

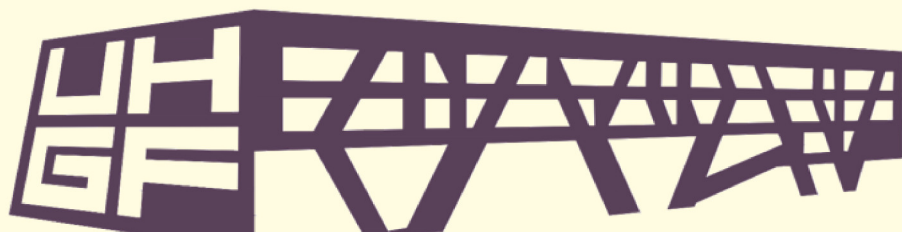
ZBORNİK RADOVA ZAJEDNIČKI TEMELJI 2016

OSIJEK, 27. - 29. 9. 2016.

ČETVRTI SKUP MLADIH ISTRAŽIVAČA
IZ PODRUČJA GRAĐEVINARSTVA I
SRODNIH TEHNIČKIH ZNANOSTI

UDRUGA HRVATSKIH
GRAĐEVINSKIH
FAKULETA

SVEUČILIŠTE J.J.
STROSSMAYERA U OSIJEKU
GRAĐEVINSKI
FAKULTET OSIJEK





Organizatori skupa:

Udruga hrvatskih građevinskih fakulteta
Građevinski fakultet Osijek

Organizacijski odbor:

Ivana Brkanić – ibrkanic@gfos.hr
Krunoslav Ćosić – kcosic@gfos.hr
Tihomir Dokšanović – tdoksanovic@gfos.hr
Dr. sc. Mario Galić – mgalic@gfos.hr
Dr. sc. Goran Gazić – ggazic@gfos.hr
Mario Jeleč – mjelec@gfos.hr
Marta Jerković – mjerkovic@gfos.hr
Jelena Kaluđer – jkaluder@gfos.hr
Lucija Lončar – loncar.lucija@gmail.com
Željko Šreng – zsreng@gfos.hr
Mihaela Teni – mteni@gfos.hr
Martina Zagvozda – mzagvozda@gfos.hr

Urednici zbornika:

Tihomir Dokšanović
Dr. sc. Mario Galić

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod brojem 140522036.

ISBN: 978-953-6962-49-5



Predgovor

Mladi znanstvenici su prepoznati kao jedna kreativna i energična skupina istraživača koja u globalnom kontekstu može na temeljni način donijeti promijene. Unatoč tome, ne postoji slaganje, a niti istraživanja o strategijama koje bi najbolje poduprle istraživače na početku svoje karijere. Možda su upravo zato, uz ispreplitanja trendova u koje je znanost uvučena u pokušaju da ju se pretvori u industriju, jasno uočeni problemi s kojima se suočavamo, od kojih su najvažniji nesigurnost u zaposlenje te stoga i socijalna situacija. Uz takve, nazovimo ih ne znanstvene probleme, biti na početku znanstvene karijere često znači lutanje bespućima članaka, knjiga, izvješća i repozitorija u potrazi za prostorima za napredak i nova postignuća, što je mukotrpno putovanje puno slijepih ulica. Kako bi se uhvatili u koštac s izazovima koji su pred nama uvelike nam mogu pomoći zajedništvo, razmjena ideja i suradnja. Mladi znanstvenici su vjerojatno najosjetljivija skupina unutar sustava obrazovanja i znanosti, stoga moramo pronaći zajedničke temelje za gradnju naše sigurnije budućnosti. S obzirom na to da imamo slične ciljeve na našem znanstvenom putovanju trebamo svaki oblik komunikacije iskoristiti za dobrobit jedni drugima, jer treba biti svjestan „da je čovjek vrijedan onoliko koliko su vrijedne i njegove težnje“.

Godišnji skup mladih istraživača iz područja građevinarstva i srodnih tehničkih znanosti, simbolički nazvan Zajednički temelji, ima za ciljeve upravo povezivanje mladih znanstvenika te izmjenu iskustava, ideja i sugestija. Ove godine čast organizacije četvrtog po redu skupa pripala je Građevinskom fakultetu Osijek i zaista nam je zadovoljstvo što ćemo ugostiti mlade istraživače i njihove mentore sa šest tehničkih fakulteta: Građevinski fakultet Zagreb, Građevinski fakultet Rijeka, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, Građevinski fakultet Mostar, Fakultet za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo v Mariboru, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology (IZIIS) Ss. Cyril and Methodius University, Skopje. Nadamo se da će izlaganja mladih istraživača sa svih fakulteta, uključujući i ona s domaćinskog, Građevinskog fakulteta Osijek, kroz uspostavljeni dijalog doprinijeti razvoju ideja, ali prvenstveno uspostaviti osnovu za daljnje suradnje između znanstvenika s različitih fakulteta, a tako i institucija s kojih dolaze.

Osijek, rujan 2016.

Tihomir Dokšanović
Dr.sc. Mario Galić



SADRŽAJ

Povećanje potresne otpornosti okvirnih konstrukcija ugradnjom hibridnih panela drvo-staklo	1
<i>Jure Barbalić</i>	
Počeci razvoja moderne arhitekture	3
<i>Ivana Brkanić</i>	
Valovima inducirano strujanje kroz cijevni propust u lukobranu.....	5
<i>Damjan Bujak</i>	
Utjecaj tipa sljubnica između blokova na nosivost kamenog stupa izloženog statičkom opterećenju	7
<i>Ante Buzov</i>	
UAV use in construction industry.....	10
<i>Rok Cajzek, Uroš Klanšek</i>	
Pepeo iz biomase kao zamjena za cement u betonu	14
<i>Krunoslav Ćosić</i>	
Novi pristup oblikovanju turbo kružnih raskrižja.....	17
<i>Tamara Džambas</i>	
3D model ponašanja prednapetih konstrukcija sa uključenim dugotrajnim efektima	20
<i>Ante Džolan</i>	
Zamor betona armiranog recikliranim čeličnim vlaknima.....	23
<i>Marina Frančić Smrkić</i>	
Primjena eksperimentalne modalne analize u ispitivanju konstrukcija	25
<i>Tomislav Franković</i>	
Ispitivanje tramvajskih kolosiječnih konstrukcija s aspekta buke i vibracija	27
<i>Ivo Haladin</i>	
Analiza nepouzdanosti u procjeni rizika od poplava u realnom vremenu	29
<i>Toni Kekez</i>	
Statička i dinamička ispitivanja na čeličnim željezničkim mostovima	31
<i>Janko Koščak</i>	
Uspješno prenamijenjena <i>brownfield</i> područja u Europi	33
<i>Lucija Lončar</i>	
Dynamic Testing Model Built Using Additive Manufacturing Technology (3d Printing)	35
<i>Filip Manojlovski</i>	
Pregled stanja istraživanja u području zaštite na radu u fazi projektiranja	37
<i>Matej Mihić</i>	
Diskretni model za slom u stijeni	40
<i>Mijo Nikolić</i>	



Improved Assessment and Design Approaches for Steel Moment Frames under Realistic Earthquake Loading	42
<i>Borjan Petreski</i>	
Utjecaj recikliranih polimernih vlakana iz otpadnih guma na volumenske deformacije cementnih kompozita	44
<i>Martina Pezer</i>	
Primjena fraktalnih interpolacijskih funkcija u prikazu površine asfaltnog kolnika	46
<i>Ivana Pranjić</i>	
Building Information Modeling in Education	48
<i>Zoran Pučko</i>	
Detekcija anomalija na hiperspektralnim snimkama	52
<i>Ivan Racetin</i>	
Arhitektonski i urbanistički čimbenici kvalitete višestambene izgradnje na primjeru Zagreba u razdoblju od 1991. do 2016. godine	54
<i>Ivana Senjak</i>	
Umjetne neuronske mreže: Izazov hidrotehnike?	56
<i>Ivana Sušanj</i>	
Sustavi za zbrinjavanje sanitarnih otpadnih voda na mjestu nastanka	58
<i>Željko Šreng</i>	
Quasi-static tests on traditional masonry wall elements retrofitted with innovative technique	61
<i>Aleksandar Zlateski</i>	



Povećanje potresne otpornosti okvirnih konstrukcija ugradnjom hibridnih panela drvo-staklo

Jure Barbalić (jbarbalic@grad.hr)

Sveučilište u Zagrebu; Građevinski fakultet; Zavod za konstrukcije

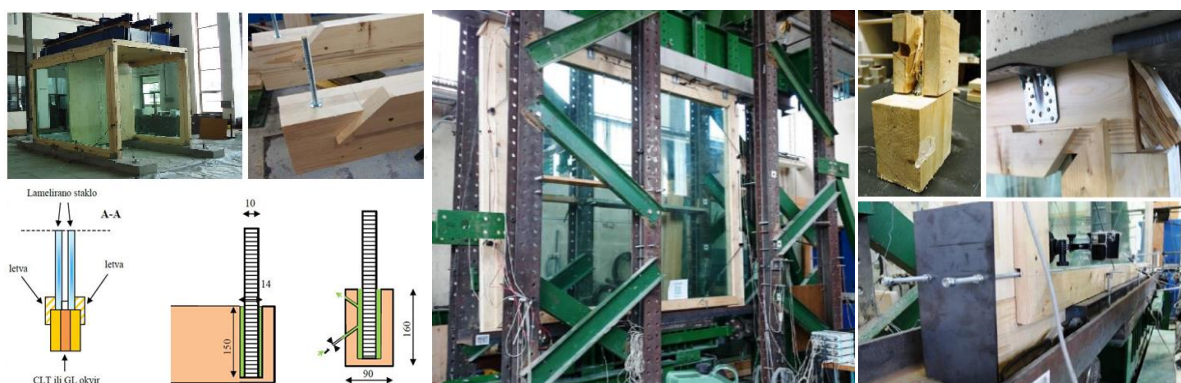
1 Uvod

Iako je drvo kao konstruktivni materija prepoznat od samih početaka ljudskog postojanja, ono i danas nosi epitet poželjnog materijala kao energetski i ekološki prihvatljivog, male vlastite težine i relativno velike čvrstoće te posebice prikladnog u pogledu seizmike. S druge strane, staklo je u ulozi građevnog materijala relativno novo, čemu je razlog psihološka percepcija stakla kao lako lomljivog, a zatim i nedostatak projektantskih normi. No, razvojem industrije dolazi do mogućnosti primjene stakla kao nosivog materijala, bilo kao samostalnog ili u kombinaciji s drugim materijalima. Istraživanja koja se provode na Sveučilišta u Zagrebu u suradnji sa Sveučilištem u Ljubljani dovela su do ideje o razvoju unikatnog visokoduktlnog hibridnog panela (Rajčić, Žarnić) sastavljenog od drvenog okvira s ispunom od nosivog lameliranog stakla, koji, osim nosivosti i krutosti, nudi i visoki stupanj disipacije potresne energije [1-3]. Krajnji cilj istraživanja uvođenje je istraživačko-razvojnih rezultata u praksu, dajući time ekonomski opravdano i tehnički lako izvodljivo rješenje za problem vanjskih nosivih transparentnih zidova, čime se umanjuje torzioni učinak kod djelovanja potresa te ojačanja i sanacija postojećih konstrukcija nedovoljne potresne otpornosti.

2 Hibridni panel drvo-staklo autora Rajčić-Žarnić

Na osnovi zaključka studije o potrebi razvoja novog Eurokoda, međunarodna istraživačka skupina (Rajčić, Žarnić) započela je s radom na razvitku novog konstrukcijskog elementa sastavljenog od drvenog okvira i staklene ispune. Skupina autora je u zajedničkim istraživanjima primijenila nešto drugačiji sustav od ostalih istraživača na području kompozitnih sustava drvo-nosivo staklo [3], pri čemu je glavna ideja bila da se stakleni paneli ne zalijepe na drveni okvir već umetnu unutar samog okvira. U okviru spomenute suradnje izrađene su dvije disertacije u kojima je teoretski i eksperimentalno istražena ideja. Jedan dio zaključaka objavljen je u radovima [1-4]. Razvijen je sustav u kojem se staklo direktno oslanja na drveni okvir, odnosno prijenos opterećenja događa se preko kontakta dvaju materijala i sile trenja između istih (Slika 1). Staklo namjerno nije spojeno na drveni element niti mehaničkim spajalima, zbog svog krtoq ponašanja i nekompatibilnosti s materijalima poput čelika, ali niti s ljepilima koja bi sprječavala razvoj sila trenja i na posljetku rezultirala krtime lomom stakla. Stoga je velika pozornost data razvoju detalja spajanja drvenih elemenata.

Istraživanjem [1-3] su ispitane karakteristike osnovnih materijala, nakon čega se pristupilo ispitivanju uzoraka praznih okvira te kompozitnih panela drvo-staklo za koje su varirani rubni uvjeti i načini spajanja elemenata drvenog okvira. Dimenzije uzorka odgovarale su realnim okvirima koji se ugrađuju u konstrukcije, pri čemu su dimenzije iznosile 3.22x2.72 metra. Spojevi s jednim vijkom u kutu okvira, s dva vijka u kutu okvira te s jednim vijkom i čeličnom nazubljenom pločom pokazali su se kao nedovoljno duktilni, stoga je bilo potrebno razviti duktilniji spoj zbog mogućnosti velike plastifikacije i prijenosa većih sila te je naposljetku prihvaćen spoj s ulijepljenim šipkama. Osim statičkih, izvršena su i kvazistatička ispitivanja s monotonim i cikličkim nanošenjem opterećenja uz vertikalno opterećenje od 80kN. Ispitani su i uzorci sanirani nakon otkazivanja. Također, izrađen je i model u prirodnoj veličini koji je ispitan na potresnom stolu te uspoređen s modelima koji su ispitani kvazi-statičkim opterećenjima [4].



Slika 1 – Ispitivanja hibridnih panela drvo-staklo autora Rajčić, Žarnić

U konačnici, pokazalo se da ovakav tip hibridnog panela značajno odstupa od ponašanja dosada istraživanih sustava. Do loma, odnosno oštećenja sustava, dolazi uslijed prekoračenja tlačne čvrstoće drva, odnosno gnječenja, pri čemu se propagacija otkazivanja nastavlja plastifikacijom spojnog sredstva, uz konačno otkazivanje (Slika 1) ovisno o rubnim uvjetima (ili tlačno, izbacivanjem središnje lamele ili vlačno, čupanjem šipke). Histerezni odziv pokazao je podatke o vrlo duktilnom ponašanju spoja u uglovima okvira te o izvrsnom načinu trošenja seizmičke energije čemu pridonosi i razvitak sile trenja između drva i stakla.

3 Zaključak

Dosadašnjim istraživanjima zaključeno je da je ovakav, mehanički sastavljen panel, primjenjiv u gradnji drvnih stambenih objekata pri čemu nosivo staklo preuzima većinu vertikalnog opterećenja, dok u međusobnoj interakciji konstruktivnih elementa dolazi do preraspodjele horizontalnih opterećenja pri čemu se korištenje ulijepljenih čeličnih navojnih šipki nominalnog promjera pokazalo kao izvrstan način spajanja drvenih elemenata u pogledu nosivosti i duktilnosti. Iako je dosadašnjim istraživanjima postignut značajan znanstveni doprinos, u okviru daljnjih istraživanja nužno je ispitati ostale karakteristike panela (bez vertikalnog opterećenja, s opterećenjem van ravnine, uz promjenu temperature i vlažnosti, energetske karakteristike,...) te provesti parametarsku analizu numeričkim simulacijama, nakon čega bi se izvela formulacija za pojednostavljeni proračun panela. U konačnici, takvim bi se istraživanjem jasno odredile bitne karakteristike panela s aspekta konstruktivne problematike i time omogućilo uvođenje inovativnog sustava u praksu.

Literatura

- [1] Rajčić, V., Žarnić, R.: Racking Performance of Wood-Framed Glass Panels, *World Conference on Timber Engineering*, WCTE, Auckland, 2012.
- [2] Rajčić, V., Žarnić, R.: Seismic response of timber frames with laminated glass infill, *CIB-W18/45-15-4*, Växjö, 2012.
- [3] Štepinac, M., Rajčić, V., Žarnić, R.: Kompozitni sustavi drvo-nosivo staklo u potresnom okruženju, *GRAĐEVINAR*, Vol. 68 (2016) 3, pp.211-219.
- [4] Krstevska, L., Tashkov, L., Rajčić, V., Žarnić, R.: Shaking Table Test of Innovative Composite Panel Composed of Glued Laminated Wood and Bearing Glass, *15th World Conference on Earthquake Engineering*, Lisbon, 2012.



Počeci razvoja moderne arhitekture

Ivana Brkanić (ibrkanic@gfos.hr)

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku;
Građevinski fakultet Osijek; Zavod za arhitekturu i urbanizam

Teoretičari arhitekture na različite načine pišu kritičku povijest moderne arhitekture, a njihovo neslaganje u mišljenju može se pratiti već od njezinih izvora. U njihovim djelima čija je tematika usko povezana s razvojem moderne arhitekture može se vidjeti razilaženje u stavovima o njezinim korijenima, definiranju pojedinih razdoblja i njihovom trajanju te kategorizaciji pojedinih građevina unutar određenog arhitektonskog izraza. Svima je zajedničko mišljenje kako je period koji traje od polovice 19. pa sve do prva dva desetljeća 20. stoljeća vrijeme u kojemu su nastale glavne karakteristike moderne arhitekture. To je razdoblje u kojemu su se dogodile promjene na polju tehnologije koje su rezultirale velikim inovacijama na polju konstrukcija, ali prvenstveno, to je vrijeme koje je tragalo za novim arhitektonskim izrazom koji bi dao suvremeni okvir novom načinu života.

Zadatak istraživanja je bio na osnovu postojeće literature utvrditi razdoblje koje je prethodilo modernoj arhitekturi i građevinu koja je obilježila njezin početak. Kao ciljevi istraživanja mogu se izdvojiti: istraživanje događaja i личности koje su imale najviše utjecaja na razvoj moderne arhitekture; ispitivanje stajališta Sigfrieda Giediona, Nikolausa Pevsnera, Brune Zevija, Kennetha Framptona i Charlesa Jencksa o izvorima i pojavi moderne arhitekture; utvrđivanje razdoblja u kojemu nastaju temelji na kojima se razvija moderna arhitektura te definiranje početka moderne arhitekture.

Kao baza za istraživanje poslužile su knjige *Prostor, vrijeme i arhitektura* [1] Sigfrieda Giediona, *Pioniri modernog oblikovanja* [2] i *Izvori moderne arhitekture i dizajna* [3] Nikolausa Pevsnera, *Povijest moderne arhitekture I i II* [4, 5] Brune Zevija, *Moderna arhitektura – kritička povijest* [6] Kennetha Framptona i grafički prikaz arhitekture 20. stoljeća: *Evolutionary Tree 2000* [7] Charlesa Jencksa.

Provedeno istraživanje pokazalo je kako usprkos svojim različitim kritičkim pogledima na istraživani period Giedion, Pevsner, Zevi, Frampton i Jencks dijele stav kako je industrijalizacija dovela do stvaranja značajki koje su obilježile arhitekturu prve polovice 20. stoljeća i odredile njezin daljnji razvoj. Iako ga različito nazivaju, dijele i definiraju, svi prepoznaju period između 1850. i 1920. kao vrijeme iz kojega je proizašla današnja arhitektura. Kod svih se kritičara može vidjeti isticanje dostignuća građevinske tehnike kao jednog od dva najvažnija uzroka za nastanak arhitektonskog izraza 20. stoljeća. Iako im daju različiti značaj i smatraju kako su na različite načine utjecali na arhitekturu 20. stoljeća, kritičari kao drugi uzrok, ističu promjene u svijesti čovjeka koje su uzrokovale preispitivanje stila i koje su za posljedice imale nastanak *Arts and crafts* pokreta i *Art Nouveaua*. Moderni izraz u arhitekturi je direktna posljedica arhitektonskog odgovora na ove pokrete.

Korijeni moderne arhitekture proizlaze iz trenutka kada arhitekti počinju u svojim objektima primjenjivati inženjerska dostignuća 19. stoljeća, kada se počinju udaljavati od povijesnih stilova i tražiti jednostavan arhitektonski izraz kojemu je funkcionalnost na prvom mjestu. Ostvarenja arhitekata druge polovice 19. i prvih godina 20. stoljeća smatraju se nositeljima ideja koje su u konačnici oblikovale modernu arhitekturu, iako se ova ostvarenja zbog svojih još uvijek u potpunosti ne razvijenih ideja ili u nekim slučajevima povijesnih reminiscencija ne mogu kategorizirati kao moderna arhitektura. Kao najznačajnije inženjersko – arhitektonske ideje istraživanog razdoblja mogu se izdvojiti: Perretova uporaba armirano betonske konstrukcije i krovne terase, Garnierovi *pilotisi*, Wagnerovo korištenje ravne plohe, Hoffmanovi trakasti prozori, Loosovi jednostavni, čisti volumeni i *raumplan*. Sve ove elemente - ideje, 1926. godine Le Corbusier objedinjuje u knjizi *Pet točaka moderne arhitekture* i tako postavlja temelje racionalnog razdoblja moderne arhitekture. Kao ličnost koja je imala veliki utjecaj na arhitekture racionalne arhitekture, prvenstveno Gropiusa, Miesa i Le Corbusiera može se izdvojiti arhitekt Auguste Perret, čija je uporaba armiranog betona presudna za izraz moderne arhitekture.



Utjecaj slikarstva bio je od velike važnosti za nastanak modernog izraza u arhitekturi. Elementi različitih umjetničkih *-izama* mogu se detektirati u građevinama koje su nastale oko prvog svjetskog rata. Gropiusova prostorno – vremenska koncepcija, proizašla iz kubizma prihvaćena je kao teorija oko koje se razvila arhitektura 20. stoljeća. Ova se tvrdnja može potvrditi činjenicom da je arhitektura postala složena, ne samo u svome izgledu, nego i u svojim funkcijama i načinu korištenja. Više nije dovoljno samo pogledati glavno pročelje kako bi se shvatio proces koji se događa unutar objekta ili kako bi se odmah otkrila funkcija koju udomljuje. Naprotiv, objekt je potrebno obići, sagledati sa svih strana prije nego što ga se uistinu može spoznati. Elementi neoplasticizma mogu se prepoznati u prevladavanju ravnih ploha stropova i zidova koji su skoro lišeni svoje debljine, prvenstveno u Miesovim djelima, a neoplastični način uporabe boje u Le Corbusierovim radovima. Konstruktivizam i purizam se mogu detektirati u djelima koja karakterizira uporaba čistih geometrijskih volumena, dok su futurizam i ekspresionizam, nakon što su dali poticaj pojedinim arhitektima početka stoljeća, polovicom stoljeća odigrali veliku ulogu u razvoju arhitekture, čiji se utjecaj može pratiti sve do današnjih dana.

Svi se kritičari slažu kako je Walter Gropius imao snažan utjecaj na razvoj daljnje arhitekture. Detaljnom analizom Gropiusove tvornice Fagus može se zaključiti kako je svaki element korišten u oblikovanju tvornice proizašao iz djela arhitekata na smjeni stoljeća. Kao najznačajnije karakteristike ove zgrade trebaju se izdvojiti: skeletna konstrukcija, glatka ploha zida, velike staklene površine pročelja, ravni krov, dijeljenje zgrade u volumene zasebnih funkcija, uporaba betona i čelika. Kada je Gropius ujedinio sve navedene elemente u duhu prostorno – vremenske koncepcije stvorio je originalno djelo koje je u potpunosti odgovaralo vremenu u kojemu je nastalo. Iz ovih se razloga tvornica Fagus smatra prvim „pravim“ ili prvim u potpunosti modernim djelom arhitekture promatranog perioda.

Za kraj je važno napomenuti kako moderna arhitektura nije proizvod jedne osobe, jednog arhitekta ili kako je proizašla iz jednog jedinog arhitektonskog ostvarenja. Ona je rezultat rada različitih umjetnika, arhitekata i graditelja, koji su uporabom industrijskog rječnika pokušali odgovoriti na probleme svoga mjesta i vremena. Gropiusa kao arhitekta, odnosno njegovu tvornicu Fagus izdvaja se samo kao prvu u nizu značajnih ostvarenja koja su objedinila dostignuća 19. stoljeća prilagodivši ih svome vremenu, tako stvorivši novi arhitektonski izraz. Isto tako je potrebno napomenuti kako se karakteristike arhitekture sredine i kraja 20. stoljeća: mnogostrukost različitih izraza i složenost arhitekture, pojavljuju već na samom početku stoljeća. Iz razloga što ni tada, kao ni na kraju stoljeća, nije bilo moguće definirati izraz koji prevladava, jer su svaki kontinent, država i arhitekt imali svoje karakteristike koje su ugradili unutar navedenog niza zajedničkih „pravila“.

