 Zaključak

Za potrebe izrade doktorske disertacije provedena su prikazana laboratorijska ispitivanja. Rezultati provedenih ispitivanja još su uvijek u fazi obrade, te će biti prikazani u doktorskoj disertaciji.

Literatura

- [1] Glavni projekt rekonstrukcije Starog mosta u Mostaru, Mostar, 2000.
- [2] Kustura, M.: Magistarski rad: Ispitivanje seizmičke stabilnosti Starog mosta u Mostaru, Skopje, 2009.