Literatura

- [1] Giedion, S.: *Prostor, vreme i arhitektura, Razvoj nove tradicije*, Građevinska knjiga, Beograd, 2012.
- [2] Pevsner, N.: *Pioniri modernog oblikovanja: od Morrisa do Gropiusa*, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb, 1990.
- [3] Pevsner, N.: *Izvori moderne arhitekture i dizajna*, Građevinska knjiga, Beograd, 2005.
- [4] Zevi, B.: *Povijest moderne arhitekture I*, Golden marketing – Tehnička knjiga, Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2006.
- [5] Zevi, B.: *Povijest moderne arhitekture II*, Golden marketing – Tehnička knjiga, Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2010.
- [6] Frampton, K.: *Moderna arhitektura – kritička povijest*, Globus, Zagreb, 1992.
- [7] Jencks, C.: *The Century is Over, Evolutionary Tree of Twentieth-Century Architecture*, ARCHITECTURAL REVIEW, Vol. 7 (2000), pp. 77

Valovima inducirano strujanje kroz cijevni propust u lukobranu

Damjan Bujak (dbujak@grad.hr)

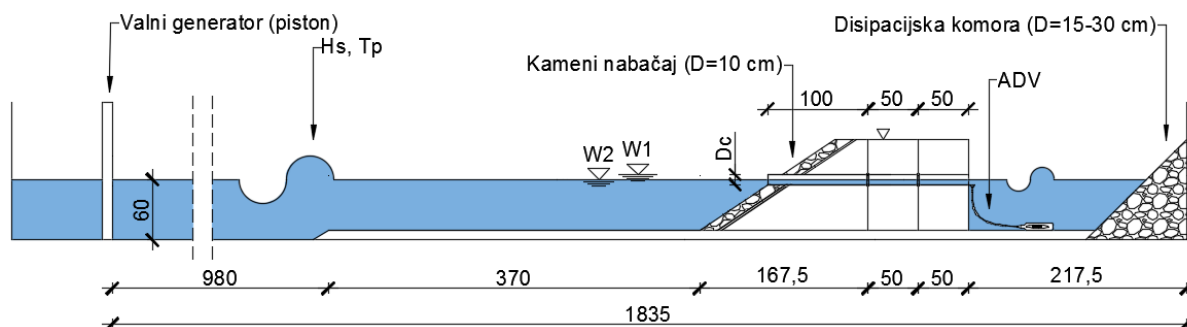
Sveučilište u Zagrebu; Građevinski fakultet; Zavod za hidrotehniku

Lukobrani fizički odvajaju akvatorij luke od okolnog mora po cijeloj dubini te posljedično sprečavaju prirodnu cirkulaciju i izmjenu vode između mora unutar luke i okolnog mora. Nedovoljna izmjena vode može rezultirati morem sa smanjenom količinom otopljenog kisika što pogoduje razvoju algi (cvjetanje mora) [1]. Cirkulacija mora između luke i okolnog mora odvija se pod utjecajem prirodnih čimbenika poput plimne oscilacije, barokline cirkulacije, utjecajem vjetera i valne klime [2, 3]. Problem slabe cirkulacije je gotovo nezaobilazan u Jadranskom moru (kao i u cijelom Mediteranu) koje ima relativno mali raspon plimnih oscilacija u usporedbi s ostalim svjetskim morima, gdje je u pravilu plimna oscilacija dominantan uzrok izmjene mora.

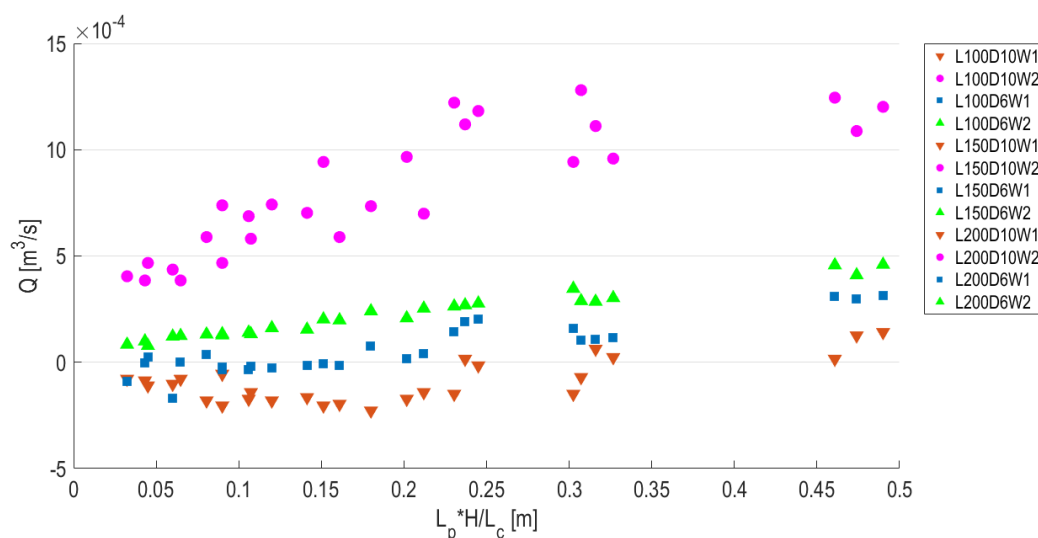
Stoga bitan aspekt koji se mora razmatrati pri projektiranju i gradnji luka i marina je kvaliteta mora u akvatoriju, koja ovisi o izmjeni vode između luke i okolnog vodenog tijela [4]. Izmjena mora je uvjetovana konstrukcijskim parametrima kao što su tlocrtna forma luke, dimenzije ulaza u luku, dubina vode i nagib dna [5, 6]. U područjima s malom oscilacijom plime i oseke (primjerice Jadransko i Egejsko more) primjena cijevnih propusta je opravdana [7].

Cijevni propusti, pod djelovanjem valova, omogućuju protok mora kroz tijelo lukobrana obogaćujući lučke „mrtve zone“ svježim morem [8]. Provedena su opširnija mjerenja valne transmisije kroz pravokutne propuste u valnom kanalu i valnom bazenu [8] i preliminarna mjerenja odnosa koeficijenta valne transmisije i protoka kroz propuste [9]. Zaključeno je da transmisija valova ne znači nužno i jednosmjerni protok kroz propuste, iako se dugo vremena ovisnost podrazumijevala.

Fizikalni model lukobrana s ugrađenim cijevnim propustom je izrađen usvajanjem dužinskog mjerila $\lambda=10$, te je postavljen u valni kanal ispred disipacijske komore (Slika 1). Valovi su se producirali korištenjem valnog generatora tipa „piston“ sa ugrađenim AWACS sustavom. Protok u propustima je posredno mjeren pomoću ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) uređaja postavljenog na izlaz iz cijevnog propusta koji bilježi brzinu vode u propustu [9]. Reprezentativan skup mjerenja je izvršen mijenjajući više parametara vala i cijevnog propusta : valna visina, valna dužina, uronjenost, dužina i promjer cijevnog propusta.



Slika 1 – Presjek fizikalnog modela (valnog kanala) Građevinskog fakulteta



**Slika 2 – Ovisnost protoka prema odnosu dužini cijevnog propusta, te valne dužine i visine;
Legenda: L – dužina propusta [cm], D – promjer propusta [cm], W – uronjenost propusta [1 ili 2]**

Prema rezultatima veće vrijednosti umnoška dubokovodne valne dužine (L_p) i visine (H), te manje vrijednosti dužine cijevnog propusta (L_c) će uvijek rezultirati većim protocima (Slika 2). Protoci su uvijek manji u slučaju potpuno uronjenog cijevnog propusta ($W1$) za razne geometrijske karakteristike propusta i parametre valova nego protoci u djelomično uronjenom cijevnom propustu ($W2$), što definira uronjenost kao dominantni čimbenik u određivanju protoka u propustu.

Literatura

- [1] Yin, J., Falconer, R. A., Pipilis, K. & Stamou, A. I.: Flow Characteristics and Flushing Processes in Marinas and Costal Embayments, *Proceedings of the 1st Int Conf on Maritime Engineering and Ports, Genoa*, 88-98, 1998
- [2] Fischer, H. B., List, E. J., Koh, R. C. Y., Imberger, J. & Brooks, N. H.: Mixing in Inland and Coastal Waters, *Academic Press*, (1979) pp. 483 - 493
- [3] Schwartz: *The flushing characteristics of Hillarys boat harbor*, University of Western Australia, Australia, 1989.
- [4] US Army Corps of Engineers: *Coastal Engineering Manual (CEM)*, USACE Publications, 2002.
- [5] Nece, R. A.: Planform effects on tidal flushing of marinas, *Journal of Waterway, Port, Costal and Ocean Engineering*, 110 (1984) 2, pp. 251-269
- [6] Falconer, R. A. & Gouping, Y.: Effects of depth, bed slope and scaling on tidal currents and exchange in a laboratory model harbor, *Proc Institution civil engineers*, 91 (1991) 2, pp. 561-576
- [7] Ozhan, E. & Tore, E.: Studies for improving flushing ability of Marmaris marina, *Comp Mech Publication*, (1992) pp. 267
- [8] Tsoukala, V. K. & Moutzouris, C. I.: Wave transmission in harbors through flushing culverts, *Ocean Engineering*, 36 (2009) 6-7, pp. 434-445
- [9] Stagonas, D., Gerald, M., Magagna, D. & Warbrick, D.: Fundamental investigation of water flow in harbors through a flushing culvert, *IAHR Congress: Water Engineering for a Sustainable Environments*, 2009



Utjecaj tipa sljubnica između blokova na nosivost kamenog stupa izloženog statičkom opterećenju

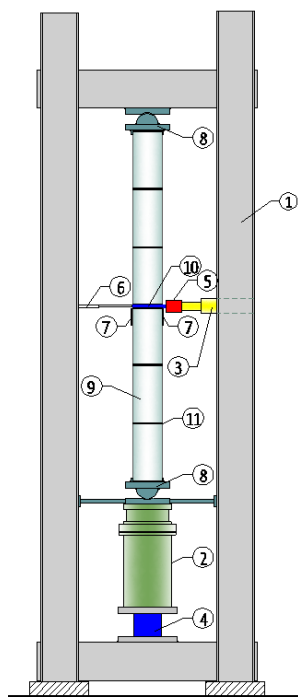
Ante Buzov (ante.buzov@gradst.hr)

Sveučilište u Splitu; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Kamen je jedan od najstarijih, najtrajnijih i najpostojanijih građevinskih materijala. Neke kamene građevine stare više tisućljeća ostale su sačuvane do danas, a neke od njih još uvijek imaju svoju izvornu funkciju. Kameni stupovi su jedni od važnih konstrukcijskih elemenata kamenih građevina, a kod reprezentativnih povijesnih građevina također jedan od njihovih najvažnijih oblikovnih elemenata. Kameni stupovi su prvenstveno namijenjeni nošenju vertikalnog opterećenja, ali oni mogu istovremeno nositi i manja horizontalna opterećenja i djelovanja. Niži kameni stupovi su obično izgrađeni iz jednog monolitnog kamenog bloka, a viši obično od više kamenih blokova po visini. Kod stupova s više kamenih blokova po visini, korištena su različita rješenja horizontalnih sljubnica između blokova (suhi spoj, kameno brašno, različiti mortovi, olovo, epoksid itd.).

Do sada je izvršen mali broj istraživanja ponašanja stupova pri statičkom opterećenju i potresu. Neka ispitivanja ponašanja kamenih stupova pri statičkom opterećenju mogu se naći u [1 - 4], a neka ispitivanja ponašanja pri dinamičkom opterećenju u [5 - 8].

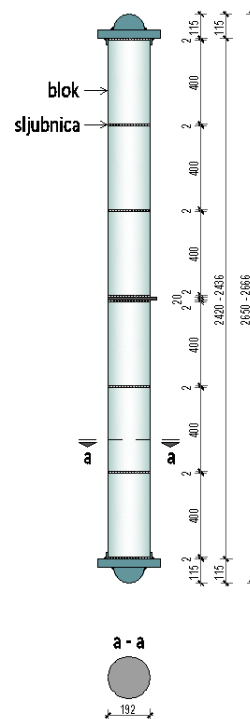
U ovom su radu prikazani rezultati eksperimentalne studije utjecaja četiri tipa sljubnica između kamenih blokova na ponašanje i nosivost kamenog stupa pod vertikalnim i horizontalnim statičkim opterećenjem. Pri tome je razmatrana suha sljubnica, te sljubnice s kamenim brašnom, olovnom pločom i epoksidnim ljepilom. Stup je ispitivan do sloma pri različitim odnosima vertikalne i horizontalne sile, tj. pri centričnom tlaku i ekscentričnom tlaku s različitim ekscentricitetom uzdužne sile. Za svaki tip sljubnice i svako različito opterećenje, ispitivana su po tri istovjetna uzorka. Koliko je autoru ovog rada poznato, takva istraživanja do sada nisu vršena.



Slika 1 - Izgled stupa i opreme za ispitivanje

Legenda:

- 1- Kruti čelični okvir
- 2- Hidraulična presa za nanošenje vertikalne sile
- 3- Hidraulična presa za nanošenje horizontalne sile
- 4- Mjerač vertikalne sile
- 5- Mjerač horizontalne sile
- 6- Mjerač pomaka
- 7- Mjerač deformacija
- 8- Čelični zglobni ležaj
- 9- Stup
- 10- Čelična ploča
- 11- Sljubnica

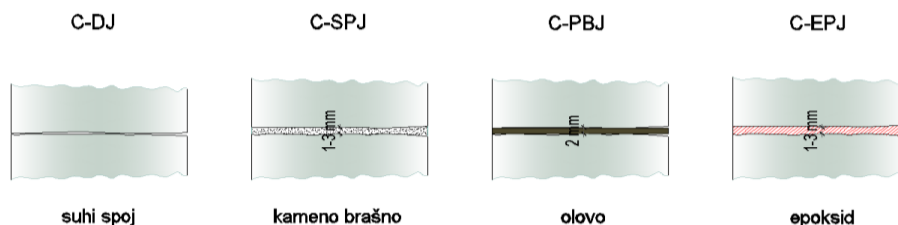


Slika 2 - Geometrijski podaci stupa



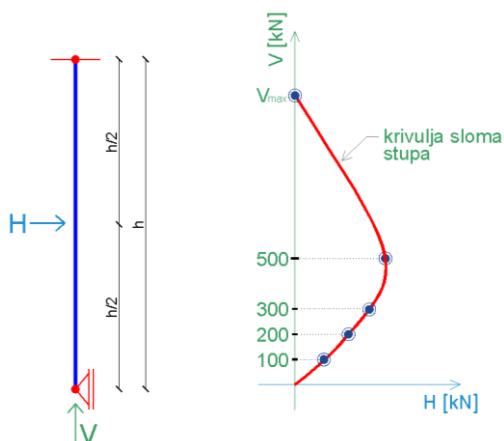
Osnovni podaci testiranog stupa prikazani su na slici 1 i 2. Stup je kružnog poprečnog presjeka promjera 192 mm, zglobno pridržan na vrhu i dnu. Formiran je od 6 jednakih blokova visine 400 mm.

Razmatrana su četiri tipa sljubnica, odnosno četiri tipa stupova (slika 3).

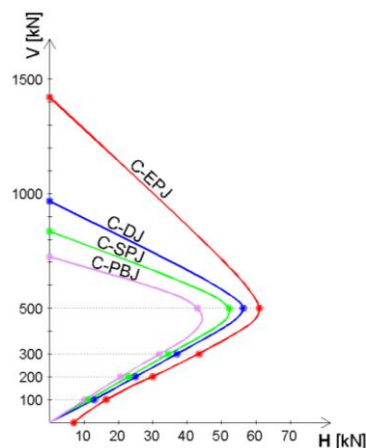


Slika 3 – Tipovi sljubnica

Stupovi su ispitivani do sloma na vertikalnu centričnu tlačnu silu V i horizontalnu silu H u sredini njihove visine (slika 4). Prvo su ispitani svi stupovi na centrični tlak, s postupnim povećanjem sile do sloma stupa. Potom je svaki tip stupa ispitan na ekscentrični tlak, tj. na različite odnose sila V i H .



Slika 4 – Shema opterećenja stupova (odnos $V - H$)



Slika 5 – Granična nosivost testiranih stupova

Granična nosivost testiranih stupova prikazana je na slici 5, u funkciji veze vertikalne sile V i horizontalne sile H .



Slika 6 – Izgled nekog testiranog stupa nakon sloma pod centričnim tlakom

Čak i uz veliki trud i pažnju pri obradi spojnih ploha kamenih blokova, teško je postići potpuno ravnomjerno međusobno nalijeganje blokova i istovremeno osigurati vertikalnost kamenog stupa. Kvaliteta obrade spojnih ploha kamenih blokova i tip sljubnice ima veliki utjecaj na nosivost kamenog stupa izloženog vertikalnoj centričnoj sili i savijanju.



Omjer granične nosivosti testiranih stupova pod centričnom tlačnom silom, s razmatranim tipovima sljubnica između blokova, bio je u velikom rasponu (1: 0,5). Najveću nosivost imao je stup C–EPJ s epoksidnom sljubnicom, a najmanju stup C–PBJ s olovnom pločom u sljubnici.

Literatura

- [1] Atalić, J., Uroš, M., Šavor, M.: Utjecaj kontaktnih naprezanja na tradicijski kameni stup, GRAĐEVINAR, 64 (2012) 11, 891-903.
- [2] Lokošek, E., Kleiner, I.: Zamjena kamenih stupova u prizemlju dvorca Veliki Tabor, GRAĐEVINAR, 56 (2004) 5, 267-276
- [3] Fabbrocino, G., Iervolino, I., Manfredi, G.: Damage mitigation by innovative materials for Temple C at Selinunte, CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS, 20 (2006), 1040-1048.
- [4] Campione, G., Minafo, G., Cucchiara, C.: Temporary strengthening technique of marble columns with steel wires and wood spars, JURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND SCIENCE, 3 (2014) 2, 81-91.
- [5] Papalou, A., Strepelias, E.: Control of the dynamic response of classical columns with defects, PERIODICA POLYTECHNICA CIVIL ENGINEERING, 59 (2015) 3, 303-308.
- [6] Drosos, V.A., Anastasopoulos, I.: Experimental investigation of the seismic response of classical temple columns, BULLETIN EARTHQUAKE ENGINEERING, (2014).
- [7] Komodromos, P., Papaloizou, L., Polycarpou, P.: Simulation of the response of ancient columns under harmonic and earthquake excitations, ENGINEERING STRUCTURES, 30 (2008), 2154-2164.
- [8] Mouzakis, H. P., Psycharis, I. N., Papastamatiou, D. Y., Carydis, P. G., Papantonopoulos, C., Zambas, C.: Experimental investigation of the earthquake response of a model of a marble classical column, EARTHQUAKE ENGINEERING AND STRUCTURAL DYNAMICS, 31 (2002), 1681-1698.



UAV use in construction industry

Rok Cajzek (rok.cajzek@gic-gradnje.si)
Uroš Klanšek (uroš.klansek@um.si)

University of Maribor; Faculty of Civil Engineering, Transportation Engineering and Architecture

1 Introduction

There are many different possible uses of UAVs (Unmanned Aerial Vehicle) in construction industry and new cases of applications can be visible almost on a daily basis. With our developed UAV we tested the system for construction site monitoring, for examination of different constructions, for IR thermography on buildings, photovoltaic panels and on electric grids, for transportation, for marketing purposes and also for photogrammetry. Lastly mentioned application is presented hereinafter and is especially useful in this branch, while it can be used for different measuring of distances, areas or volumes, for visualisation needs and as a basis for land surveyors.

1.1 Developed UAV for use in construction industry

The structure of the developed UAV is based on a hexa-rotor V system, due to better reliability and lifting capacity in comparison with quadcopters. The multicopter (see Fig. 1) consists of a carbon fiber frame and landing gears to preserve weight, which enables longer flight times.

The powertrain contains six efficient brushless electrical motors, two lithium-polymer six-cell batteries with a total capacity of 8000 mAh (22.8 V) each and weight of approximately 2 kg combined. Maximal absolute thrust of the UAV is 18.4 kg and it is produced with six 45.72 cm long carbon fiber propellers, with the total size of 1425 mm in diameter. Total weight of the UAV prepared for take-off is roughly 8 kg including a camera stabilization system (3-axis gimbal), two batteries and a camera with 14-42 mm lens or similar.



Figure 1 – Developed multicopter for use in construction industry [1, 2]

Another important part of the UAV is the flight control unit (FCU), which in our case consists of four different components; a main controller (MC), a power management unit (PMU), a GPS antenna and a LED light. Main function of FCU is to process incoming signals from the remote control (RC) via RC receiver and then communicate with motor controllers as well as with brushless electrical motors.



The multicopter can fly with a maximum speed over 20 m/s to maximum distance or flight altitude up to two kilometres from the pilot if the area is open (without physical objects and barriers). Average traveling speed is around 5 m/s and maximum flight altitude usually does not exceed 100 meters [1, 2].

2 Practise and field application of the UAV

Presented project took place in Slovenia with the task of final review of execution works before the tunnel [3]. Our job was to oversee clearance gauge for different types of trains and check transversal profile of finished project in accordance to safety of railway transport act and rules on railway line superstructure [4, 5]. Due to specific clients' requirements traditional methods of reviewing were not applicable, therefore we had to use advanced technique and perform UAV photogrammetry of the entire area with a total size of 150 x 128 meters (19.200 m²).

During the flight, more than 300 pictures with high resolution camera were taken from the average height of 37 meters above terrain and with overlapping greater than nine images. Captured data were processed afterwards with suitable software, where camera position and orientation for each photo were located and stitched together into a model using a computer software.

Later, a sparse point cloud model was obtained, including building of a dense cloud, which was built on the calculated depth information for the camera in each position. The result was a single dense point cloud, where all gathered data was combined. Thereupon, in the third step, a mesh was created and after removing all secondary faces leaving only the surface to be considered in calculations, we were able to close holes of a model and measure distances, areas or volumes (see Fig. 2). To oversee clearance gauge we created a model of train and verified the information obtained from measurements (see Fig. 3, 4).

One of the main limitations of photogrammetry process is light condition, where pictures taking in low light situations can cause inaccurate measurements and errors in the model.

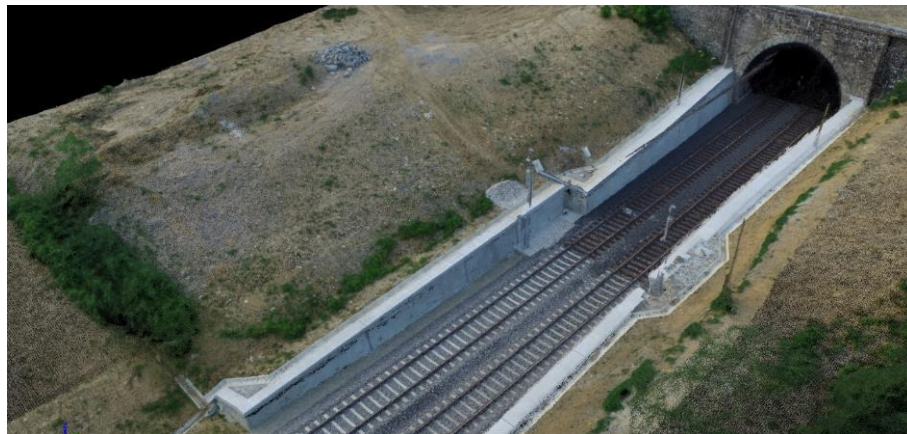


Figure 2 – 3D model generated from aerial photos using the UAV [3]

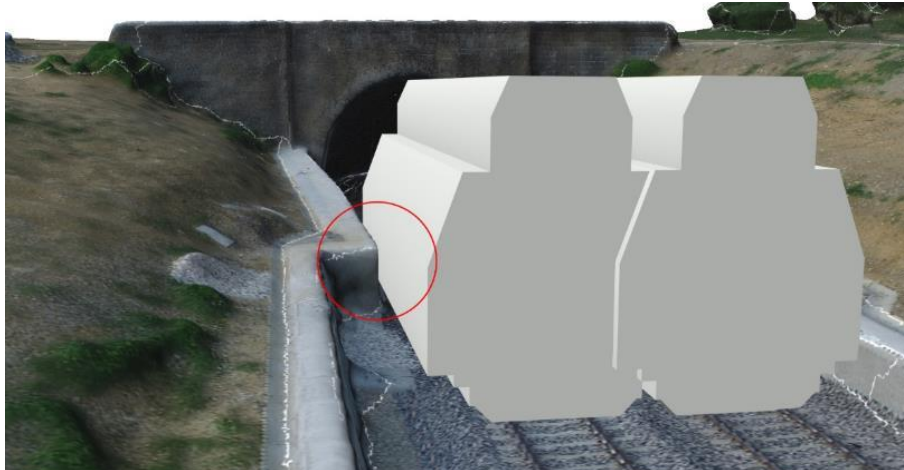


Figure 3 – Created model of train for measuring purposes [3]

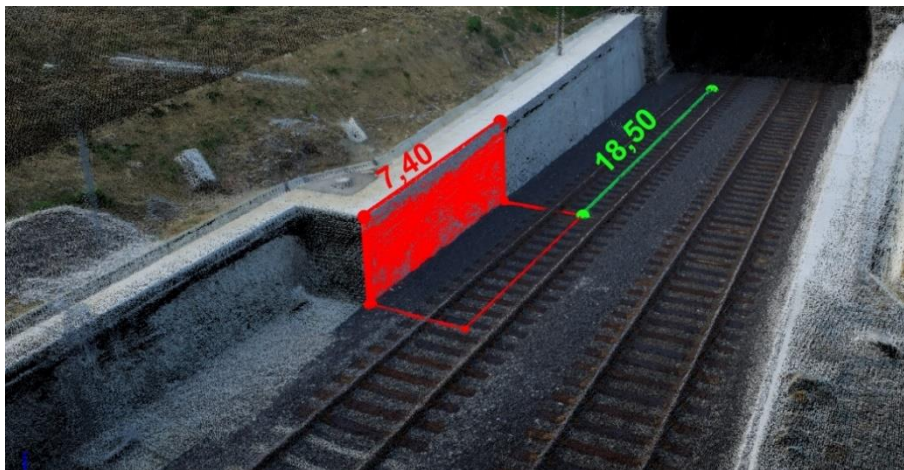


Figure 4 – Section which extends into the clearance gauge [3]

Construction industry usually represented a more conventionally oriented branch, which rather slowly incorporated new technologies into practice, but there are some exceptions in the field of using advanced (UAVs).

In the above mentioned project final results of measurements showed that clearance gauge was not sufficient for required traffic and additional construction works would be necessary to fulfil initial requirements.

There are many advantages by measuring objects with photogrammetric technique, due to great accuracy, better time efficiency and the ability to measure all captures from the model irrelevant of the location and time.



References

- [1] Cajzek, R., Klanšek, U.: An Unmanned Aerial Vehicle for Multi-Purpose Tasks in Construction Industry, JOURNAL OF APPLIED ENGINEERING SCIENCE, Vol. 14, No. 2, pp. 314-327.
- [2] Cajzek, R., Klanšek, U.: Applications of Unmanned Aerial Vehicles in Construction Industry, 12th International Conference Organization, Technology and Management in Construction, 5-7 September 2015, Primošten, pp. 136-144.
- [3] Cajzek, R., Kranjc, D., Cvirn, S.: Review and Analysis of Measurements of the Existing Situation of Project (Final Report), GPRS d.o.o., 102/2015, pp. 1-14, 2015.
- [4] ZVZP (2010), Safety of Railway Transport Act, Official Gazette of the Republic of Slovenia, Ljubljana.
- [5] ZVZP (2010), Rules on Railway Line Superstructure, Official Gazette of the Republic of Slovenia, Ljubljana.

Pepeo iz biomase kao zamjena za cement u betonu

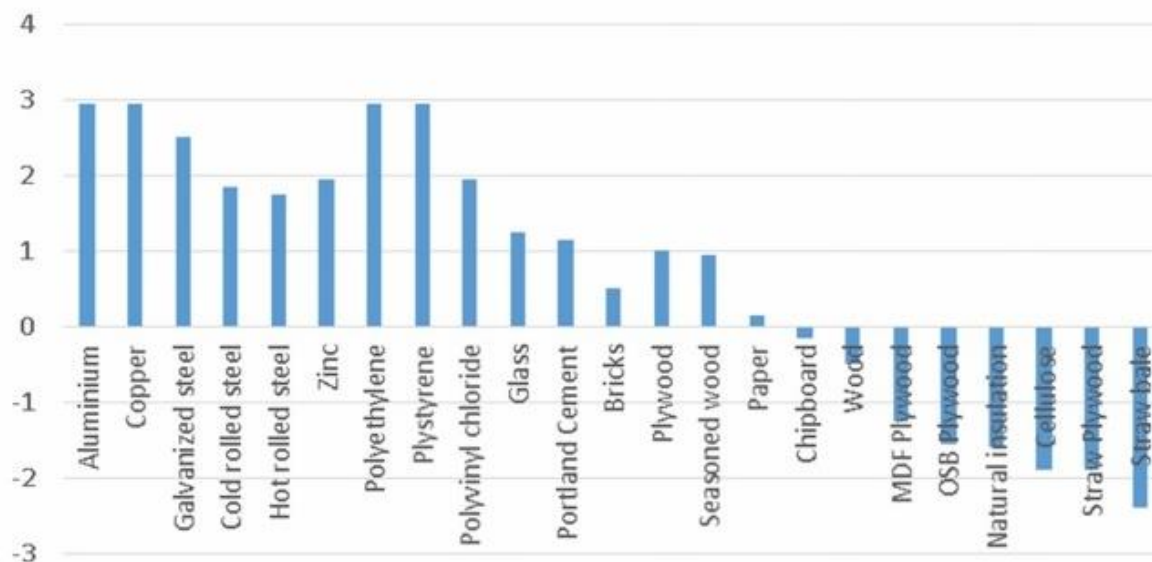
Krunoslav Čosić (kcosic@gfos.hr)

Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku; Građevinski fakultet Osijek; Zavod za materijale i konstrukcije

Način života danas uglavnom nije održiv, resurse koristimo neracionalno, neekološki i necjelovito. Kratkoročni ciljevi za ostvarivanje velikih zarada čine ogromnu štetu sadašnjim, a posebno budućim generacijama koja vrlo vjerojatno neće moći zadovoljiti svoje potrebe pomoću skupih fosilnih goriva. Uz proizvodnju, transformaciju energije i cestovni promet, građevinski sektor zauzima visoko mjesto na ljestvici djelatnosti koje proizvode značajne emisije CO₂ koji odlazi u atmosferu i potiče efekt staklenika.

Procjenjuje se da ukupna količina materijala koji se upotrebljava u građevinskom sektoru prelazi 2 milijuna tona u jednoj godini [1]. Beton je najupotrebljavaniji građevinski materijal u svijetu što ga ujedno čini i najvećim zagađivačem koji emitira velike količine CO₂. Resursi su ograničeni te ih je stoga potrebno neprestano obnavljati i stvarati kako bi se negativni utjecaj na okoliš i zdravlje čovjeka smanjio na što manju moguću mjeru. Proizvodni proces građevinskih materijala treba biti što ugodniji za čovjeka i okoliš kao i bez štetnih utjecaja. Prilikom dobivanja sirovina, proizvodnji, ugradnji, uporabi i uklanjanju te prilikom iskorištavanja neobnovljivih izvora energije i sirovina može doći do štetnih utjecaja na okoliš. Primjer je proizvodnja cementa gdje se troši ogromna količina energije upotrebom fosilnih goriva što uzrokuje onečišćenja i veliku emisiju stakleničkog plina CO₂.

Cement je jedan od najpopularnijih i široko primjenjivih građevinskih materijala u svijetu što ga čini i najvećim zagađivačem. Njegova proizvodnja troši velike količine sirovina i energije, a obzirom na porast infrastrukture globalnog razvoja, potrebno je djelovati kako bi se smanjio negativni utjecaj na okoliš [2]. Na slici 1 je prikazano 25 materijala sa pripadajućom emisijom ugljičnog dioksida iz koje je vidljivo da je cement negdje u sredini, međutim ako uzmemo u obzir velike količine cementa koje se proizvode na svjetskoj razini za potrebe građevinarstva, govorimo o jako velikom zagađivaču.



Slika 1 - Emisija ugljičnog dioksida pri proizvodnji jednog kilograma materijala [3]

Kako bi se smanjio štetni utjecaj na okoliš i čovjeka, potrebno je koristiti materijale kod kojih prilikom proizvodnje i u fazi uporabe ne dolazi do pojava koje su štetne za čovjekovo zdravlje i okoliš, mogu se ponovno uporabiti čime se građevinskom materijalu produljuje životni vijek, smanjuje se potrošnja sirovina

te samim time i opterećenje okoliša. Jedno od rješenja navedenoga je korištenje lokalnih materijala biljnog, životinjskog ili mineralnog porijekla sa što manje prerade u industrijskim procesima, odnosno korištenje recikliranih ili otpadnih materijala. Biljni materijali su bili jedni od prvih građevinskih materijala koji su ljudi koristili, međutim razvoj sintetičkih materijala je u potpunosti zamijenio prirodne biljne materijale. Obzirom na sve veće iskorištavanje resursa i negativni utjecaj na okoliš, teži se iznalaženju alternativnih rješenja problema [4].

Jedan od alternativnih materijala je pepeo iz biomase. Biomasa se odnosi na živuću ili donedavno živuću materiju, biljnog ili životinjskog porijekla, koja se može koristiti kao gorivo ili za industrijsku proizvodnju [5]. Biomasa se smatra CO₂ neutralnim gorivom obzirom da su količina CO₂ koju biljka apsorbira tijekom života i količina koju biljka oslobodi u vrijeme njezine termičke razgradnje jednake, što je ujedno i najvažnija prednost biomase u odnosu na fosilna goriva [6]. Godišnja proizvodnja biomase biljnog porijekla iznosi 173 milijarde tona suhe tvari [7]. Sukladno propisima Europske unije, neke zemlje članice kao što su Austrija, Finska i Švedska proizvode i do 20 % energije iz biomase [8]. Kontinuirano povećanje korištenja poljoprivredne biomase (slama, ljuške, stabljike, koštice i dr.) kao goriva čini poljoprivredni otpad izazovom za građevinarstvo obzirom da spaljivanjem biomase preostaje pepeo koji se može koristiti kao djelomična zamjena za cement u betonu. Kvaliteta pepela koji nastaje spaljivanjem ovisi o kvaliteti i porijeklu biomase, što se uglavnom odnosi na veličinu čestica, gustoću, vlažnost, kalorijsku vrijednost i kemijski sastav [6]. Primjena pepela iz biomase u građevinarstvu uglavnom ovisi o koncentraciji glavnih anorganskih elemenata i njihovih mineraloških oblika.

Djelomična zamjena cementa s pepelom utječe na obradivost i razvoj čvrstoće betona [9]. Dosadašnja istraživanja su pokazala kako je moguća primjena pepela šećerne trske u betonu čime se postiže sigurno skladištenje pepela te sprječava zagađenje okoliša [10]. Stupanj hidratacije takvog betona je niži u usporedbi sa običnim betonom [11], dok finoća pepela šećerne trske doprinosi stvaranju finije strukture pora u betonu [12]. Pored pepela šećerne trske, dodavanjem pepela rižinih ljuški poboljšava se viskoznost kod samozbijajućeg betona [13]. Istraživanjem svojstava obradivosti betona i optimalnih udjela djelomične zamjene cementa pepelom šećerne trske i rižinih ljuški, pokazalo se kako je optimalni udio pepela do 8% bez utjecaja na zahtjeve obradivosti [14]. Uzimajući u obzir trajnost betona i njegovu tlačnu čvrstoću, optimalni udio pepela od stabljike pšenice, kukuruza i suncokreta kod djelomične zamjene cementa iznosi 5 % [15]. Karakterizacijom pepela slame pšenice, stabljike lucerke (djeteline), stabljike kukuruza, ljuške suncokreta, sjemena pamuka i ljuške riže, kroz kemijski i mineralni sastav, stupanj kristalizacije, topljivost, lužnatost, morfologiju i raspodjelu veličina čestica pokazalo se kako su svi navedeni pepeli opravdani za djelomičnu zamjenu cementa u betonu [16].

Biomasa je jedan od načina da se iskoristi potencijal Sunca, gdje pepeo koji nastaje spaljivanjem dobiva novu uporabnu vrijednost. Obzirom da spaljivanje organskih materijala kao otpada uzrokuje emisije CO₂ i uništava stvorenja u prirodi, njihova primjena u građevinarstvu uz korištenje odgovarajuće tehnologije pridonosi ekologiji uz ekonomsku opravdanost. Djelomična zamjena cementa s ostacima poljoprivrednog otpada smanjuje potrošnju cementa i doprinosi korisnom postupanju s otpadnim materijalima čime se smanjuje negativni utjecaj na okoliš i smanjuje emisija stakleničkih plinova



Literatura

- [1] European Construction Technology platform: Modern functional materials for the future of construction, http://ectp.ectp.org/fa_materials.asp
- [2] Jozić, D. Studija utjecaja letećeg pepela iz termoelektrane na fizikalno-kemijska svojstva i ponašanje cementnog kompozita. Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu; 2008
- [3] Cantor, D. M., Manea, D. L.: Innovative Building materials using agricultural waste, *Procedia Technology* 19 (2015), pp. 456-462.
- [4] Palumbo, M., Avellaneda, J., Lacastaa, A. M.: Availability of crop by-products in Spain: New raw materials for natural thermal insulation, *Resources, Conservation and Recycling* 99 (2015), pp. 1-6.
- [5] Biomasa, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Biomasa>
- [6] Radojević, A., Repić, B., Dakić, D., Erić, A.: Analiza i ispitivanje pepela poljoprivredne biomase i potencijalnih aditiva, *Savremena poljoprivredna tehnika* 36 (2010) 4, pp. 357-365.
- [7] Sassou, A.: *Biotechnologies: challenges and promises*, Uesco, Paris, 1985.
- [8] Gierulski, K., Marcin, P.: Utilisation of solid biomass for energy, purposes in Poland, *Mechanisation and Electrification of Agriculture* (2001), pp. 4.
- [9] Monzó, J., Payá, J., Borrachero, M. V., Girbés, I.: Reuse of sewage sludge ashes (SSA) in cement mixtures: the effect of SSA on the workability of cement mortars, *Waste Management* 23 (2003) 4, pp. 373-381.
- [10] Akram, T., Memon, S., Obaid, H.: Production of low cost self compacting concrete using bagasse ash, *Construction and Building Materials* 23 (2009), pp. 703-712.
- [11] Singh, N., Singh, V., Rai, S.: Hydration of bagasse ash-blended portland cement, *Cement and Concrete Research* 30 (2000), pp. 1485-1488.
- [12] Ganesan, K., Rajagopal, K., Thangavel, K.: Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material, *Cement and concrete composites* 29 (2007), pp. 515-524.
- [13] Memon, S., Shaikh, M., Akbar, H.: Utilization of rice husk ash as viscosity modifying agent in self compacting concrete, *Construction and building materials* 25 (2011), pp. 1044-1048.
- [14] Krishnasamy, T. R., Palanisamy, M.: Pepeo od šećerne trske i rižinih ljuski kao zamjena za cement u samozbijajućem betonu, *Građevinar* 67 (2015) 1, pp. 23-31.
- [15] Aksogan, O., Binici, H., Ortle, E.: Durability of concrete made by partial replacement of fine aggregate by colemanite and barite and cement by ashes of corn stalk, wheat straw and sunflower stalk ashes, *Construction and Building Materials* 106 (2016), pp. 253-263.
- [16] Matalkah, F., Soroushian, P., Abideen, S. U., Peyvandi, A.: Use of non-wood biomass combustion ash in development of alkali-activated concrete, *Construction and Building Materials* 121 (2016), pp. 491-500.



Novi pristup oblikovanju turbo kružnih raskrižja

Tamara Džambas (tdzambas@grad.hr)
Sveučilište u Zagrebu; Građevinski fakultet; Zavod za prometnice

1 Uvod

Turbo kružna raskrižja su posebno oblikovana višetračna kružna raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na kojemu su prometni trakovi na ulazu, kružnom kolniku i izlazu fizički odvojeni betonskim delineatorima [1]. Projektni oblik turbo kružnih raskrižja osmislio je nizozemski istraživač dr.sc. Lambertus Fortuijn krajem devedesetih godina prošloga stoljeća. Upravo na temelju njegovih istraživanja nizozemska platforma CROW 2008. godine izradila je prve smjernice za projektiranje ovog posebnog tipa kružnog raskrižja [2]. Ubrzo nakon objave nizozemskih smjernica, nekolicina europskih zemlja započela je s razvojem vlastitih propisa, prilagođenih njihovim prometnim navikama i lokalnim uvjetima. Slovenija, Srbija i Hrvatska u svojim su propisima [3-5] ponudile postupak oblikovanja identičan onome iz nizozemskih smjernica, dok je Njemačka u svom radnom dokumentu [6] predložila nešto drugačiji pristup oblikovanju.

Komparativna analiza postojećih postupaka oblikovanja turbo kružnih raskrižja i provedena preliminarna istraživanja pokazuju da primjena predloženog novog pristupa projektiranja turbo kružnih rezultira optimizacijom oblikovanja projektnih elemenata raskrižja.

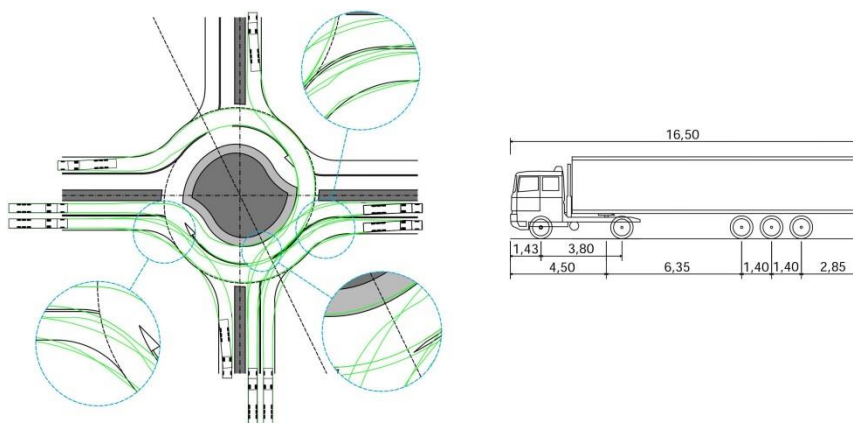
2 Postojeći postupci projektiranja turbo kružnih raskrižja

Prema slovenskim tehničkim specifikacijama, srpskom priručniku, te hrvatskim i nizozemskim smjernicama projektiranje turbo kružnih raskrižja iterativan je postupak koji se sastoji od sljedećih koraka: (1) odabir jednog od ponuđenih tipova turbo kružnog raskrižja ovisno o planiranom prometu i raspodjeli kapaciteta po privozima; (2) oblikovanje tipskih elemenata kružnog kolnika s unaprijed određenim dimenzijama ovisno o veličini polumjera; (3) definiranje preostalih elemenata raskrižja; (4) ispitivanje uvjeta horizontalne provoznosti mjerodavnog vozila i provoznih brzina osobnih vozila.

Pri opisanom postupku projektiranja turbo kružnog raskrižja usvaja se ono oblikovanje koje zadovoljava postavljene uvjete provoznosti mjerodavnog vozila i brzine prolaska kroz raskrižje bez daljnje obveze analize odnosno optimiranja njegovih elemenata. Posljedica može biti predimenzioniranost raskrižja koja vodi povećanju zauzetosti okolnog prostora, troškova izgradnje i često se smanjuje sigurnost prometa. Druga manjkavost postojećih postupaka je što ne sadrže detaljne upute za provođenje ispitivanja provoznosti, što projektanta može voditi k zaključku da su elementi raskrižja optimalno oblikovani ako vozilo za proizvoljno odabranu putanju može proći raskrižjem. Takav pristup može dovesti do primjene predimenzioniranih, ali i poddimenzioniranih rješenja. U slučaju poddimenzioniranih rješenja udobnost vožnje i propusna moć raskrižja značajno se smanjuju. Treća manjkavost postojeće regulative je da su tipski elementi potrebni kao ulazni parametar oblikovanja raskrižja definirani samo za projektna rješenja u kojima se osi privoza sijeku pod pravim kutom, što je ujedno najpovoljniji oblik u smislu zadovoljenja uvjeta ispitivanja provoznosti i provoznih brzina. U praksi su takve „idealne“ situacije rijetke, pogotovo u slučajevima rekonstrukcije postojećih raskrižja. Dodatno su rezultati preliminarnih istraživanja, u kojima je ispitana provoznost tipskih turbo kružnih raskrižja s mjerodavnim vozilom (tegljač s poluprikolicom koji je učestalo vozilo za izvangradske lokacije), pokazali da tipski elementi u većini slučajeva ne zadovoljavaju uvjete provoznosti (Slika 1).

Za razliku od prethodne skupine propisa, njemački radni dokument ne daje tipska rješenja s unaprijed određenim dimenzijama, već preporuča granične dimenzije projektnih elemenata. Na temelju navedenog može se zaključiti da su njemački inženjeri uočili nedostatke prethodno opisanog postupaka

te da su krenuli u dobrom smjeru prema definiranju novog pristupa oblikovanju. Problem je što taj postupak nisu u dovoljnoj mjeri obrazložili i što nisu detaljno razradili njegove korake – ponovno je na projektantu ostavljen izbor da proizvoljno odabere dimenzije projektnih elemenata i zatim ispita provoznost za čije provođenje nisu dane upute.



Slika 1 – Ispitivanje provoznosti na tipskom raskrižju polumjera 12 m

3 Zaključak

Ispravan pristup oblikovanja turbo kružnih raskrižja trebao bi se zasnivati na određivanju elemenata oblikovanja na temelju zakonitosti geometrije kretanja vozila, odnosno određivanju elemenata oblikovanja na temelju trajektorija kretanja vozila, a ne provjeri provoznosti za već projektirano raskrižje. Dugogodišnja istraživanja provedena na Zavodu za prometnice Građevinskog fakulteta u Zagrebu, koja su se bavila oblikovanjem serpentina, četverokrakih čvorišta u razini te izvangradskih jednostranih kružnih raskrižja, pokazala su da takav pristup osigurava primjenu optimalnih dimenzija projektnih elemenata te omogućuje oblikovanje raskrižja uz različito polaganje osi privoza, [7-9]. Preliminarno istraživanje provedeno na standardnom turbo kružnom raskrižju polumjera kružnog kolnika 12 m potvrdilo je da je taj pristup moguće primijeniti i na turbo kružnim raskrižjima, [10].

Daljnijim istraživanjima definirat će se optimalno oblikovanje elemenata turbo kružnih raskrižja za različita projektna rješenja (različite kutove osi privoza, različite pomake osi privoza u odnosu na položaj geometrijskog središta raskrižja, različite polumjere kružnog kolnika) uz primjenu prethodno navedenog pristupa projektiranju temeljenom na zakonitostima geometrije kretanja mjerodavnog vozila.



Literatura

- [1] Fortuijn, L. G. H. Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance. // JOURNAL OF THE TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2096 (2009), pp. 16–24.
- [2] CROW: *Turborotondes*, Publicatie No. 257, 2008.
- [3] Ministrstvo za infrastrukturo in prostor Republike Slovenije: *Krožna križišča s spiralnim potekom krožnega vozišča*, TSC 03.XXX, radna verzija, 2011.
- [4] Putevi Srbije: *Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji: Kružne raskrisnice*, 2012.
- [5] Hrvatske ceste: *Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama*, 2014.
- [6] FGSV: *Arbeitspapier Turbokreisverkehre*, 2015.
- [7] Ahac, S.: *Oblikovanje izvangradskih kružnih raskrižja na načelima geometrije kretanja vozila*, doktorska disertacija, 2014.
- [8] Stančerić, I.: *Teorijske postavke oblikovanja četverokrakih čvorišta u razini na načelima geometrije kretanja vozila*, doktorska disertacija, 2011.
- [9] Dragčević, V.: *Oblikovanje serpentina prema načelima geometrije kretanja*, magistarski rad, 1994.
- [10] Džambas, T.; Ahac, S.; Dragčević, V.: Design of turbo roundabouts based on the rules of design vehicle movement geometry, JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING, 142, 7(2016), pp. 1-10.



3D model ponašanja prednapetih konstrukcija sa uključenim dugotrajnim efektima

Ante Džolan (a.dzolan@yahoo.com)

Sveučilište u Mostaru; Građevinski fakultet; Katedra za mehaniku, materijale i konstrukcije

Beton, armirani i prednapeti, u posljednjih stotinjak godina postao je vodeći konstruktivni materijal u svijetu. Unatoč sve intenzivnijem razvoju novih materijala, beton i dalje ostaje vodeći materijal u klasičnom građevinarstvu. Razlog tome je svakako i pojava novih betonskih smjesa kojima se ublažavaju ili potpuno eliminiraju loša svojstva betona, kao što su mala vlačna čvrstoća, krtost i sl. Kako je armiranje bilo prvi korak u uspješnom praktičnom korištenju betona kao građivnog materijala, prednapinjanje predstavlja daljnji korak u razvoju betonskih konstrukcija, a specijalni betoni treći korak u tom razvoju.

Korištenjem prednapinjanja betonom se mogu savladavati veliki rasponi koji su nekada bili rezervirani samo za čelik (mostovi, hale, izložbene i sportske dvorane). Također, prednapeti beton se intenzivno koristi kod konstrukcija kod kojih tijekom eksploatacije ne smije doći do otvaranja pukotina uslijed prekoračenja tlačne čvrstoće betona (npr. rezervoari).

Sve veća uporaba prednapetih konstrukcija te potreba za praćenjem ponašanja konstrukcije u različitim fazama izvedbe kao i tijekom eksploatacije utjecala je na razvoj numeričkih modela koji mogu vrlo vjerno opisati materijalne i geometrijske karakteristike betona i čelika, uvesti silu prednapinjanja i uključiti njezine gubitke te pratiti ponašanje konstrukcije tijekom vremena. U početku su numerički modeli bili namijenjeni linearno elastičnoj analizi, jer se realno materijal pri eksploataciji i nalazi uglavnom u linearno-elastičnom stanju. Međutim, potreba za sve smjelijim konstrukcijama uvjetovala je da su i pri uporabnim stanjima opterećenja naprezanja iznad granice do koje se materijal ponaša linearno elastično.

Veza između naprezanja i deformacija u betonu u velikoj mjeri ovisi o nastajanju i širenju mikropukotina. One u betonu postoje i prije nanošenja opterećenja, a s nanošenjem opterećenja se šire i nastaju nove. I u tlačnom području u kojem pri višim razinama opterećenja dolazi do plastičnog tečenja, imamo naglašenu nelinearnost [1].

Također je poznato da se kablovi prednapinju do visokih razina naprezanja da bi nakon djelovanja opterećenja mogli preuzeti dodatna naprezanja. Zbog toga, ukupna naprezanja u prednapetoj armaturi dosežu vrijednosti blizu granice popuštanja. Uvođenjem djelomično prednapetih konstrukcija za potpuno opterećenje u eksploataciji dopušta se nastajanje pukotina ograničenih širina, koje se nakon prestanka djelovanja opterećenja zatvaraju [1-3].

Pri prednapinjanju, također, nastaje niz popratnih efekata smanjenja sile prednapinjanja, od kojih je najvažniji efekt smanjenja sile zbog puzanja i skupljanja betona. Puzanje betona, kao reološka pojava povećanja deformacija bez povećanja naprezanja pri dugotrajnim opterećenjima, još uvijek nije u potpunosti objašnjeno. Postoji niz teorija i matematičkih modela, od kojih ni jedan ne daje potpunu sliku stvarnog ponašanja [3-5].

Cilj ovog rada je daljnji razvoj numeričkog modela za opis prednapetih elemenata i konstrukcija. Rad se nastavlja na prethodno razvijeni model za simulaciju prednapetih konstrukcija [6], koji se temelji na osnovnim parametrima materijala, a kao glavni doprinos rada bilo bi uvođenje puzanja, što je dominantni uzrok pada sile od prednapinjanja. Složeno nelinearno ponašanje prednapetih konstrukcija modeliralo bi se u osnovi jednostavnim i efikasnim, ali za inženjersku uporabu dovoljno točnim modelom. Model, za sada, omogućava simuliranje nelinearnog ponašanja samih materijala, kao i simuliranje pada sile prednapinjanja od elastičnog skraćivanja betona i trenja.

Armirana i prednapeta betonska konstrukcija diskretizirana je trodimenzionalnim elementima u koje je ukomponiran jednodimenzionalni element za opis armature (kabela). Model omogućava zadavanje armature odvojeno od mreže 3D elemenata za beton. Omogućena je simulacija ravne armature, paralelne



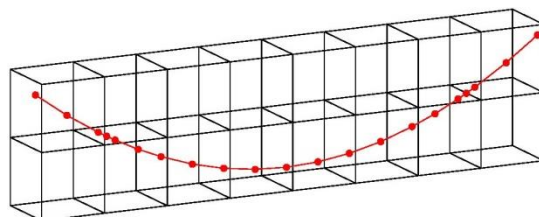
ili pod proizvoljnim kutom u odnosu na lokalni koordinatni sustav te zakrivljene armature proizvoljno položene u 3D element betona. Ovako definirani jednodimenzionalni krivocrtni elementi omogućavaju jednostavno uvođenje sile prednapinjanja odnosno modeliranje prednapetih kablova i konstrukcija [6]. (Slika 1)

Kod betonskih konstrukcija razvijenim modelom moguće je simulirati najvažnije nelinearne efekte ponašanja betona: popuštanje betona u tlaku, raspucavanje betona u vlaku (otvaranje i zatvaranje pukotina kod dinamičkog opterećenja), vlačnu i posmičnu krutost raspucalog betona, kao i armature u betonu: popuštanje čelika te utjecaj brzine deformacije na mehaničke karakteristike betona i čelika. Načelno, razvijenim modelom također je moguće simulirati nelinearno ponašanje i drugih konstrukcijskih materijala, npr. konstrukcijskog čelika (tečenje u tlaku i vlaku), drva, stakla, itd.

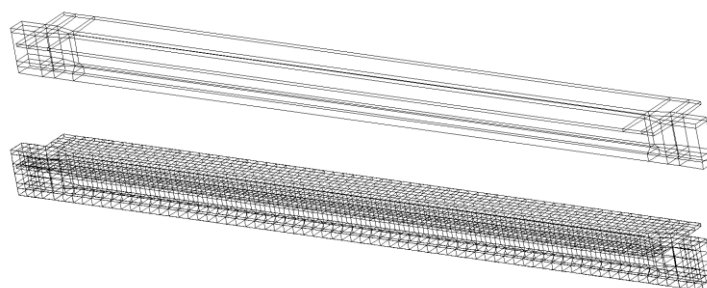
U trenutnoj fazi istraživanja vrši se detaljna analiza postojećeg modela usporedbom sa rezultatima dobivenim na eksperimentalno ispitanom nosaču koji je opterećivan kratkotrajnim statičkim opterećenjem sve do sloma [7]. Tokom testiranja mjereni su progibi nosača, položaj, razmak i širina pukotina u betonu, deformacije betona na gornjem i donjem pojasu nosača, deformacije klasične tlačne i vlačne armature u polovini raspona (gornja i donja zona), te deformacije prednapete užadi u sredini raspona.

Istovremeno se razvija predprocesor kojim će biti omogućeno zadavanje složene geometrije preko AutoCAD-a [8]. (Slike 1, 2)

Konačni cilj rada je razviti jedan jednostavan i efikasan model za numeričku simulaciju armirano betonskih i prednapetih konstrukcija. Takvi numerički modeli mogli poslužiti u ocjeni nosivosti kako novo projektiranih tako i postojećih konstrukcija, i time doprinijeti njihovoj kvaliteti i boljem poznavanju, čime se izbjegavaju mnogo skuplji stvarni pokusi.



Slika 3 - Generirana mreža konačnih elemenata betona i zakrivljene armaturene šipke za element pravokutnog poprečnog presjeka



Slika 4 - Prikaz mostovskog prednapetog nosača: zadana mreža i generirana mreža



Literatura

- [1] Damjanić F.: A finite element technique for analysis of reinforced concrete structures, Finite Element Methods for Nonlinear Problems, Eds. Bergan P. at all. Springer, pp. 623-637, 1986.
- [2] Figueiras J.A. and Povoas R.H.C.F.: Modelling of prestress in non-linear analysis of concrete structures, Computers and Structures, Vol. 53, pp. 173-187, 1994.
- [3] Bangash, M.Y.H.: Manual of numerical methods in concrete, Modelling and applications validated by experimental and site-monitoring data", Thomas Telford Publishing, London, 2001.
- [4] Tomičićl.: Betonske konstrukcije, Odabrana poglavlja, 2. izmijenjeno izdanje, usklađeno s EC2 i EC8, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 1996.
- [5] Matešan, D.: Vremenska analiza prednapetih betonskih ljsaka, doktorska disertacija, Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonskifakultet, Split, 2007.
- [6] Galić M.: Razvoj nelinearnog 3D numeričkog modela armiranih i prednapetih betonskih konstrukcija, doktorska disertacija, Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split, 2006.
- [7] Markić R.: Utjecaj odnosa prednapete i klasične armature na ponašanje betonskih nosača, disertacija, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split 2012.
- [8] Perišić N.: Generiranje mreže konačnih elemenata za prostorne (3D) probleme, diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split 2014.



Zamor betona armiranog recikliranim čeličnim vlaknima

Marina Frančić Smrkić (mfrancic@grad.hr)

Sveučilište u Zagrebu; Građevinski fakultet; Zavod za tehničku mehaniku

1 Uvod

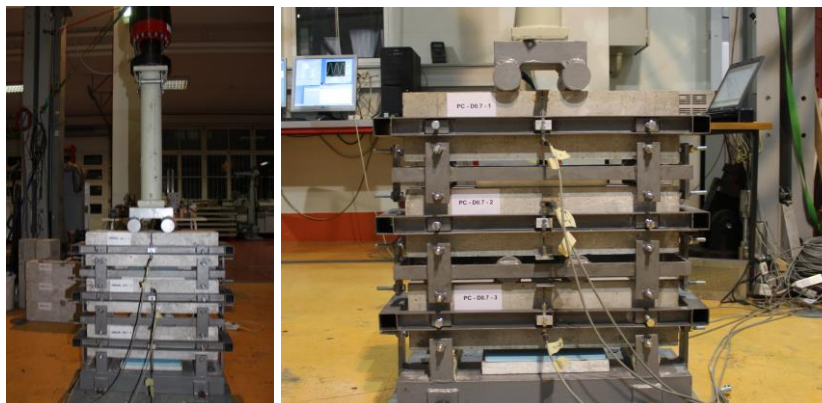
Zbrinjavanje otpadnih auto guma veliki je problem svuda u svijetu. Auto gume ne mogu se razgraditi u prirodi pa time predstavljaju veliku ekološku opasnost za okoliš. Ponovna upotreba guma moguća je njihovim recikliranjem, kojim nastaju tri produkta primijenjiva u građevinarstvu: guma, čelična vlakna i polimerna vlakna. U ovom eksperimentu koristila su se čelična vlakna iz otpadnih auto guma kao djelomična zamjena industrijskih čeličnih vlakana u mikroarmiranom betonu.

Poznato je da čelična vlakna u betonu smanjuju utjecaj zamora. Zamor se definira kao pojava pri kojoj se materijal izložen cikličkom opterećenju razara pri naprezanju znatno manjem od svoje statičke čvrstoće [1]. Cikličkom opterećenju izloženi su betonski kolnici, kolnički dijelovi mostova, betonski pragovi, temelji dinamičkih postrojenja, offshore postrojenja i sl. Kod betona je pojava zamora povezana s rastom mikropukotina koje prerastaju u makropukotine pri čemu dolazi do smanjenja krutosti i općenito promjene mehaničkih karakteristika materijala [2]. Upravo zbog svoje sposobnosti kontroliranja širenja pukotina, čelična vlakna mogu se koristiti u elementima i konstrukcijama izloženim cikličkom opterećenju.

Cilj ispitivanja bio je utvrditi da hibridni mikroarmirani beton, kao kombinacija industrijskih i recikliranih čeličnih vlakana, ima slična svojstva pri dugotrajnom cikličkom opterećenju kao klasični mikroarmirani beton.

2 Eksperimentalni rad

Ispitivanje je provedeno na betonskim prizmama dimenzija 150 x 150 x 600 mm. Ispitivale su se tri betonske mješavine: običan beton (oznaka PC eng. plain concrete), beton armiran industrijskim čeličnim vlaknima (oznaka 40M0R) te beton armiran kombinacijom recikliranih i industrijskih čeličnih vlakana (oznaka 20M20R). Oznake mješavina upućuju na količinu vlakana u betonu, pa tako oznaka 20M20R označava 20 kg industrijskih vlakana (eng. M - manufactured) i 20 kg recikliranih vlakana (eng. R – recycled) po metru kubnom betonu. 40M0R označava 40 kg industrijskih i 0 kg recikliranih vlakana po metru kubnom betonu.



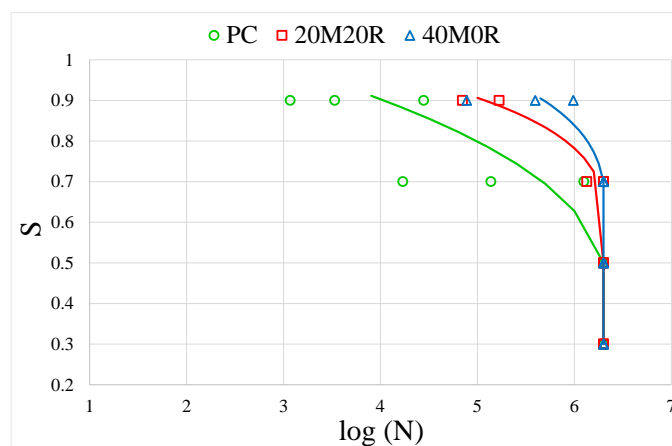
Slika 1 – Prihvatni sistem za ispitivanje uzoraka



Ispitivanja na zamor vrlo su dugotrajna jer se često izvode i do 10 milijuna ciklusa ponavljanja. Kako bi se skratilo vrijeme potrebno za ispitivanje, izrađen je prihvatni sistem kojim se može istodobno ispitivati 3 uzorka (Slika 1). Prije dinamičkog ispitivanja provedeno je statičko ispitivanje kako bi se utvrdila statička čvrstoća uzorka [3]. Dinamičko ispitivanje provedeno je na 4 različite razine opterećenja: 30 %, 50 %, 70 % i 90 % statičke čvrstoće. Opterećenje je nanošeno sinusoidnom funkcijom, s frekvencijom 15 Hz do loma uzorka ili do 2 milijuna ciklusa opterećenja. Na svakom uzorku bila su postavljena 2 LVDT-a, po jedan sa svake strane, za mjerenje vertikalnih pomaka za vrijeme ispitivanja. Osim vertikalnih pomaka bilježio se broj ciklusa pri kojem dolazi do loma uzorka. Ukupno je ispitano 36 uzoraka.

3 Rezultati ispitivanja

Rezultati su prikazani u obliku S – log (N) krivulja, ili Wöhlerovih krivulja, koje predstavljaju odnos između razine opterećenja i logaritma broja ciklusa pri kojem dolazi do loma materijala.



Slika 2 – S – log (N) krivulje za sve ispitane mješavine

4 Zaključak

Uzorcima od mikroarmiranog betona pokazali su puno veću otpornost pri cikličkom opterećenju od običnog betona. Pri istoj razini opterećenja ostvaruju veći broj ciklusa i 2 do 3 puta veće pomake pri lomu. Hibridna mješavina 20M20R pokazala je visoku otpornost pri zamoru i predstavlja alternativu klasičnoj mješavini mikroarmiranog betona 40M0R s inženjerskog, ekonomskog i ekološkog stajališta.

Literatura

- [1] Krolo, J., Šimić, D.: *Mehanika materijala*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2011.
- [2] Lee, M.K., Barr, B.I.G.: An overview of the fatigue behaviour of plain and fibre reinforced concrete, *CEMENT & CONCRETE COMPOSITES*, Vol. 26 (2004), 299-305
- [3] Singh, S.P., Kaushik, S.K.: Fatigue strength of steel fibre reinforced concrete in flexure, *CEMENT & CONCRETE COMPOSITES*, Vol. 25 (2003), 779-786



Primjena eksperimentalne modalne analize u ispitivanju konstrukcija

Tomislav Franković (tomislav.frankovic@gradri.uniri.hr)

Sveučilište u Rijeci; Građevinski fakultet; Zavod za nosive konstrukcije i tehničku mehaniku

1 Uvod u modalnu analizu

U dinamici konstrukcija često je potrebno odrediti frekvencije, koeficijente prigušenja i oblike vibriranja (tonove) konstrukcija i konstrukcijskih elemenata. Pritom se često koristi modalna analiza koja se može podijeliti na analitičku i eksperimentalnu modalnu analizu.

Analitička modalna analiza temelji se na rješavanju diferencijalne jednadžbe (1) sustava s više stupnjeva slobode [1] i određivanju njezinih vlastitih vrijednosti prilikom čega je potrebno poznavati matricu masa $[M]$, matricu krutosti $[K]$ i matricu prigušenja $[C]$ promatranog sustava. Kod sustava složene geometrije i sustava koje je teško modelirati navedeni postupak može uzrokovati dosta opsežne izračune te je ponekad potrebno uvesti odgovarajuća pojednostavljenja.

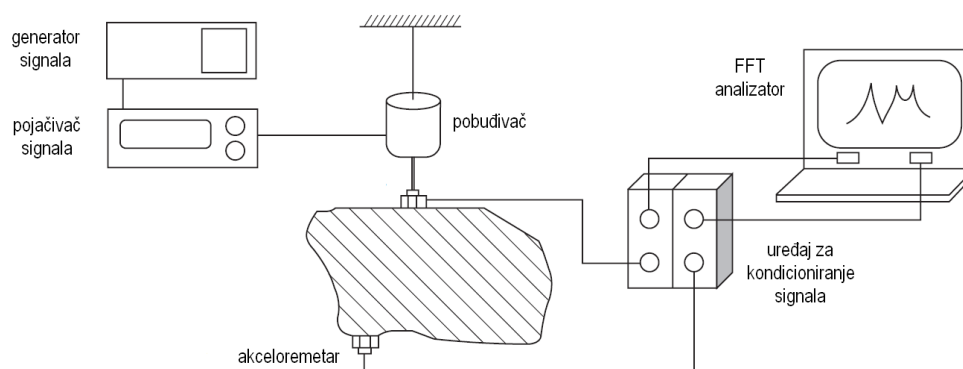
$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F(t)\} \quad (1)$$

Nasuprot analitičkoj modalnoj analizi, eksperimentalna modalna analiza temelji se određivanju funkcija frekventnog odgovora (frequency response function - FRF) koje predstavljaju odnos odgovora ispitnog objekta i uzroka vibracije u jednoj ili više pozicija na konstrukciji ili konstrukcijskom elementu. Pomoću svih funkcija frekventnog odgovora formira se matrica frekventnog odgovora na temelju koje se provodi kasniji postupak određivanja vrijednosti modalnih parametara (frekvencije, koeficijenti prigušenja, oblici vibriranja).

2 Određivanje frekvencija i oblika vibriranja

Eksperimentalna modalna analiza provodi se radi verifikacije rezultata dobivenih primjenom metode konačnih elemenata ili nekog drugog numeričkog postupka te određivanja stvarnih vrijednosti koeficijenata prigušenja. Postupak proračuna funkcije frekventnog odgovora u eksperimentalnoj modalnoj analizi prikazan na slici 1. sastoji se od tri cjeline :

1. generiranje pobude na ispitnom objektu,
2. mjerenje odgovora na pobudu i prikupljanje podataka,
3. obrada prikupljenih podataka.



Slika 1 - Postavke mjerenja u eksperimentalnoj modalnoj analizi [2]

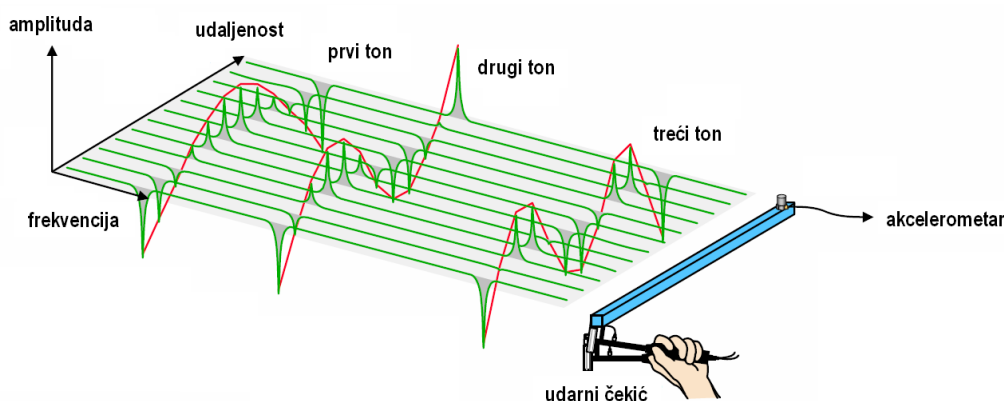
Funkcija frekventnog odgovora (FRF) za sustav s jednim stupnjem slobode [2] mase m , krutosti k i prigušenja c prikazana izrazom (2) određuje se kao omjer odgovora ispitnog objekta $X(\omega)$ i pobude $F(\omega)$. Funkcija $X(\omega)$ predstavlja Fourierovu transformaciju odgovora $x(t)$, a funkcija $F(\omega)$ Fourierovu transformaciju pobude $f(t)$.

$$H(\omega) = \frac{X(\omega)}{F(\omega)} = \frac{1}{-\omega^2 m + j\omega c + k} \quad (2)$$

Većina konstrukcija ili konstrukcijskih elemenata najčešće se ne mogu opisati jednostavnim sustavom s jednim stupnjem slobode (SDOF sustav) nego je potrebno primijeniti sustave s n stupnjeva slobode (MDOF sustavi). U tom slučaju izraz (2) može se raspisati na sljedeći način :

$$\begin{Bmatrix} X_1(\omega) \\ X_2(\omega) \\ \vdots \\ X_n(\omega) \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11}(\omega) & H_{12}(\omega) & \dots & H_{1n}(\omega) \\ \cdot & H_{22}(\omega) & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ H_{n1}(\omega) & \cdot & \dots & H_{nn}(\omega) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F_1(\omega) \\ F_2(\omega) \\ \cdot \\ F_n(\omega) \end{Bmatrix} \quad (3)$$

Na temelju dobivenih funkcija frekventnog odgovora i matrice $[H]$ za predmetnu konstrukciju ili konstrukcijski element mogu se odrediti vrijednosti frekvencija u pojedinim oblicima vibriranja pomoću skupine postupaka poznatih pod nazivom „izvlačenje modalnih parametara“ (modal data extraction [3]). Najjednostavnija metoda određivanja vrijednosti frekvencija temelji se podjeli dijagrama funkcije frekventnog odgovora na više cjelina koje se formiraju oko vrhova te se svaki vrh promatra kao odgovor sustava s jednim stupnjem slobode (single-degree-of-freedom curve fit [3]). Na slici 2. prikazana je ispitana greda (*free-free beam*) na djelovanje pobude uzrokovane impulsnim čekićem te trodimenzionalni prikaz dobivenih modalnih parametara (frekvencije i osnovni oblici vibriranja) primjenom eksperimentalne modalne analize.



Slika 2 - Trodimenzionalni prikaz rezultata ispitivanja grede [3]

Literatura

- [1] Brandt, A.: *Noise and vibration analysis*, John Wiley & Sons, 2011.
- [2] He, J., Fu, Z. : *Modal analysis*, Butterworth-Heinemann, 2001.
- [3] Inman, D.: *Engineering vibrations*, Prentice Hall, 2014.



Ispitivanje tramvajskih kolosiječnih konstrukcija s aspekta buke i vibracija

Ivo Haladin (ihaladin@grad.hr)

Sveučilište u Zagrebu; Građevinski fakultet; Zavod za prometnice

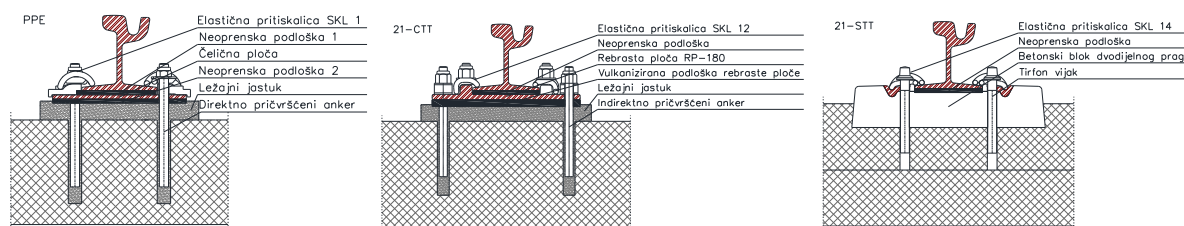
1 Uvod

Održiva, pouzdana i trajna tračnička infrastruktura temelj je učinkovite i sigurne mreže sustava gradske željeznice. Takva infrastruktura mora odgovoriti svim suvremenim izazovima kao što su povećana osovinska opterećenja, kratki vremenski intervali za izgradnju i strogi uvjeti za zaštitu okoliša. Tramvajski sustavi i sustavi lake gradske željeznice donose niz prednosti u urbanom okruženju u odnosu na ostale vidove prijevoza, naročito s aspekta energetske učinkovitosti, broja prevezenih putnika, točnosti i dr. Međutim, tračnička vozila svojim prometovanjem, a u interakciji s kolosijekom, induciraju određene razine buke i vibracija koje se šire u okoliš. Buka i vibracije od tračničkog prometa, te prevencija i suzbijanje njihovog širenja jedan su od glavnih izazova pri projektiranju i građenju suvremenih kolosiječnih konstrukcija i tračničkih vozila.

Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, u suradnji sa Zagrebačkim holdingom (Podružnica ZET) razvija i razmatra nove tipove tramvajskih kolosiječnih konstrukcija za primjenu na tramvajskoj mreži u Gradu Zagrebu. Naime, nabavkom 140 novih vozila tipa TMK 2200 koncerna CroTram, eksploatacijski uvjeti kao što su osovinska opterećenja, kontakt površine kotača i tračnice te energetske zahtjevi na naponsku mrežu uvelike su promijenjeni. Kako bi odgovorili postojećim i budućim zahtjevima, projektirane su dva nova tipa kolosiječnih konstrukcija: Zagreb 21-CTT i Zagreb 21-STT. Konstrukcije su izvedene i podvrgnute opsežnim ispitivanjima u sklopu ispitne dionice tramvajske pruge na Savskoj cesti.

2 Opis ispitne dionice

Na ispitnoj dionici na Savskoj cesti ugrađena su tri tipa kolosiječne konstrukcije, svaka u duljini od 50 m. Referentna dionica koristi, u ZETu uvriježeni, PPE sustav diskretnog pričvršćenja tračnica na kontinuiranu betonsku ploču. Tračnice su preko neoprenske podloške, čelične ploče sa podloškom oslonjene na ležajne jastuke od sintetskog mikrobetona. Pritiskalica SKL 1 je direktno vezana ankerima u betonsku ploču. Zagreb 21-CTT čini svojevrsnu nadogradnju navedenog sustava, koristeći vulkanizirane elemente za izolaciju od lutajućih struja, te standardne konstruktivne elemente željezničkog proizvodnog programa (rebrasta podložna ploča, T vijci, SKL pričvršni pribor, itd). Pritiskalica je u ovom slučaju T vijcima vezana na rebrastu ploču, dok je ploča ankerima pričvršćena na AB ploču. Zagreb 21-STT čini potpuno novi pristup izgradnji kolosiječnih konstrukcija u Hrvatskoj. Sastoji se od dvodijelnih betonskih pragova vezanih armaturom, koji se ugrađuju u kontinuiranu betonsku ploču. Također koriste standardni željeznički program pričvršnog pribora (tirfon vijke, SKL 14 pričvršćenje, rebraste pločice), Slika 5.



Slika 5 - Prikaz ugrađenih sustava na ispitnoj dionici - PPE, Zagreb 21-CTT, Zagreb 21-STT



3 Mjerenje buke i vibracija

Glavni izvor buke pri kretanju vozila brzinama većim od 20 km/h (kao što je slučaj u tramvajskom prometu) jest kontakt kotača i tračnice. Zbog nepravilnosti u voznim površinama kotača i tračnice dolazi do oscilacija koje izazivaju vibracije pojedinih dijelova vozila i kolosijeka. Pri visokim frekvencijama, vibracije se šire zrakom u obliku zvučnog tlaka – buke.

Kako bi izmjerili utjecaj novih kolosiječnih konstrukcija na širenje buke i vibracija u okoliš, na ispitnom poligonu u Savskoj cesti, provedena su mjerenja vibracija tračnica u horizontalnom i vertikalnom smjeru, te mjerenja zvučnog tlaka, pri prolasku ispitnog vozila. Mjerenja su vršena u noćnim satima, uz korištenje određenog tramvaja TMK 2266 pri konstantnoj brzini kao izvora pobude, kako bi se eliminirali vanjski utjecaji. Na taj način mogao se usporediti utjecaj kolosiječne konstrukcije na buku i vibracije pri prolasku tramvajskog vozila. Provedena ispitivanja uključivala su:

- mjerenja buke pri prolasku vozila metodom propisanom u HRN EN ISO 3095:2013 [1], uz određene modifikacije vezane za udaljenost mikrofona i brzinu kretanja vozila,
- određivanje stupnja prigušenja kolosiječne konstrukcije prema HRN EN 15461:2011 [2] i FprCEN/TR 16891:2016 [3] koja do sad nije korištena na tramvajskim kolosijecima.

Rezultati ispitivanja buke pri prolasku referentnog vozila TMK 2266 konstantnom brzinom od 30 km/h ukazuju na smanjene razine buke od 4 dB(A) na kolosiječnoj konstrukciji Zagreb 21-CTT odnosno 2 dB(A) na Zagreb 21-STT u odnosu na referentnu dionicu PPE.

Glavni izazov istraživanja predstavljalo je određivanje stupnja prigušenja vibracija kolosiječne konstrukcije. To je vibroakustički parametar koji opisuje koliko kolosiječna konstrukcija ima sposobnosti apsorbirati vibraciju, odnosno koliko brzo može umiriti tračnicu i ostale elemente kolosijeka nakon pobude vibracijom uslijed prolaska vozila. Zbog velikih razlika u konstrukciji i eksploatacijskim uvjetima na klasičnim kolosiječnim konstrukcijama i tramvajskim kolosijecima u Zagrebu, pristupilo se određivanju stupnja prigušenja pomoću dvije metode ([2] i [3]). Stupanj prigušenja vibracija u horizontalnom i vertikalnom smjeru, mjeren standardiziranom metodom [2] nije davao pouzdane rezultate. Ispitivanje novom metodom [3] koja kao izvor pobude koristi prolazak tramvajskih vozila dobiveni su ponovljivi rezultati neovisni o tipu tramvaja, brzini kretanja vozila i njegovoj opterećenosti. Ustanovljeno da je stupanj prigušenja vibracija znatno veći za dionicu Zagreb 21-CTT, dok je za dionicu Zagreb 21-STT jednak onome izmjerenom na referentnoj dionici PPE. Detaljnija analiza svih mjerenih parametara dana je u [4].

4 Zaključak

U napučenim gradskim područjima, potrebno je projektirati kolosijeke koji mogu odgovoriti suvremenim potrebama, kao što su trajnost i pouzdanost, jednostavna i brza ugradnja i održavanje, niske razine širenja buke i vibracija u okoliš. Suvremenim metodama određivanja vibroakustičkih parametara, moguće usporediti i odabrati optimalna rješenja, te pratiti ponašanje takvih konstrukcija tokom eksploatacije.

Literatura

- [1] HRN EN ISO 3095:2013 Akustika – Oprema za željeznice – Mjerenje buke koju proizvode željeznička vozila (ISO 3095:2013; EN ISO 3095:2013), . 2013.
- [2] HRN EN 15461:2011 Oprema za željeznice - Emisija buke - Određivanje dinamičkih svojstava za dionicu pruge kojom prolazi vlak pri mjerenju buke (HRN EN 15461:2008+A1:2010), . 2011.
- [3] FprCEN/TR 16891:2016 Railway applications - Acoustics - Measurement method for combined roughness, track decay rates and transfer functions, . CEN/TC 256, p. 52, 2015.
- [4] Lakušić, S., Haladin, I., Ahac, M.: The Effect of Rail Fastening System Modifications on Tram Traffic Noise and Vibration, Shock and Vibration, vol. 2016, pp. 1–15, 2016, <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4671302>.



Analiza nepouzdanosti u procjeni rizika od poplava u realnom vremenu

Toni Kekez (toni.kekez@gradst.hr)

Sveučilište u Splitu; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

1 Rizik od poplava

Poplava je prirodni fenomen prilikom kojeg dolazi do izlivanja veće količine vode na teren koji u normalnim uvjetima nije pod vodom [1]. Unatoč brojnim ulaganjima u razvoj sustava zaštite od štetnog djelovanja voda, poplave stvaraju velike probleme diljem svijeta. Mnogi dijelovi Europe, uključujući i Hrvatsku, pogođeni su poplavama u zadnjih nekoliko desetljeća što uzrokuje velike materijalne štete i ljudske žrtve.

Učestala pojava različitih prirodnih katastrofa u koje spadaju i poplave ukazuje na potrebu daljnjeg razvoja znanstvenih metoda u pristupu rješavanju ovakvih problema što uključuje i procjenu rizika. Unaprijeđenje procjene rizika uz adekvatno upravljanje rizikom može pridonijeti smanjenju negativnih posljedica koje poplave mogu prouzročiti.

1.1 Definicija rizika od poplava

Rizik se matematički definira kao vjerojatnost otkazivanja nekog sustava P_f odnosno vjerojatnost prekoračenja kapaciteta nekog sustava R uzrokovano vanjskim opterećenjem L [2].

$$P_f = P(L > R) \quad (1)$$

Međutim, probabilistički pristup definiciji rizika ne obuhvaća moguće posljedice otkazivanja sustava što je ključno kod analize poplava stoga je definiciju rizika od poplava nužno proširiti. Definicija rizika od poplava ušla je u europsku i nacionalnu legislativu kroz Direktivu o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima [3] u kojoj je rizik definiran kao kombinacija vjerojatnosti pojave poplave i mogućih štetnih posljedica na zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost koje se povezuju s poplavama.

$$R = \int_{-\infty}^{+\infty} L(h)p(h)dx \quad (2)$$

Ukoliko se promatra ugroženost ljudskog života tada se rizik od poplava može izraziti kroz funkcionalnu vezu između hazarda (opasnosti) i ranjivosti [4]. Hazard se može definirati kao negativno svojstvo poplava koje može ugroziti ljudski život i izražava se hidrauličkim karakteristikama poplave (dubinom vode i brzinom toka) uz određenu vjerojatnost pojave. Ranjivost se opisuje kao manjak otpornosti odnosno kapaciteta nekog sustava da se odupre negativnom utjecaju poplava te se sastoji od osjetljivosti i izloženosti.

$$\text{Rizik} = f(\text{hazard}, \text{ranjivost}) \quad (3)$$

Upravljanje rizikom od poplava podrazumijeva primjenu širokog spektra tehničkih i netehničkih mjera u svrhu smanjenja rizika [5]. U vremenu neposredno prije nailaska poplavnog vala donositelji odluka izloženi su utjecaju nepouzdanosti pri donošenju istih stoga je procjena rizika koja uključuje analizu nepouzdanosti parametara rizika ključna za upravljanje rizikom i smanjenje mogućih posljedica poplava.



2 Analiza nepouzdanosti parametara rizika

Donositelji odluka rijetko su svjesni nepouzdanosti u procjeni rizika što može rezultirati lošijom odlukom te je analiza nepouzdanosti ključna kako bi se donositelj odluke upoznao s mogućim posljedicama koje mogu nastati zbog nedostatka znanja, ograničenih podataka ili promjena u sustavu [6].

Pouzdana informacija o riziku neposredno prije pojave poplava može dati značajan doprinos u fazi odgovora sustava na katastrofu odnosno određivanju aktivnosti koje je potrebno provesti u svrhu upozorenja na nadolazeću poplavu, općoj razini odgovora sustava te smanjenju nesigurnosti. Preslaba reakcija sustava može dovesti do povećane štete i ljudskih žrtava dok pretjerana reakcija može prouzročiti prevelike troškove obrane.

2.1 Identifikacija i integracija nepouzdanosti

Prilikom procjene rizika od prirodnih katastrofa prisutni su različiti izvori nepouzdanosti koji se dijele na dvije osnovne skupine [7]:

- Prirodne nepouzdanosti
- Epistemične nepouzdanosti

Prirodne nepouzdanosti kod analiza poplava odnose se na prirodne varijabilnosti protoka, promjena u riječnom koritu vodotoka, utjecaju pritoka i sl. dok se epistemične nepouzdanosti odnose se na nedostatak znanja o pojedinim svojstvima sustava, pogreške u mjerenjima i modelima, procjeni potencijalne štete i sl. [8].

Kod procjene rizika od poplava u realnom vremenu, neposredno prije nailaska poplavnog vala, dominantu ulogu imaju epistemične nepouzdanosti. Temeljni ciljevi istraživanja su poboljšanje metodologije za prepoznavanje elemenata koji doprinose riziku i nesigurnosti te formiranje semantike sustava koja definira odnose i uloge pojedinih skupina nepouzdanosti u procjeni rizika. Konačni cilj istraživanja jest integracija nepouzdanosti u probabilistički model za propagaciju nepouzdanosti i procjenu rizika koji će služiti kao podrška donositeljima odluka.

Literatura

- [1] Bonacci O.: *Ekohidrologija vodnih resursa i otvorenih tokova*, Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split, Institut Građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 2003.
- [2] Tung K.Y., Yen B., Melching C.S.: *Hydrosystems Engineering Reliability Assessment and Risk Analysis*, McGraw-Hill, 2006.
- [3] DIREKTIVA 2007/60/EZ EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju rizicima od poplava
- [4] Kron W.: Flood Risk = Hazard • Values • Vulnerability, *WATER INTERNATIONAL*, 30:1 (2005), 58-68
- [5] Plate E. J.: Flood risk and flood management, *JOURNAL OF HYDROLOGY*, 267 (2002), 2–11.
- [6] Hall J.W., Harvey H.: Decision Making Under Severe Uncertainties For Flood Risk Management: A Case Study Of Info-Gap Robustness Analysis, *7th ISE & 8th HIC*, Chile, 2009
- [7] Beven K., Younger P., Freer J.: Struggling with Epistemic Uncertainties in Environmental Modelling of Natural Hazards, *Vulnerability, Uncertainty, and Risk*, United Kingdom, 2014
- [8] Apel H., Thielen A. H., Merz B., Blöschl G. (2004): Flood risk assessment and associated uncertainty, *NATURAL HAZARDS AND EARTH SYSTEM SCIENCES*, 4 (2004), 295–308



Statička i dinamička ispitivanja na čeličnim željezničkim mostovima

Janko Koščak (jkoscak@grad.hr)

Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za tehničku mehaniku

U okviru ovog rada prikazano je eksperimentalno istraživanje, u vidu statičkih i dinamičkih ispitivanja, čeličnih željezničkih mostova „Zorkovac“, „Ličanka“ i „Sava“. Na navedenim su mostovima provedena statička ispitivanja pod utjecajem probnog opterećenja, ali i dinamička ispitivanja u vidu određivanja osnovnih dinamičkih parametara. U okviru statičkih ispitivanja mjereni su vertikalni pomaci i relativne deformacije (naprezanja) rasponskih konstrukcija. Vertikalni pomaci mjereni su modificiranom metodom geometrijskog nivelmana te su na mostu „Sava“ još dodatno mjereni modificiranom metodom trigonometrijskog nivelmana. Nadalje, provedena su i dinamička ispitivanja te su određeni osnovni dinamički parametri koji su od velike važnosti za praćenje budućeg ponašanja mostova. Vlastite frekvencije mosta „Sava“ određivane su na dva načina, operacionalnom modalnom analizom te iz mjerenih vibracija robotiziranom totalnom stanicom. Eksperimentalno određeni vertikalni pomaci, relativne deformacije, vlastite frekvencije i modalni oblici određeni su u okviru istraživanja. Konačno, izrađeni su i numerički modeli mostova gdje su mjerene vrijednosti uspoređene s računskim.

1 Uvod

Zbog porasta prometnog opterećenja vozilima koja su danas u prometu, željezničke mostove „Savu“ i „Zorkovac“ bilo je potrebno ojačati, a na željezničkom je mostu „Ličanka“ zamijenjena cijela rasponska konstrukcija kako bi navedeni objekti zadovoljili današnje propise. Nakon sanacije, provedeno je eksperimentalno ispitivanje na mostovima kako bi se utvrdilo da li je izvedeno stanje građevina u skladu s projektiranim. Sva ispitivanja na mostovima u potpunosti su provedena prema smjernicama danim u normi HRN U.M1.046 – Ispitivanje mostova pokusnim opterećenjem [1].

Most „Sava“ je dvokolosiječni most preko 4 raspona ukupne dužine 306 m i širine 9,6 m. Statički sustav mosta jest slobodno oslonjena greda koja je na mjestu najvećeg raspona ojačana lukom (Langerova greda) [2]. Most „Ličanka“, koji se nalazi u Fužinama, željeznički je most s jednim kolosijekom preko 2 raspona ukupne duljine 70,72 m. Prije rekonstrukcije most je bio kontinuirani rešetkasti nosač, a nakon rekonstrukcije most je sandučasti nosač. Treći ispitivani most prikazan u ovom radu je most „Zorkovac“ preko rijeke Kupe. Most „Zorkovac“ je jednokolosiječni most preko dva raspona. Svaki raspon je rešetkasti luk duljine 46,0 m i statičkog sustava proste grede.

2 Eksperimentalno istraživanje i ispitivani parametri

Ispitivanja provedena na željezničkim mostovima bila su statička i dinamička. Sva statička ispitivanja provedena su pod utjecajem prometnog opterećenja u vidu lokomotiva i teretnih vagona. Za vrijeme statičkih ispitivanja, kompozicije vlakova postavljane su na različite lokacije mosta kako bi se postigle maksimalne vrijednosti unutarnjih sila te vertikalnih pomaka konstrukcije. Statička ispitivanja provedena su kroz više faza opterećenja i rasterećenja mostova, a u svakoj su fazi mjereni vertikalni pomaci modificiranom metodom geometrijskog nivelmana. Osim vertikalnih pomaka, za vrijeme statičkih ispitivanja mjerene su i relativne deformacije. Relativne deformacije mjerene su kontinuirano sa sustavom za prikupljanje podataka HBM MGCPPlus te frekvencijom uzorkovanja 2 Hz. Kontinuirano prikupljanje podataka omogućuje mjerenje relativnih deformacija prilikom sporih prolaza tračničkih vozila preko rasponske konstrukcije, na taj je način vrlo lako detektirati maksimalne vrijednosti unutarnjih sila od prometnog opterećenja.



Modalni parametri (vlastite frekvencije i modalni oblici) određivani su operacionalnom modalnom analizom (OMA). Pri tome su akceleracije mjerene u više točaka duž rasponske konstrukcije mosta za vrijeme ambijentalne pobude. Akceleracije su mjerene koristeći akcelerometre PCB Piezotronics koji su spojeni u sustav za prikupljanje podataka 3560C proizvođača Bruel & Kjaer. Prikupljanje i obrada podataka vršena je na osobnom računalu pomoću softwera „Pulse“. Obrada podataka uključuje brzu Fourierovu transformaciju (FFT) i dekompoziciju frekventnog područja (FDD) kako bi se iz funkcija u vremenskoj domeni mjenjenih akcelerometrima dobile funkcije u frekventnoj domeni s istaknutim vlastitim frekvencijama osciliranja, ali i oblici titranja konstrukcija. Detaljno objašnjenje obrade podataka može se naći u [3], [4]. Za razliku od operacionalne modalne analize, određivanje vlastitih frekvencija robotiziranom totalnom stanicom nije moguće pod utjecajem samo ambijentalne pobude. Iz tog su razloga, za vrijeme mjerenja, preko mosta prolazile kompozicije vlakova kako bi se prouzročilo osciliranje konstrukcije mosta. Nakon prolaska vlakova most oscilira većom amplitudom te je tada pomake točaka moguće mjeriti i robotiziranom totalnom stanicom [5].

U okviru eksperimentalnog istraživanja mosta „Sava“ mjereni su vertikalni pomaci rasponske konstrukcije u 30 točaka i relativne deformacije u kritičnim elementima na 16 mjernih mjesta. Za vrijeme dinamički ispitivanja akcelerometri su postavljeni na ukupno 42 mjerna mjesta.

Na mostu „Ličanka“ vertikalni pomaci su mjereni u 18 točaka, a relativne deformacije u 11 točaka. Treba napomenuti da na mostu „Ličanka“, u okviru dinamičkih ispitivanja, nisu određivani oblici osciliranja već samo vlastite frekvencije u jednoj točki rasponske konstrukcije.

Na mostu „Zorkovac“ vertikalni pomaci su mjereni u 20 točaka, relativne deformacije u 8 točaka te dinamički parametri u 18 točaka.

3 Zaključak

Eksperimentalno istraživanje sastojalo se od mjerenja vertikalnih pomaka, relativnih deformacija i dinamički parametara. Usporedba između računskih (iz numeričkog modela) i mjenjenih vrijednosti pokazuje njihovo dobro podudaranje. Nadalje, zaostale vrijednosti vertikalnih pomaka ispod su 15 % u svim točkama mosta čime su zadovoljeni kriteriji dani u [1]. Mjerene relativne deformacije, tj. naprežanja, pokazuju da svi kritični elementi ispitivanih mostova ostaju u elastičnom području prilikom svih faza statičkog i dinamičkog ispitivanja. Maksimalno izmjereno naprežanje (most „Sava“) iznosi 79,7 MPa što je oko 22,5 % od vrijednosti granice tečenja za čelik S355 od kojeg je most izgrađen.

Ispitivani dinamički parametri su od velike važnosti za buduće praćenje ponašanja građevina. Vrijednosti dinamičkih parametara dobivenih ispitivanjem su u očekivanim granicama i u skladu s računskim vrijednostima što znači da nisu zabilježena oštećenja mostova prilikom ispitivanja te da se mostovi ponašaju u skladu s proračunom. Vlastite frekvencije određivane robotiziranom totalnom stanicom dobro se poklapaju s vrijednostima određenim operacionalnom modalnom analizom.

Literatura

- [1] HRN.U.M1.046: „Ispitivanje mostova probnim opterećenjem“, Hrvatska nacionalna norma, 1984.
- [2] Marenić, A., Paar, R., Grgac, I., Damjanović, D.: „Monitoring of oscillations and frequency analysis of the railway bridge ‘Sava’ using robotic total station“, Proceedings of 3rd Joint International Symposium on Deformation Monitoring (JISDM), 2016.
- [3] Damjanović, D.: „Utjecaj temperature na dinamičke parametre građevinskih konstrukcija“ Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2010.
- [4] Brincker, R., Zhang, L., Andersen, P.: „Modal identification of output-only systems using frequency domain decomposition“, Smart Mater. Struct., vol. 10, 2001.
- [5] Psimoulis, P., Stiros, S.: „Measuring Deflections of a Short-Span Railway Bridge Using a Robotic Total Station“, J. Bridg. Eng., vol. 18, pp. 182–185, 2013.



Uspješno prenamijenjena *brownfield* područja u Europi

Lucija Lončar (l loncar@gfos.hr)
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku;
Građevinski fakulteta Osijek; Zavod za arhitekturu i urbanizam

Značenje pojma *brownfield* ima široku primjenu, koristi se u prostornom planiranju, razvojnom sektoru te u IT industriji, a ima više nadopunjenih definicije. Jedinstvena definicija pojma *brownfield* ne postoji, radi se o relativno novom pojmu koji se koristi u zadnja dva desetljeća na području Sjeverne Amerike i Europe, a najčešće se odnosi na napuštena industrijska ili trgovačka područja.

Cilj ovog rada je dati uvid u definiciju pojma *brownfield*, prikazati radne grupe koje se bave obnovom *brownfield* područja te dati uvid u suvremene pristupe rješavanja napuštenih industrijskih područja.

Termin *brownfield* je prvi put upotrijebljen u Sjedinjenim Američkim Državama 1992. Prema Agenciji za zaštitu životne sredine (U.S. EPA) "*Brownfield* su napuštene ili nedovoljno iskorištene industrijske ili trgovačke nekretnine gdje su širenje ili prenamjena zakomplicirani realnim ili mogućim onečišćenjem životne sredine." [1] Europska definicija *brownfield-a* prema radnoj grupi CLARINET je "*Brownfield* su lokacije, uključujući i pripadajuće zemljište, koje su bile prethodno upotrijebljene, koje su djelomično ili u potpunosti neiskorištene, imaju stvarne ili potencijalne probleme zagađenja, nalaze se pretežno ili djelomično u razvijenim urbanim područjima te zahtijevaju intervenciju kojom bi se vratile u korisnu upotrebu." [2] *Brownfield* područja najčešće se nalaze u centrima gradova na atraktivnim lokacijama, često daju identitet prostoru i pričaju o povijesti mjesta. Paralelno ovakva područja zagađuju tkivo grada jer se više ne koriste, a zbog njihove prijašnje namjene iza njih je ostalo zagađeno i onečišćeno tlo.

Prema položaju u gradskom tkivu karakteristične su tri podjele *brownfield-a*: u središnjem području (centar grada), na periferiji grada te u povijesnim zonama. Prema namjeni dijele se na: industrijske zone, vojne komplekse, površine rudarstva, željezničke komplekse, obalna područja te objekte javnih gradskih službi. [3]



Slika 1 – Pirelli Bicocca Area, stanje prije [4] i stanje poslije [5]

Državne i lokalne uprave diljem svijeta su zbog sve većeg rasta gradova i održive gradnje orijentirane prema regeneraciji *brownfielded* područja te stvaraju različite programe i strategije za njihovu obnovu. CLARINET (Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies) je bila združena akcija u okviru programa Europske komisije Opća uprava za istraživanje okoliša i klime, a koordinator je bila Umweltbundesamt, austrijska agencija za okoliš. Projekt je započeo 1. srpnja 1998.



godine i završio 30. lipnja 2001. godine. CLARINET je okupljao interdisciplinarnе znanstvenike, vladine stručnjake, konzultante, vlasnike industrijskih zemljišta i tehnološke programere iz šesnaest europskih zemalja. [6] CABERNET (Concerted action on brownfield and economic regeneration network) je bila mreža interdisciplinarnih stručnjaka koju je osnovala Europska komisija. Osnovana je 1. siječnja 2002. godine koja je sa radom završila 30. lipnja 2005. godine. U programu je sudjelovalo 49 lokalnih uprava, sveučilišta, agencija i gradova. [7]

Do sada najuspješniji program Europske unije za prenamjenu *brownfield* područja na prostoru Europske unije je TIMBRE (Tailored Improvement of Brownfield Regeneration in Europe). [8] Projekt je trajao od siječnja 2011. godine do lipnja 2014. godine. Za vrijeme trajanja projekta uspješno je prenamijenjeno 73 *brownfield* područja u deset država: Belgija, Češka, Danska, Francuska, Njemačka, Poljska, Slovačka, Rumunjska, Nizozemska i Italija.

Literatura

- [1] Lampen, E.: *Brownfield Remediation and Redevelopment*,. Preuzeto s: <https://brownfieldlistings.com/download/83/listing>, *zadnji pristup*: 21.07.2016.
- [2] U.S. EPA. 2003a. Brownfields Definition. U.S. EPA Brownfields Homepage. Available: <http://epa.gov/brownfields/index.html>, *zadnji pristup*: 16.08.2016.
- [3] Perovic, S.; Kurtović Folić, N.: *Braunfild regeneracija – imperativ za održivi urbani razvoj*, GRAĐEVINAR, Vol. 64 (2012) 5, pp.373-383
- [4] http://images2.corriereobjects.it/gallery/Motori/2012/10_Ottobre/pirelli/02/img_02/pirelli_12_672-458_resize.jpg?v=20121009182306, 10.08.2016.
- [5] <http://www.domusweb.it/content/dam/domusweb/en/architecture/2010/10/16/the-ethical-principle-of-bicocca>, 08.08.2016.
- [6] Common Forum on Contaminated land in Europe. Publications. Clarinet. Available: http://www.commonforum.eu/publications_clarinet.asp, *zadnji pristup*: 02.09.2016.
- [7] Concerted action on brownfield and economic regeneration network. Cordis. Available: http://cordis.europa.eu/project/rcn/60384_en.html, *zadnji pristup*: 02.09.2016.
- [8] Tailored Improvement of Brownfield Regeneration in Europe. Timbre. Cases. Available: <http://www.timbre-project.eu/home-51.html>, *zadnji pristup*: 08.09.2016.



Dynamic Testing Model Built Using Additive Manufacturing Technology (3d Printing)

Filip Manojlovski (filipmanojlovski@pluto.iziis.ukim.edu.mk)

University "Ss. Cyril and Methodius"; Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology

1 Introduction

The exponential development of existing and the rising of new comprehensive technologies bring the research and enthusiastic community possibilities to implement and further use tools and equipment that couldn't be imagined as that the years before. As one of the youngest, additive manufacturing, gives an opportunity to have an open mind when it comes to civil engineering, building real functional objects on a macro scale or small micro scale laboratory dynamic testing models either for seismic, wind or any other required purpose.

2 Additive manufacturing technology

Dating from the end of the last century, three dimensional printing was first introduced in 1980s, when Chuck Hull filled his patent [1] and started the revolution regarding printing industry. In a prototype system known as stereolithography, in which layers are added by curing photopolymers with ultraviolet light lasers, he managed to trigger the 3D printing technology that still develops nowadays. The widely accepted definition would be "a process used to synthesize a three dimensional object in which successive layers of material are formed under computer control to create an object" [2]. Several numbers of additive processes are now available; differencing each other by the way layers are deposited one over another to create parts and the materials they use. Ranging from techniques as extrusion, light polymerization, powder bed, laminated etc., and materials such as plastics, metal, rubber, ceramic, organic tissues, food etc. the opportunities that are offered are limitless.

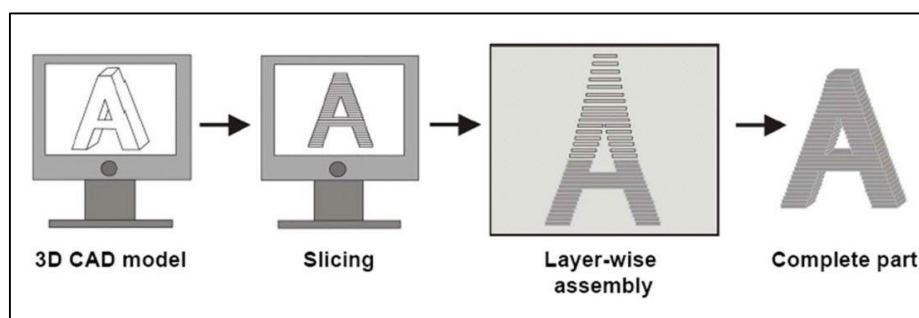


Figure 1 – Additive manufacturing procedure (source www.esa.int)

3 Dynamic testing 3D printed models

One of the countless fields for its use is earthquake engineering or more specifically experimental mechanics and the laboratory dynamic tests connected with experimental proof of seismic resistance civil engineering structures. Since the traditional way to build a scaled model requires a lot of manual labour, time consumption, unpredictable material behaviour the advantages that arise from additive manufacturing promise to seriously change and improve the current practice. The ability to adjust the



performance and the mechanical properties of the printed materials by adjusting the micro structure gives an opportunity to produce a small scale prototype model for dynamic testing. As stated in the work of X. Zheng [3] current technology can produce ultra-light and ultra-stiff micro lattices starting from 0.01mm thus allowing adjusting the properties in a wide range, only by designing the density of the micro lattices. Tests and results from similar perspective can be also seen in [4] and [5]. Hence the production of small scale model for dynamic testing due to seismic forces has no obstacles, considering the fact that the stiffness can be adjusted and the behaviour of the printed material is isotropic.

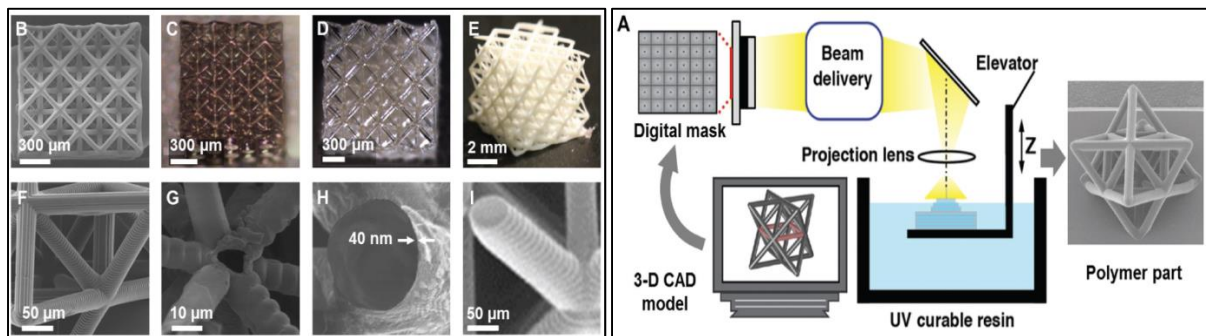


Figure 2 - left) Printed three dimensional lattices; right) printing process for production of micro lattices (source Zheng et al. "*Ultralight, ultrastiff mechanical metamaterials*")

4 Summary

The interdisciplinary approach and production of laboratory test models for any kind of dynamic test regarding seismic loading would inevitably lead to expansion of the knowledge in undeveloped countries where the huge equipment such as shaking tables are unaffordable. Further, it will cut the expenses for shaking table tests even for the operating laboratories, since the price for production and the scale of required equipment is reducing for sure.

Possibilities that can arise from this kind of experiments are numerous. Real scale objects such as residential buildings or bridges built from plastic, concrete or metal, structural control dampers for seismic or wind loadings, custom made recyclable scaffolding, short time recyclable shelters for disaster stroked areas and much more.

References

- [1] Chuck Hull, *Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography*. US PATENT 4575330 A, PD 1986
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing#History
- [3] Zheng et al., "*Ultralight, ultrastiff mechanical metamaterials*". AAAS (20 June 2014) 344:6190 pp. 1373-1377.
- [4] Kevin J. Maloney et al. "*Microlattices as architected thin films: Analysis of mechanical properties and high strain elastic recovery*". APL MATERIALS. **1**, 022106 (2013); doi: 10.1063/1.4818168
- [5] Hawreliak, J. A. et al. "*Dynamic Behavior of Engineered Lattice Materials*". *Sci. Rep.* **6**, 28094; doi: 10.1038/srep28094 (2016).



Pregled stanja istraživanja u području zaštite na radu u fazi projektiranja

Matej Mihić (matej.mihic@grad.hr)

Sveučilište u Zagrebu; Građevinski fakultet; Zavod za organizaciju i ekonomiku građenja

1 Uvod

Sigurnost radnika u građevinarstvu važan je faktor kojega treba uzeti u obzir ne samo u fazi građenja, nego i u fazi projektiranja. Istraživanja [1, 2] su pokazala da se značajan broj ozljeda na radu mogao izbjeći promjenama u projektu. Stoga, očekuje se da će daljnja istraživanja metoda povećavanja sigurnosti radnika na gradilištu u ranim fazama projekta, fazi koncipiranja i fazi projektiranja, smanjiti razinu opasnosti kojima su radnici izloženi u svojim svakodnevnim aktivnostima.

Značaj umanjavanja razina opasnosti vidljiv je iz činjenice da građevinska industrija najviše doprinosi statistikama smrtonosnih i teških ozljeda na radu [3] s 18,7% ukupnih smrtonosnih ozljeda u Sjedinjenim Američkim Državama [4] i 22,2% u Europskoj Uniji [5], 8,12% nesmrtonosnih ozljeda u SAD-u [6] i 13,2% u EU [5], dok je u građevinarstvu u SAD-u zaposleno samo 6,8% ukupne radne snage [7], a u EU 6,3% [8].

Regulativa u zemljama članicama EU propisuje provođenje mjera u fazi planiranja kojima je cilj osigurati minimalne rizike za zdravlje i sigurnost radnika kroz EU Direktivu [9] o implementaciji minimalnih zahtjeva zaštite na radu na privremenim i pokretnim gradilištima, kroz okvirnu EU Direktivu [10] o uvođenju mjera poticanja unapređenja zaštite na radu i kroz nacionalnu regulativu zemalja članica. Regulativa definira uloge koordinatora zaštite na radu (ZNR), čiji je zadatak osigurati da se pravila i najbolje prakse ZNR uzimaju u obzir u fazi projektiranja i da se provode na gradilištu.

2 Projektiranje za sigurnost (Design for Safety)

Informiranost projekatana o njihovom utjecaju na ZNR iznimno je važna za daljnji razvoj sigurnosti radnika na gradilištu, budući da je najveći mogući utjecaj na njihovu sigurnost u ranim fazama projekta, u fazama koncipiranja i projektiranja [11]. S ciljem povećanja angažmana projekatana pojavio se koncept projektiranja za sigurnost. To je koncept čiji je cilj eliminirati opasnosti kojima su radnici izloženi u svom radnom okruženju, na način da potiče projektante na izmjene u projektnoj dokumentaciji koje utječu na to da građevine budu sigurnije za graditi, koristiti i održavati te ga se stoga može smatrati kao princip izgrađivosti (engl. constructability) primijenjen na optimizaciju sigurnosti [12].

No nažalost, postoje značajne barijere koje sprječavaju veću angažiranost projekatana, kao primjerice [13, 14]: zabrinutost za pravne posljedice, nedostatak znanja o ZNR, dodatni troškovi, karakteristike ugovornih odnosa i načina izvođenja procesa gradnje, ograničena suradnja projektanta i izvođača prije početka gradnje te slabe ili nepostojeće zakonske obveze. Potencijalno najznačajnija barijera je nedostatak znanja o ZNR, budući da bez znanja o opasnostima za život i zdravlje radnika koje se mogu pojaviti, projektanti nisu u stanju udovoljiti zahtjevima projektiranja sigurnijih građevina. Iz tog su razloga mnogi istraživači tražili načine integracije inovativnih tehnologija u projektiranje i provođenje zaštite na radu na gradilištu kako bi olakšali i poboljšali praksu ZNR [15].

3 Dosadašnja istraživanja

Pregled literature kojeg je proveo Zhou [15] pokazao je da iako je broj objavljenih radova iz područja ZNR u građevinarstvu u porastu u posljednjih 10 godina, neka područja su i dalje nedovoljno istražena. Od



ukupno 439 pregledanih radova, 408 ih se odnosi na fazu izvođenja građevinskih radova i od 234 rada koji su fokusirani na projektnu razinu, 205 ih se odnosi na zgrade [15]. Veliki je nedostatak istraživanja vezanih uz rane faze projekta i uz ostale tipove građevina.

Istraživanja primjene inovativnih tehnologija prate isti trend porasta broja radova, kao i općenito istraživanja iz područja ZNR, uz značajan porast broja objavljenih članaka u zadnjih nekoliko godina [15], koji se prema tipu korištene tehnologije okvirno mogu klasificirati prema sljedećim skupinama [16]: Online baze podataka, Virtualna stvarnost (VR), Geografski informacijski sustav (GIS), 4D Computer Aided Design (4D CAD), Building Information Modelling (BIM), tehnike predviđanja opasnosti i upozoravanja, kao i kombinacije navedenih.

Primjeri takvih istraživanja su: Design for Construction Safety Toolbox, Construction Hazard Assessment with Spatial and Temporal Exposure (CHASTE), Construction Hazard Assessment Implication Review (CHAIR), Construction Job Safety Analysis (CJSA), CAVE Automatic Virtual Environment (CAVE), Construction Safety Ontology, Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules, Application of geographic information systems in construction safety planning, Natural language processing system automated content analysis i drugi.

4 Identifikacija opasnosti za život i zdravlje radnika

Građevinska industrija razlikuje se od ostalih industrija na dva načina. Jedan je da ima veliki broj nesreća malog značaja i s različitim izvorima opasnosti [15], a drugi je da je okarakterizirana mnogim jedinstvenim faktorima kao što su: česte promjene radnih grupa, izloženost vremenskim uvjetima, velik udio nekvalificirane i privremene radne snage te promjenama mjesta rada i uvjeta rada kroz vrijeme trajanja gradnje [17]. Zbog interakcije navedenih nezavisnih varijabli, u građevinarstvu je osobito problematično identificirati potencijalne opasnosti.

Identifikacija opasnosti je područje koje može imati koristi od integracije s inovativnim tehnologijama. Tradicionalno, proces identifikacije opasnosti izrađuje se na temelju 2D nacрта i građevinske dokumentacije [18, 19], a oslanja se na znanje i iskustvo stručnjaka za zaštitu na radu koji izrađuje procjenu opasnosti [18, 20]. Iz tih razloga cijeli proces je dugotrajan i podložan pogreškama [21].

Uzevši u obzir da je BIM [22] digitalni prikaz fizikalnih i funkcionalnih karakteristika građevine, koji služi kao zajednički izvor informacija o građevini i formira pouzdanu bazu podataka za odluke donesene kroz cijeli životni vijek građevine, potencijalno postoji mogućnost povezivanja BIM-a i ZNR na način koji bi omogućavao brzu i točnu identifikaciju opasnosti za život i zdravlje kojima su građevinski radnici izloženi pri izvođenju pojedinih aktivnosti.

5 Zaključak

Pregled istraživanja pokazao je značaj područja zaštite na radu u građevinarstvu kroz velik udjel građevinske industrije u ukupnom broju ozljeda i smrtnih slučajeva na radu. Većina istraživanja iz područja ZNR fokusirano je na fazu izvršenja, iako je pokazano da projektanti imaju velik utjecaj na sigurnost radnika pri izvršenju građevinskih aktivnosti.

Pojedine identificirane barijere povećanoj uključenosti projekatnata u ZNR mogu se ukloniti primjenom inovativnih tehnologija u fazi projektiranja. Jedna od mogućnosti je korištenje podataka dostupnih u BIM modelima građevine za identificiranje potencijalnih opasnosti za život i zdravlje radnika na gradilištu te tako umanjiti vjerojatnost pojave ozljeda na radu.



Literatura

- [1] Behm, M.: Linking construction fatalities to the design for construction safety concept, *Safety Science*, 43 (2005) 8, pp. 589-611
- [2] Gambatese, J. A., Behm, M. & Rajendran, S.: Design's role in construction accident causality and prevention: Perspectives from an expert panel, *Safety Science*, 46 (2008) 4, pp. 675-691
- [3] Rozenfeld, O., Sacks, R. & Rosenfeld, Y.: 'CHASTE': construction hazard assessment with spatial and temporal exposure, *Construction Management and Economics*, 27 (2009) 7, pp. 625-638
- [4] BLS. *National Census of Fatal Occupational Injuries in 2014*. Bureau of Labor Statistics; p. 14. 2015.
- [5] EUROSTAT. *Accidents at work statistics*. EUROSTAT. 2015.
- [6] BLS. *Nonfatal Occupational Injuries and Illnesses Requiring Days Away From Work, 2014*. Bureau of Labor Statistics. 2015.
- [7] BLS. *Labor Force Statistics from the Current Population Survey*. Bureau of Labor Statistics. 2016.
- [8] AMECO. *Annual macro-economic database*. Brussels: European Commission Economic and Financial Affairs. 2015.
- [9] 92/57/EEC. *Directive 92/57/EEC on the implementation of minimum safety and health requirements at temporary or mobile construction sites*. In: Communities TCotE, editor. Brussels: The Council of the European Communities. 1992.
- [10] 89/391/EEC. *Directive 89/391/EEC on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work - "Framework Directive"*. In: Communities TCotE, editor. Brussels: The Council of the European Communities. 1989.
- [11] Szymberski, R.: Construction project safety planning, *TAPPI Journal*, 80 (1997) 11, pp. 5
- [12] Toole, T. M. & Gambatese, J.: The Trajectories of Prevention through Design in Construction, *Journal of Safety Research*, 39 (2008) 2, pp. 225-230
- [13] Toole, T.: Increasing Engineers' Role in Construction Safety: Opportunities and Barriers, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 131 (2005) 3, pp. 199-207
- [14] Gambatese, J., Behm, M. & Hinze, J.: Viability of Designing for Construction Worker Safety, *Journal of Construction Engineering and Management*, 131 (2005) 9, pp. 1029-1036
- [15] Zhou, Z., Goh, Y. M. & Li, Q.: Overview and analysis of safety management studies in the construction industry, *Safety Science*, 72 (2015) pp. 337-350
- [16] Zhou, W., Whyte, J. & Sacks, R.: Construction safety and digital design: A review, *Automation in Construction*, 22 (2012) pp. 102-111
- [17] Rozenfeld, O., Sacks, R., Rosenfeld, Y. & Baum, H.: Construction Job Safety Analysis, *Safety Science*, 48 (2010) 4, pp. 491-498
- [18] Zhang, S., Teizer, J., Lee, J.-K., Eastman, C. M. & Venugopal, M.: Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules, *Automation in Construction*, 29 (2013) pp. 183-195
- [19] Hadikusumo, B. H. W. & Rowlinson, S.: Integration of virtually real construction model and design-for-safety-process database, *Automation in Construction*, 11 (2002) 5, pp. 501-509
- [20] Zhang, S., Sulankivi, K., Kiviniemi, M., Romo, I., Eastman, C. M. & Teizer, J.: BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning, *Safety Science*, 72 (2015) pp. 31-45
- [21] Kim, K. & Cho, Y.: BIM-Based Planning of Temporary Structures for Construction Safety *Computing in Civil Engineering 2015*, American Society of Civil Engineers, 436-444, 2015.
- [22] NIBS. *National BIM Standard - United States Version 3*. National Institute of Building Sciences buildingSMART alliance. 2015.



Diskretni model za slom u stijeni

Mijo Nikolić (mijo.nikolic@gradst.hr)

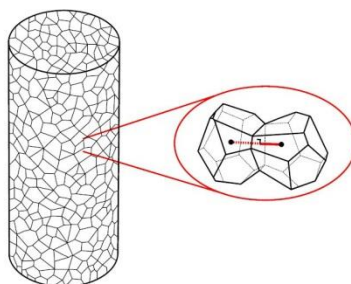
Sveučilište u Splitu; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije; 21000 Split

1 Uvod

U ovome radu prikazati će se diskretni model za slom u mehanici stijena, razvijen za simuliranje ravninskih stanja [1], prostornih stanja [2] i protoka tekućine kroz pukotine stijene [3-4]. Također je upotrijebljen za analizu utjecaja nepravilnosti geometrije uzoraka na jednoosnu tlačnu čvrstoću stijene [5].

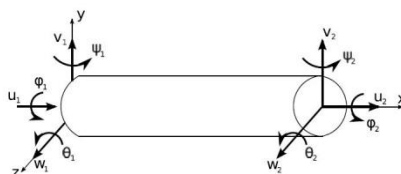
2 Opis modela

Navedeni model je razvijen za simuliranje mezo skale stijene na kojoj je moguće uključiti heterogenosti materijala preko Gaussove distribucije materijalnih parametara ili prikazati stijenu kao višefazni materijal s početnim oslabljenjima i intaktnom stijenom. Zbog toga je preuzet diskretni rešetkasti pristup kao osnova za razvoj modela, u kojem se pojavljuju Voronoi ćelije koje mogu prikazati zrnatu strukturu stijene i kohezivne veze koje spajaju centar svake Voronoi ćelije sa susjednim ćelijama (Slika 1).



Slika 1 – Voronoi ćelije kao zrna materijala pridržane kohezivnim vezama

U prikazanom modelu, kohezivne veze su modelirane pomoću Timoshenkovih greda koje mogu prenijeti uzdužnu i posmičnu silu, te moment (Slika 2). Kriterij loma se provjerava za svaki element u sustavu i temelji se na usporedbi trenutnog napreznja i napreznja koje je definirano kao granica pucanja za stijenu.



Slika 2 – Timoshenkova greda kao kohezivna veza

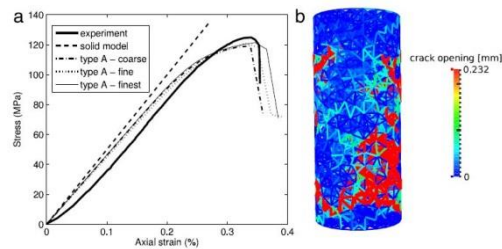
Nakon što se ostvario kriterij sloma, aktivira se ugrađeni diskontinuitet u kohezivnoj vezi, koji služi za simulaciju skoka u polju pomaka unutar konačnog elementa grede. Kao rezultat diskontinuiteta u gredi, dolazi do razmicanja Voronoi ćelija i otvaranja pukotine.



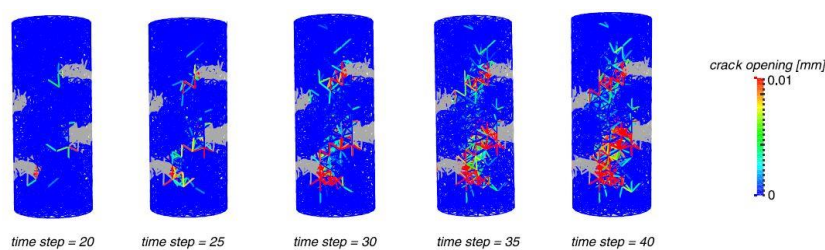
3 Rezultati

Prikazan je rezultat za jednoosni tlačni test na standardiziranom stijenskom uzorku. Makroskopska krivulja dobivena modelom se podudara s eksperimentalnim rezultatom. Prikazano je stanje pukotina na kraju testa (Slika 3).

Na slici 4 uzorak je modeliran kao dvofazni, s početnim oslabljenjima i intaktnom stijenom. Pod opterećenjem, pukotina počinje propagirati od oslabljenih dijelova, spaja se i dovodi uzorak do potpunog sloma.



Slika 3 – Rezultat jednoosnog tlačnog testa



Slika 4 – Propagacija pukotine od oslabljenih dijelova stijene

Literatura

- [1] Nikolic, M., Ibrahimbegovic, A., Miscevic, P: Brittle and ductile failure of rocks: embedded discontinuity approach for representing mode I and mode II failure mechanisms, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 102 (2015), pp. 1507-1526
- [2] Nikolic, M., Ibrahimbegovic, A.: Rock mechanics model capable of representing initial heterogeneities and full set of 3D failure mechanisms, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 290 (2015), pp. 209-227
- [3] Nikolic, M., Ibrahimbegovic, A., Miscevic, P.: Discrete element model for the analysis of fluid saturated fractured poro-plastic medium based on sharp crack representation with embedded strong discontinuities, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 298 (2016), pp. 407-427
- [4] Nikolic, M., Ibrahimbegovic, A., Miscevic, P.: Modelling of internal fluid flow in cracks with embedded strong discontinuities, in Vol 41 of *Computational Methods in Applied Sciences* (ed. Ibrahimbegovic, A.), 2016, pp. 315-341
- [5] Stambuk-Cvitanovic, N., Nikolic, M., Ibrahimbegovic, A.: Influence of specimen shape deviations on uniaxial compressive strength of limestone and similar rocks, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 80 (2015), pp. 357-372



Improved Assessment and Design Approaches for Steel Moment Frames under Realistic Earthquake Loading

Borjan Petreski (borjan@pluto.iziis.ukim.edu.mk)

University "Ss. Cyril and Methodius"; Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology

1 Introduction

The moment resisting frames (MRF) are one of the three main structural steel typologies used for seismic design of steel frames with the other two being the concentrically and eccentrically braced frames (CBF and EBF). The MRFs are characterized as the most ductile structural type possessing a large number of possible dissipative zones, following the fact that plastic hinges can develop in the beams and the columns, and considering that the other two structural types involve braces as structural elements which reduce the effect of any lateral loading acting on them. Possessing the feature of being the most ductile type, these structures exhibit very large deflections before the structural damage occurs. In this research paper an improved approach for evaluating the steel moment frames' behaviour is implemented in order to tackle the deficiency in the assessment of this type of structures. Using the finite element program OpenSees, a six story – three bay moment resisting frame is modelled.

2 Definition of models and analysis procedures

Firstly, the modelling is performed using the nonlinear beam - column elements with distributed plasticity for both the beams and the columns. These elements permit the spread of plasticity along the element using pre-defined number of Gauss points and are quite useful for capturing the axial force-moment interaction. On the other hand, their main characteristic is the fibre discretization which is very sensitive and needs pre-calculations and additionally the stiffness deterioration phenomenon cannot be modelled. In fact, the material used for modelling of these elements is a bilinear steel material.

Consequently, the same frame model is developed using the elastic beam - column elements ending with zero-length plastic hinges modelled by a stiffness deteriorating steel material developed by Ibarra, Medina & Krawinkler (2005) and referred to as Ibarra - Krawinkler (IK) model, presented in Fig. 1. The only shortcoming from the use of these elements is that they are not capable of capturing the force-moment interaction. However, that is overcome by modelling the columns as previously (as nonlinear beam - columns) and have them incorporate the axial force-moment interaction.

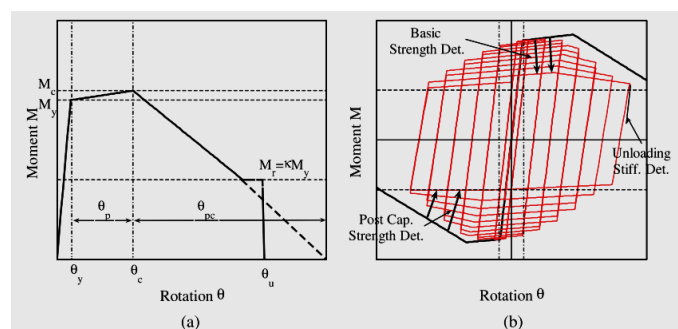


Figure 1 – IK deterioration model: (a) monotonic curve; (b) basic modes of cyclic deterioration and associated definitions [2]

Two sets of seven acceleration records are chosen as realistic earthquake loading to represent the medium seismicity and high seismicity scenarios. They are extracted from the database and scaled to match the EC8 elastic spectra for the two hazard scenarios with $PGA = 0.25g$ and $PGA = 0.35g$. The files containing the acceleration-time history are incorporated into the OpenSees analysis models and run with the software in order to obtain the required structural response parameters.

3 Concluding remarks

The lumped and distributed plasticity models' drift demands vary differently at different performance levels investigated. In general, the lumped plasticity model experiences greater drift demand which might be negligible within the lower loading intensity degrees. The main difference between the models is evaluated to occur at greater levels of inelasticity represented with more intense seismic loads and roof drift value of around 3%. That value presents the global frame's deformation zone when the strength and stiffness deterioration property of the lumped plasticity hinge regions occurs and starts deviating the structure's response from the one modelled following the distributed plasticity approach (as presented via the pushover curves in Fig. 2).

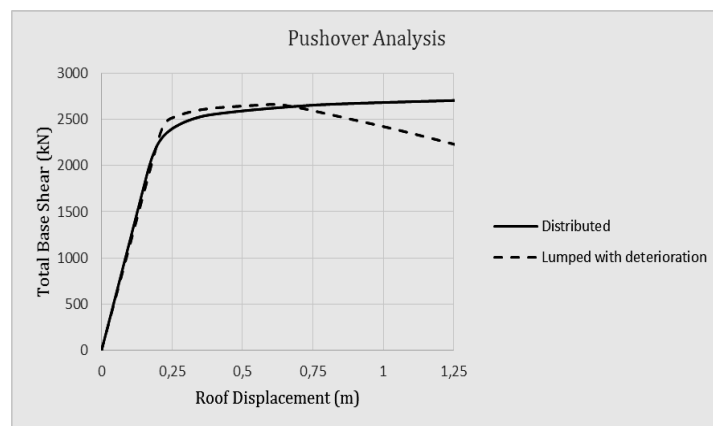


Figure 2 – Pushover curves of the investigated models

Finally, general compliance of the models with previous study parameters and design codes provisions is observed. The elastic behaviour of the structure satisfies the code limitations which it is being designed for with a space for minor optimization available.

References

- [1] Elghazouli, A.: Assessment of European seismic design procedures for steel framed structures, BULLETIN OF EARTHQUAKE ENGINEERING, Vol. 8 (2010) 1, pp. 65-89.
- [2] Ibarra, L. F., Medina, R. A. & Krawinkler, H.: Hysteretic models that incorporate strength and stiffness deterioration, EARTHQUAKE ENGINEERING AND STRUCTURAL DYNAMICS, Vol. 34 (2005) 12, pp. 1489-1512.
- [3] Kumar, M., Stafford, P. & Elghazouli, A.: Influence of ground motion characteristics on drift demands in steel moment frames designed to Eurocode 8, ENGINEERING STRUCTURES, Vol. 52 (2013), pp. 502-517.



Utjecaj recikliranih polimernih vlakana iz otpadnih guma na volumenske deformacije cementnih kompozita

Martina Pezer (mpezer@grad.hr)
Sveučilište u Zagrebu; Građevinski fakultet; Zavod za materijale

1 Motivacija za istraživanje

Volumenske promjene cementnih kompozita započinju ubrzo nakon ugradnje, pri čemu promjene koje se dogode u prvih 24 sata starosti kompozita mogu imati značajan utjecaj na svojstva u očvrslom stanju. Naime, volumenske deformacije u ranoj starosti, ponajprije autogeno i plastično skupljanje, uzrokuju nastanak mikropukotina u cementnim kompozitima koje se tijekom eksploatacije mogu povećati/proširiti, a time dovesti do većeg rizika prodiranju agresivnih tvari iz okoliša u mikrostrukturu kompozita. Za smanjenje skupljanja u cementnim kompozitima, obično se dodaju polipropilenska vlakna. Za kontrolu pukotina uzrokovanih plastičnim skupljanjem najvažniji parametri su volumenski udio polipropilenskih (PP) vlakana i njihov promjer [1]. Dulja vlakna i manjeg promjera učinkovitija su od kraćih vlakana većeg promjera, dok se bolja kontrola pukotina postiže s fibriliranim vlaknima u odnosu na monofilamentna. Također, kombinacijom PP vlakana različitih duljina (6 - 20 mm) postiže se poboljšanje ponašanja betona tijekom plastičnog skupljanja u odnosu na mješavine s vlaknima jedne duljine [1]. PP vlakna imaju također utjecaj na smanjenje vrijednosti autogenog skupljanja. Istraživanje različitih volumenskih udjela PP vlakana, 0,25, 0,5 i 0,75 %, pokazalo je da je moguće smanjiti autogeno skupljanje nakon 24 sata za 5, 15 i 26 %, u odnosu na običan beton [2]. Pozitivan utjecaj PP vlakana zabilježen je i za vrijednost ograničenog skupljanja [1]. Poboljšano svojstvo ograničenog skupljanja je izuzetno bitno, jer ograničenja u realnim uvjetima mogu biti uzrokovana susjednim elementima, vlastitom krutošću i geometrijom betona ili najčešće armaturom u betonu.

Jedan od novijih pravaca koji se istražuje jest upotreba otpadnih guma i njezinih sastavnih dijelova u tehnologiji proizvodnje betona. Odbačena guma veliki je ekološki problem današnjice zbog njenog sporog procesa razgradnje u prirodi. Odlagališta guma mogu biti opasna ne samo zbog potencijalnog ugrožavanja okoliša i opasnosti od požara nego i zbog stvaranja podloge za razmnožavanje štetnih glodavaca i insekata. Zbog dugotrajnog procesa razgradnje i negativnog učinka na okoliš, EU Direktiva 1999/31/EC definira način gospodarenja otpadnim gumama i zaključno s 2006. godinom u potpunosti zabranjuje bilo koju vrstu odlaganja otpadnih guma. U Republici Hrvatskoj Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva donijelo je 2006. godine Pravilnik o gospodarenju otpadnim gumama. Pravilnik ima za cilj uspostavljanje sustava skupljanja otpadnih guma radi oporabe u materijalne i energetske svrhe te zaštite okoliša. Hrvatska je nacionalne propise harmonizirala s EU Direktivama u pogledu postupanja s otpadnim gumama. U Hrvatskoj bi se 70 % otpadnih guma trebalo reciklirati, dok se 30 % može koristiti u energetske svrhe. Naime, istrošene automobilske gume su otpad koji mehaničkom reciklažom postaje vrijedna sirovina (80 % gumene granule, 15 % čelična i 5 % polimerna vlakna) za pripremu novih betonskih proizvoda s dodanom vrijednosti. Za potrebe građevinarstva trenutačno se koristi samo 5 % recikliranih otpadnih guma. Mogućnosti za njihovu primjenu mnogo su veće i kada se tome pridoda da je industriji betona cilj pronaći alternativne izvore sirovina, čime bi se smanjio negativan utjecaj proizvodnje sastojaka betona na okoliš i očuvali prirodni resursi, oni postaju još zanimljivija sirovina za razvoj novih tehnologija. Dosadašnjim opsežnim istraživanjima došlo se do primjene gumenog granulata i recikliranih čeličnih vlakana u cementnim kompozitima te su u suradnji s industrijskim partnerima na Građevinskom fakultetu u Zagrebu razvijena dva inovativna proizvoda s njihovom primjenom [3]. Trenutno je glavni izazov pronaći prednost primjene recikliranih polimernih vlakana u cementnim kompozitima. Zbog svoje male mase i mogućnosti raznošenja vlakana vjetrom te



njihove zapaljivosti, vlakna predstavljaju veliki problem za odlaganje. Jedino trenutno rješenje za njihovo zbrinjavanje je spaljivanje prilikom proizvodnje cementa. Budući da su polimerna vlakna dobivena reciklažom otpadnih guma sličnih dimenzija kao i industrijski dobivena PP vlakna, došlo se do spoznaje o mogućnosti zamjene industrijskih PP vlakana vlaknima dobivenim reciklažom otpadnih guma. Preliminarni rezultati su pokazali da mješavine s recikliranim polimernim vlaknima nemaju negativni utjecaj na mehanička svojstva u usporedbi s mješavinom bez vlakana te mješavinom s polipropilenskih vlaknima (PP, 1 kg/m³) [4]. Najznačajniji pozitivan utjecaj dodatka recikliranih polimernih vlakana je na volumenske deformacije u ranoj starosti. Iz preliminarnih rezultata dobivenih na ograničenom broju betonskih mješavina, može se zaključiti da je ukupno autogeno skupljanje mješavina s recikliranim polimernim vlaknima manje od autogenog skupljanja običnog betona [4].

2 Preporuka za daljnje istraživanje

Preporuka za daljnja istraživanja je usmjerena na pronalaženje metodologije pročišćavanja recikliranih polimernih vlakana jer vlakna kao nusprodukt reciklaže otpadnih guma sadrže veliku količinu gumenog granulata. Cilj daljnjih istraživanja treba biti usmjeren na karakterizaciju recikliranih polimernih vlakana prije i nakon pročišćavanja te utvrđivanje količine gumenog granulata u uzorku prije i nakon pročišćavanja. Također je potrebno kvantificirati strukturu cementnih kompozita s recikliranim polimernim vlaknima nastalima reciklažom otpadnih guma s posebnim naglaskom na volumenske deformacije u ranoj starosti, definirati utjecaj pročišćavanja vlakana na volumenske deformacije cementnih kompozita u ranoj starosti te ocijeniti mogućnosti zamjene industrijskih polipropilenskih vlakana s recikliranim polimernim vlaknima iz otpadnih guma na osnovi ispitanih svojstava.

Literatura

- [1] Baricevic, A., Pezer, M., Stirmer, N.: Utilization of polypropylene fibre reinforced cement composites as a repair material: a review. *Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting IV - Proceedings of the 4th International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting (ICRRR-4)*, Leipzig, Germany, October 5-7, 2015, Dehn, F., Beushausen, H. - D., Alexander, M. G., Moyo, P. (eds.), Taylor & Francis Group, pp. 465-472, 2015.
- [2] Saje, D., Bandelj, B., Sustersic, J., Lopatic, J., Saje, F.: Autogenous and Drying Shrinkage of Fibre Reinforced High-Performance Concrete, *JOURNAL OF ADVANCED CONCRETE TECHNOLOGY*, 10 (2012), pp. 59 – 73.
- [3] Serdar, M., Baricevic, A., Lakusic, S., Bjegovic, D., Special purpose concrete products from waste tyre recyclates, *GRADJEVINAR – JOURNAL OF THE CROATIAN ASSOCIATION OF CIVIL ENGINEERS*, 65 (2013), pp. 793–801.
- [4] Serdar, M., Baricevic, A., Jelcic Rukavina, M., Pezer, M., Bjegovic, D., Stirmer, N.: Shrinkage Behaviour of Fibre Reinforced Concrete with Recycled Tyre Polymer Fibres, *INTERNATIONAL JOURNAL OF POLYMER SCIENCE*, Vol. 2015 (2015), Article ID 145918, 9 pages.



Primjena fraktalnih interpolacijskih funkcija u prikazu površine asfaltnog kolnika

Ivana Pranjic (ivana.pranjic@uniri.hr)

Sveučilište u Rijeci; Građevinski fakultet; Zavod za prometnice, organizaciju i tehnologiju građenja i arhitekturu

1 Fraktalna interpolacija

Interpolacija predstavlja rekonstrukciju nepoznate funkcije pomoću poznatih funkcijskih vrijednosti u određenom broju točaka koje se nazivaju interpolacijskim čvorovima [1]. Primjena različitih interpolacijskih tehnika vrlo je česta u inženjerskom djelovanju, a izbor interpolacijske tehnike ovisi o prirodi problema koji se na taj način želi riješiti. Konvencionalne interpolacijske funkcije kao što su polinomi, spline funkcije, eksponencijalne, trigonometrijske i druge funkcije daju interpolante koji su konačno diferencijabilni, dok je za prikaz određenih vrsta inženjerskih podataka uputnije koristiti funkcije koje nisu glatke [1]. Primjer takvih funkcija su fraktalne interpolacijske funkcije.

Fraktalne interpolacijske funkcije temelje se na teoriji fraktala. Fraktali su geometrijski objekti necjelobrojne dimenzije koji posjeduju osobinu samosličnosti, što znači da su slični sami sebi neovisno o stupnju uvećanja i području na kojemu se pojedini fraktal promatra [2]. Fraktali u prirodi nastaju slučajno, dok je njihova matematička konstrukcija moguća iterativno preslikavanjem te rotacijom i translacijom originalnog objekta, te rekurzivno putem matematičke formule koja definira pripadnost točke prostora nekom skupu točaka [3].

Konstrukcija fraktalnih interpolacijskih funkcija temelji se na teoriji iterativnog funkcijskog sustava. Iterativni funkcijski sustav (1) sastoji se od definiranog metričkog prostora K omeđenog zatvorenim intervalima koji su definirani graničnim vrijednostima na apscisi i ordinati Kartezijeva koordinatnog sustava i konačnog skupa kontinuiranih preslikavanja W_n koja se definiraju konstitutivnim jednadžbama preslikavanja [1]. Iterativni funkcijski sustav posjeduje jedinstven atraktor, odnosno ravnotežno stanje, koji je graf neprekidne funkcije koja se naziva fraktalna interpolacijska funkcija (2). Takva funkcija nije definirana eksplicitnim analitičkim izrazom već funkcionalnom jednadžbom određenom upravo iterativnim funkcijskim sustavom [3].

$$IFS = \{K, W_n; n=1,2,\dots,N\} = \{I \times Y, \cup W_n; n=1,2,\dots,N\} \quad (1)$$

$$g(L_i(x)) = F_i(x, g(x)) = \alpha_i g(x) + q_i(x), i=1,\dots,N \quad (2)$$

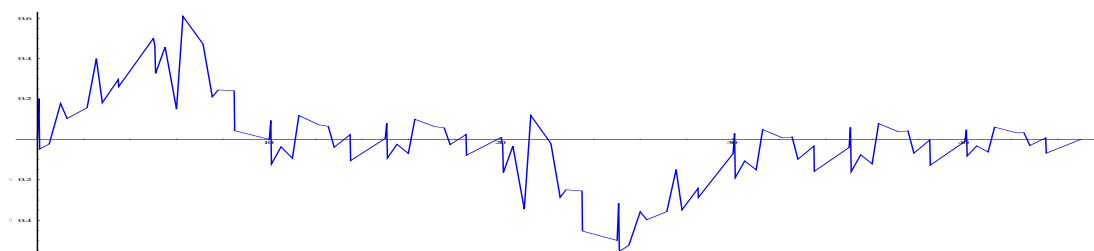
Za primjenu fraktalne interpolacije u ravnini obično se koriste preslikavanja afinog karaktera kojima se graf fraktalne interpolacijske funkcije dobiva primjenom jednostavnih transformacija kao što su translacija, rotacija i skaliranje (3). U slučaju da su preslikavanja kontraktivna, što znači da su preslikani objekti manji od originala, iterativni funkcijski sustav naziva se hiperboličnim [4]. Parametri afinog preslikavanja a_n, c_n, e_n, f_n određuju se iz poznatih koordinata interpolacijskih čvorova, dok se faktori vertikalne kontrakcije s_n odabiru na način da je atraktor iterativnog funkcijskog sustava smješten u definiranom metričkom prostoru [5].

$$w_n \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_n & 0 \\ c_n & s_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_n \\ f_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

2 Prikaz površine asfaltnog kolnika pomoću fraktalne interpolacije

Površinska struktura asfaltnih kolnika može se opisati pomoću tri različite razine teksture, mikroteksture, makroteksture i megateksture. Tekstura kolnika ima izravan utjecaj na realizaciju trenja u interakciji vozila i kolnika i važan je čimbenik sigurnosti cestovnog prometa. Analizirajući svojstva površine kolnika s obzirom na geometrijske karakteristike može se zaključiti kako je tekstura kontinuirano nepravilna te se takav „nepravilan“ uzorak ponavlja neovisno o razini teksture koja se promatra [6]. Ovo svojstvo ukazuje na fraktalnu prirodu površine asfaltnog kolnika i mogućnost korištenja fraktalnih interpolacijskih funkcija za njezin prikaz.

Za konstrukciju fraktalne interpolacijske funkcije koja će prikazivati površinu kolnika potrebno je definirati odgovarajući iterativni funkcijski sustav, odnosno metrički prostor i jednadžbe afinog preslikavanja. Interpolacijski čvorovi pomoću kojih se određuju granice metričkog prostora i parametri afinog preslikavanja u ovom su slučaju vrijednosti dubine teksture na mikro i makro razini zadane u određenom rasponu vrijednosti te njihova gustoća odnosno valna duljina. Na taj način moguće je fraktalnim interpolacijskim funkcijama opisati površinu kolnika karakterističnih vrijednosti teksture na mikro i makro razini koje definiraju u kojoj je mjeri kolnik istrošen. Primjerice, ukoliko je dubina mikroteksture prosječno 0.05 mm a makroteksture veća od 1 mm kolnik ima dobra svojstva hrapavosti [6].



Slika 6 – Površinska tekstura asfaltnog kolnika prikazana fraktalnom interpolacijskom funkcijom, primjer preuzet iz [6] i izrađen u softveru Wolfram Mathematica

Uporaba fraktalne interpolacije za prikaz površine kolnika moguća je i u eksperimentalnom radu, gdje se mjerenjem dubine teksture u definiranom broju točaka na asfaltnom uzorku mogu definirati teksturalna svojstva veće površine. Poseban potencijal leži u mogućnosti aproksimacije mikroteksture koja je teško mjerljiva standardnim uređajima za utvrđivanje površinske hrapavosti kolnika.

Literatura

- [1] Navascués, M. , Chand, A. , Veedu, V., Sebastián, M.: Fractal Interpolation Functions: A Short Survey, Applied Mathematics, 5(2014), pp.1834-1841.
- [2] Brdar,K., Dobrinić,M., Joskić,R.: Fraktali-Seminarski rad; Sveučilište u Zagrebu, FKIT, Zavod za matematiku (2012)
- [3] Gayatri, R.: Fractal interpolation, Master of Science Thesis; University of Central Florida, Orlando, Florida, SAD,(2008)
- [4] Lapaine, M: Geometrijske interpretacije afinog preslikavanja, Geodetski list,1(2015), pp.41-55
- [5] Dalla, L., Drakopoulos, V.: On the Parameter Identification Problem in the Plane and the Polar Fractal Interpolation Functions, Journal of Approximation Theory, 101 (1999), pp.289-302
- [6] Panagouli, O.K., Kokkalis, A.G.: Skid Resistance and Fractal Structure of Pavement Surface, Chaos, Solitons&Fractals, Vol.9 (1998),3, pp.493-505



Building Information Modeling in Education

Zoran Pučko (zoran.pucko@um.si)

Faculty of Civil Engineering, Transportation Engineering and Architecture;
University of Maribor, Slovenia

1 Introduction

BIM is a modern treatment process of construction projects and in some countries it has been used for many years. In Slovenia, we are intensively preparing for the introduction and our faculty some time ago quite recognized the advantages of BIM. Because the information in connection with the execution of construction projects is very important, especially the building cost and time, we at the Chair of Construction Management, Technology and Economics are focused on 4D and 5D BIM. Therefore, we include in some subjects specific content of BIM in the education process.

Thus, for example, on the subject Management of Construction Projects, each year students are dealing with a new real construction project and develop a 4D and 5D building information model. Students' interest in in-depth studies in this field is very large and results in many final works. Below we will present some of these works.

2 Students' final work

2.1 Student Andrej Lešnik, diploma thesis entitled: TIME AND COST ANALYSIS OF BUILDING CONSTRUCTION WITH WIENERBERGER WALL SYSTEMS BY THE SUPPORT OF BIM

The thesis presents and analyses two wall systems of different thicknesses of the manufacturer Wienerberger Opekarna Ormož d.o.o. The discussed wall systems Porotherm S and Porotherm PROFI have a specific implementation technology and integrated elements. We performed the analysis with the help of building information modelling (BIM). We developed two basic 3D models of load-bearing walls, of which each has six variants of models of load-bearing walls, which vary according to the thickness of the wall, the used wall system, and whether there are openings in the wall or not. We then performed a time and cost analysis.

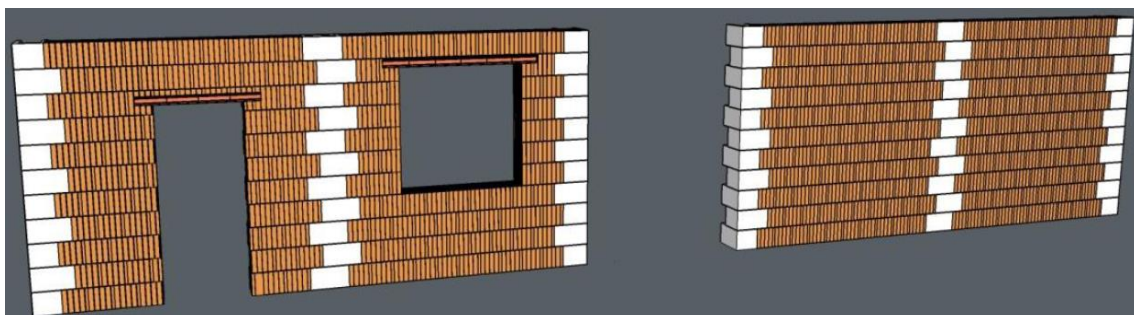


Figure 1 – Two basic 3D models of load-bearing walls



Zidni sistem	Zap. številka	Ime modela	Čas		Strošek		Čas + strošek [%]
			[ur]	[%]	[€]	[%]	
Porotherm S	1.	S25	13,82	83,35	527,72 €	60,61	143,96
	2.	S25 O	14,03	84,62	457,55 €	52,55	137,17
	3.	S30	14,94	90,11	658,16 €	75,59	165,70
	4.	S30 O	15,44	93,12	561,04 €	64,43	157,56
	5.	S38	16,48	99,4	835,99 €	96,01	195,41
	6.	S38 O	16,58	100	710,12 €	81,56	181,56
Porotherm PROFI	7.	P25	6,02	36,31	630,79 €	72,45	108,75
	8.	P25 O	6,86	41,38	532,48 €	61,15	102,53
	9.	P30	7,67	46,26	770,41 €	88,48	134,74
	10.	P30 O	8,98	54,16	647,42 €	74,36	128,52
	11.	P38	8,4	50,66	870,71 €	100	150,66
	12.	P38 O	9,53	57,48	718,51 €	82,52	140,00

Figure 2 – Final time and cost analysis for all twelve variants (in Slovenian)

2.2 Student Anja Pavličič, master's thesis entitled: USE OF THE VICO OFFICE SOFTWARE FOR THE 4D AND 5D INFORMATION MODELING FOR BUILDING EXTERNAL WALLS OF THE RESIDENTIAL OBJECT IN LJUTOMER

This master's thesis addresses 4D and 5D information modelling in the Vico Office R5.2 software (Trimble, 2012) for building external walls of the residential object in Ljutomer (residential block in Ljutomer F-B). The final result of the thesis is cost and time comparison of building different kinds of bearing walls and comparison of different compositions of external walls in the Vico Office R5.2 software, as well as the energetic calculation of building of relevant compositions of external walls in PHPP software (Passive House Institute, 1998-2012), while taking into account three different factors »U«, $U_1=0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_2=0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ and $U_3=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$. In the end, based on the obtained results, we offered the decision which kind of bearing walls and the composition of external walls to choose for the optimal cost, time and energy consumption in the building.

In the first five chapters we described the theoretical basics of construction projects cost and time analyses, we presented a multi-dwelling residential building in Ljutomer (residential block in Ljutomer F-B), which was considered in calculations, and we presented the chosen composition of external walls while taking into account three different factors »U«, and described the technologies of their construction. In the sixth chapter we performed cost analyses of external walls construction of a multi-dwelling residential building in Ljutomer and based on analyses using the Vico Office R5.2 software we created a cost (5D) and time (4D) information modelling of residential objects. The results and comparisons are summarized in the seventh chapter. Conclusions and final findings are given in the last chapter of this master's thesis.



Figure 3 – 3D model of the residential object in Ljutomer

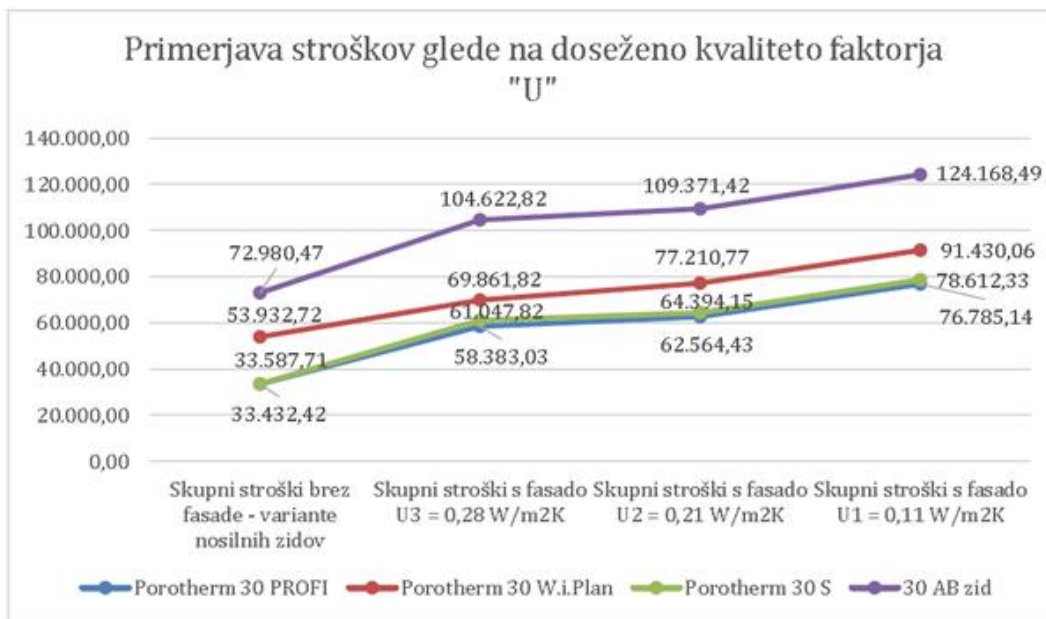


Figure 4 – Final result of cost comparison of building different compositions of external walls and three different factors »U« (in Slovenian)

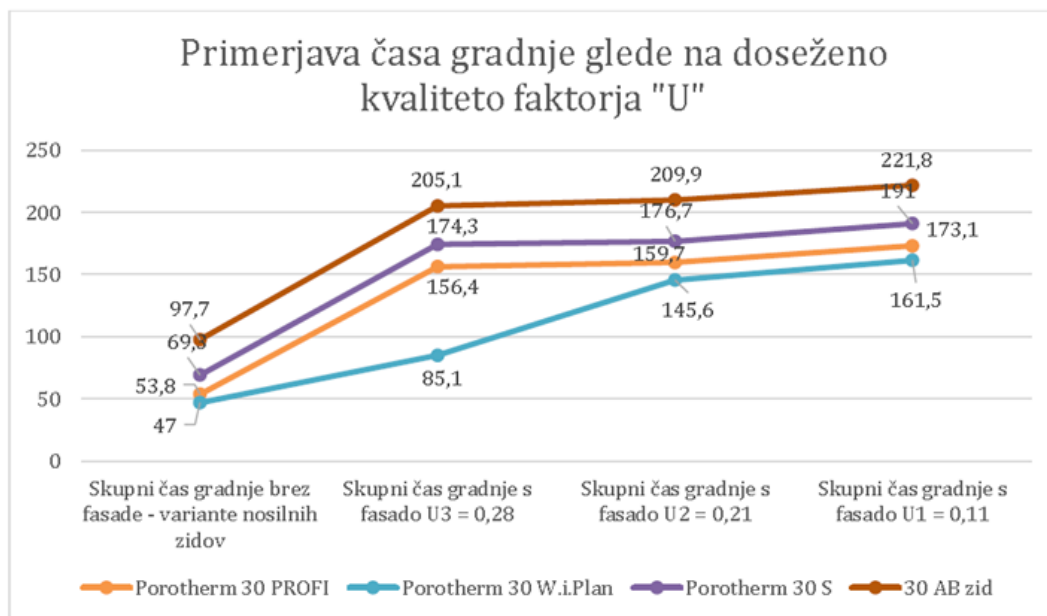


Figure 5 – Final result of building time comparison of building different compositions of external walls and three different factors »U« (in Slovenian)

References

- [1] Lešnik, A.: Time and cost analysis of building construction with Wienerberger wall systems by the support of BIM, diploma thesis, UM FGPA, 2016.
- [2] Pavličič, A.: Use of the Vico Office Software for the 4D and 5D information modeling for building external walls of the residential object in Ljutomer, master thesis, UM FGPA, 2016.
- [3] Pučko, Z., Šuman, N., Klanšek, U.: "Building information modeling based time and cost planning in construction projects", Organization, technology & management in construction: An International Journal, vol. 6, 2014, iss. 1, p. 958-971.
- [4] Pučko, Z., Štrukelj, A., Šuman, N.: Project management software based on bim to evaluate construction time and cost, 12th International Conference Organization, Technology and Management in Construction, Primošten, Croatia, str. 309-323, 02-05 September, 2015.

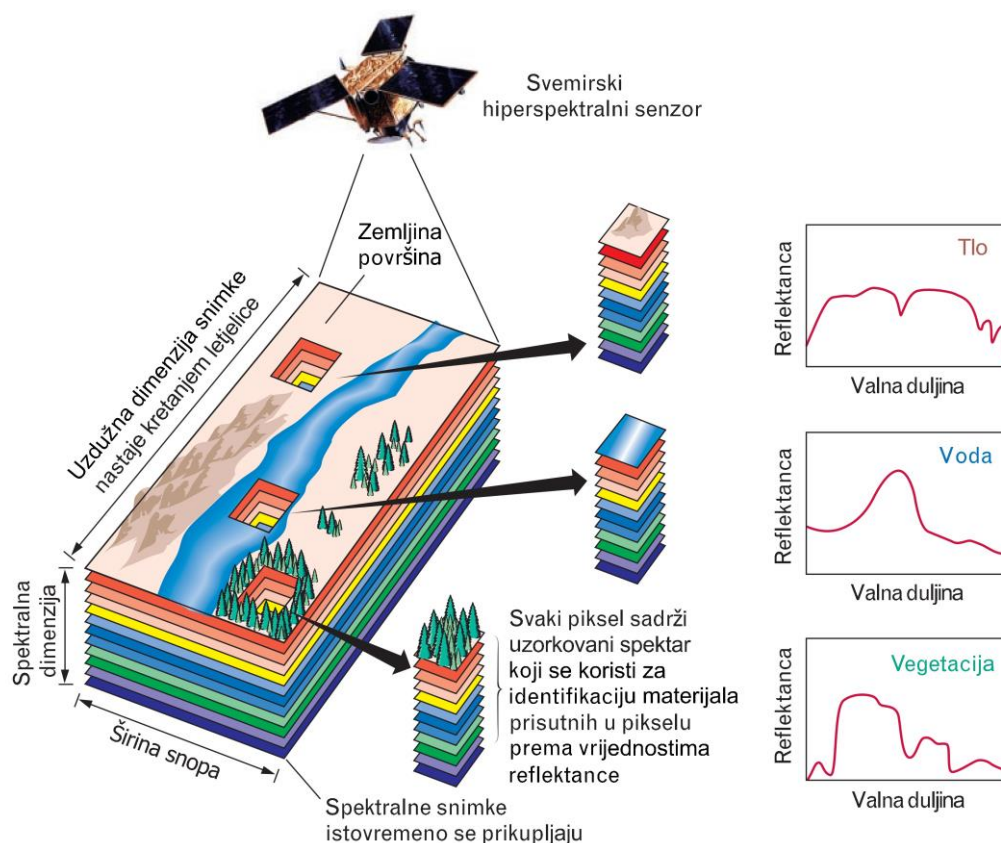


Detekcija anomalija na hiperspektralnim snimkama

Ivan Racetin (ivan.racetin@gradst.hr)
Sveučilište u Splitu; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije;
Katedra za geodeziju i geoinformatiku

1 Hiperspektralne snimke i njihova obrada

Hiperspektralne snimke vrijedan su i pouzdan izvor informacija pri detekciji i prepoznavanju ciljeva u različitim civilnim i vojnim primjenama poput nadzora granice, zadaća traganja i spašavanja te detekcije mina. Hiperspektralni senzori (slika 1) prikupljaju podatke u stotinama uzastopnih uskih spektralnih kanala. Takvi podaci moćno su sredstvo za raspoznavanje različitih entiteta na temelju njihovih jedinstvenih spektralnih potpisa. Ova sposobnost raspoznavanja različitih entiteta razvila se u dva glavna smjera: klasifikacija i detekcija ciljeva.



Slika 1 – Koncept hiperspektralnog prikupljanja podataka iz zraka [1]

Cilj klasifikacije dodijeliti je sve piksele snimke u odgovarajuće tematske klase, dok je svrha detekcije ciljeva pretraživanje snimke s ciljem detekcije prisutnosti određenog objekta ili materijala (cilja). Prema [2] detekcija ciljeva smatra se binarnom klasifikacijom: cilj je klasificirati snimku na dvije klase, od kojih će jedna sadržavati pozadinu a druga ciljeve. Neovisno o primjeni, općenita svrha detekcije ciljeva raspoznavanje je malenih i rijetkih objekata koji zauzimaju neznatan udio površine scene. Dakle, detekcija ciljeva problem je binarne klasifikacije scene na homogenu klasu cilja koja sadrži malen broj elemenata (do 10^2 piksela) u odnosu na heterogenu klasu pozadine koja sadrži velik broj elemenata (preko 10^6



piksela). Ovaj problem različit je od problema klasifikacije jer detektori ne smiju koristiti kriterije koji se oslanjaju na minimiziranje pogrešaka klasifikacije, jer bi se u tom slučaju svi pikseli klasificirali kao pozadina. Za projektiranje algoritma detekcije u literaturi [2, 3] uglavnom se preporučuje korištenje Neyman-Pearsonovog kriterija koji maksimizira vjerojatnost detekcije za fiksnu razinu vjerojatnosti lažne uzbune.

2 Algoritmi za detekciju anomalija na hiperspektralnim snimkama

Algoritme za detekciju ciljeva na hiperspektralnim snimkama mogu se podijeliti u dvije glavne skupine [3]:

1. algoritmi detekcije koji se temelje na spektralnom podudaranju, za koje je potrebno *a priori* poznavati spektar cilja a zatim algoritam traži piksele čiji spektar ima visoku korelaciju (podudara se) sa spektrom cilja. Spektar cilja moguće je odrediti na temelju standardiziranih spektralnih biblioteka [4] ili identifikacijom ciljanog piksela na snimki.
2. Algoritmi detekcije spektralnih anomalija koji ne zahtijevaju poznavanje spektra cilja. Svaki piksel čiji spektar se ne podudara s modelom globalne ili lokalne pozadine smatra se ciljem. Detektori anomalija ne mogu međusobno razlikovati spektralne anomalije koje mogu biti prirodni ili umjetni objekti u odnosu na cilj koji se želi detektirati. Velika prednost ovih algoritama je činjenica da nije potrebno provesti atmosfersku korekciju koja zahtijeva značajne utrošak resursa u vidu prikupljanja terenskih podataka za kalibraciju. Atmosferska korekcija nužna je kod algoritama detekcije koji se temelje na spektralnom podudaranju kako bi se mjerena radianca preračunala u reflektancu za potrebe uspoređivanja mjerenih spektara s spektrima u spektralnim bibliotekama.

Razlike u spektru ciljeva u odnosu na spektar pozadine preduvjet su za uspješnost algoritama za detekciju ciljeva. Algoritmi detekcije koji se temelje na spektralnom podudaranju pokazuju bolje rezultate detekcije u odnosu na algoritme detekcije spektralnih anomalija zato što traže karakteristične spektralno definirane ciljeve [3].

Algoritme detekcije spektralnih anomalija dalje se dijele na tri skupine [5, 6]: lokalne Gaussove modele [7], Gaussove modele miješanja [8] te linearne modele miješanja [5].

Literatura

- [1] Shaw, G. A., Burke, H. K.: Spectral Imaging for Remote sensing, *LINCOLN LAB. J.*, Vol. 14 (2003), no. 1, pp. 3–28
- [2] D. Manolakis i Shaw G., Detection Algorithms for Hyperspectral Imaging Applications, *IEEE SIGNAL PROCESS. MAG.*, Vol. 19 (2002), no. 1., pp. 29–43
- [3] Manolakis, D.: Taxonomy of detection algorithms for hyperspectral imaging applications, *OPT. ENG.*, Vol. 44 (2005), no. 6, pp. 1–11
- [4] Spektralna biblioteka laboratorija USGS. Dostupno na: <http://speclab.cr.usgs.gov/spectral-lib.html> [29. kolovoza 2016.]
- [5] Stein, D. W., Beaven, S. G., Hoff, L. E., Winter, E. M., Schaum A. P., Stocker, A. D.: Anomaly detection from Hyperspectral Imagery, *SIGNAL PROCESS. MAG. IEEE*, Vol. 19 (2002), no. 1, pp. 58–69
- [6] Matteoli, S., Diani, M., Corsini, G.: A tutorial overview of anomaly detection in hyperspectral images, *IEEE AEROSP. ELECTRON. SYST. MAG.*, Vol. 25 (2010), no. 7, pp. 5–27
- [7] Reed, I. S., Yu, X.: Adaptive multiple-band CFAR detection of an optical pattern with unknown spectral distribution, *IEEE TRANS. ACOUST.*, Vol. 38 (1990), no. 10, pp. 1760–1770
- [8] Carlotto, M. J.: A cluster-based approach for detecting man-made objects and changes in imagery, *IEEE TRANS. GEOSCI. REMOTE SENS.*, Vol. 43 (2005), no. 2, pp. 374–387



Arhitektonski i urbanistički čimbenici kvalitete višestambene izgradnje na primjeru Zagreba u razdoblju od 1991. do 2016. godine

Ivana Senjak (isenjak@grad.hr)
Sveučilište u Zagrebu; Građevinski fakultet; Zavod za zgradarstvo

1 Uvod

Stanovanje kao jedna od važnijih sastavnica socijalnog razvoja društva te gospodarskog i održivog napretka treba biti regulirano i kontrolirano područje od državnog značaja, ne samo po pitanju dostupnosti stana, nego i osiguranja osnovnog standarda i kvalitete stanovanja [1].

Kvaliteta stanovanja ovisi o kvaliteti same stambene izgradnje, koja je prevladavajući korisnik prostora naselja i gradova, stoga zauzima važno mjesto u prostornom planiranju, arhitektonskom projektiranju i gradnji. Stambena izgradnja ima zadaću zadovoljavanja širokog spektra ljudskih potreba, zahtjeva i aktivnosti, a koje se dinamično mijenjaju uslijed tehnoloških, ekonomskih, političkih prilika tokom vremena. Kvaliteta stambene izgradnje se ne odnosi samo na kvalitetu samog stambenog prostora, tj., stana, nego i na kvalitetu užeg i šireg stambenog okruženja, odnosno ovisi o blizini i dostupnosti cjelokupne mreže javne i društvene infrastrukture u širem i užem okruženju [2]. Kako bi se osigurala određena razina kvalitete svih elemenata izgrađenog prostora potrebno je primijeniti odgovarajuće čimbenike kvalitete u planiranju, projektiranju i gradnji kroz ekonomski, društveni i ekološki okvir. (Ne)kvaliteta naselja, zgrada i stana rezultat je (ne)adekvatnih legislativnih, planerskih mjera i instrumenata [3], a one su posljedica smjernica stambene politike.

Stambena politika je dio socijalne politike, a povezana je s gospodarskom politikom, prostornim planiranjem, regionalnim razvojem, politikom zaštite okoliša, zdravstvenom zaštitom, politikom i stabilnošću financijskog sustava te, općenito, s tradicijom i kulturom stanovanja [4].

Kvaliteta stanovanja može se promatrati kroz različite okvire i razne elemente, a dosadašnja istraživanja uglavnom se bave: strukturom stambenog fonda, opremljenošću fonda, starosti, održavanjem, naseljenošću, stambene statusima i dr. Prema statističkim pokazateljima standard stanovanja u Hrvatskoj je u stalnom porastu. Prosječna površina stana po stanovniku je povećana, a broj osoba po stanu značajno se smanjio. Broj kućanstava 1.519.038, 2011.g., a broj stanova za stalno stanovanje 1.912.901, govori da u Hrvatskoj ima višak stanova [5]. Prosječna veličina nastanjenih stanova je 74,43m², prema Državnom zavodu za statistiku iz 2011.g., a 97% stanova je u privatnom vlasništvu. U strukturi stambenog fonda prevladavaju dvosobni stanovi, koji zajedno s jednosobnim čine 36,4% stambenog fonda. Približno 65% stambenog fonda je starije od 40 godina. Jedan od važnih pokazatelja kvalitete je opremljenost infrastrukturom, gdje 8,4% stanova u Hrvatskoj nema zahod [6].

Na području Grada Zagreba 2011.g. broj kućanstava iznosi 303.656, što je povećanje za 10,6% u odnosu na 2001.g. Usporedo s porastom broja kućanstava primjetan je pad prosječnog broja članova kućanstva sa 2,83 (2001.), na 2,57 u 2011.g. Neproporcionalan rast broja kućanstava u odnosu na rast broja stanovnika i povećanje broja stanova za 23,66%, rezultat je intenzivne višestambene izgradnje kroz Program društveno poticane stanogradnje (POS) u razdoblju 2004. – 2009. provedenih u sklopu mjera stambene politike [7].

2 Dosadašnja istraživanja i nastavak

Dosadašnja istraživanja u sklopu Doktorskog studija „Arhitektura i urbanizam“ su vezana na pregled europskih stambenih politika, institucija i dokumenata (*Opća deklaracija o ljudskim pravima Ujedinjenih*



naroda iz 1948.g., *Europska socijalna povelja*, 1999.g., *Europska stambena povelja*, 2006.g., *Leipziška povelja*, 2007.g., *Izjava iz Marseillea*, 2008., *Deklaracija iz Toleda*, 2010.g.) vezanih na temu stanovanja, analiza priuštivosti stanovanja u Hrvatskoj s usporedbom s ostalim europskim članicama, te analiza uspješnih modela socijalnog stanovanja. Formirana je baza podataka kroz kataloške primjere zgrada i stanova iz pet europskih članica.

U daljnjem istraživanju pokušat će se odrediti čimbenici kvalitete višestambene izgradnje na primjerima postojećih zagrebačkih naselja nastalih u razdoblju 1991. do 2016. godine. Kako bi se utvrdili kriteriji vrednovanja kvalitete višestambene izgradnje provest će se usporedba odabranih primjera kroz pokazatelje vrednovanja kvalitete. Odabrani primjeri svrstani su u dvije različite skupine; jednu nastalu pod utjecajem zakonodavnog okvira Programa društveno poticane stanogradnje, kao jednu od mjera stambene politike, te druga skupina nastala u okviru tržišne stambene izgradnje.

U Hrvatskoj su provedena istraživanja vezana na standard stana, zgrade i naselja u društveno usmjerenoj stambenoj izgradnji, kao i metode vrednovanja stanova. Institut društvenih znanosti Ivo Pilar i Arhitektonski fakultet u Zagrebu, 1999.g. proveli su istraživanja „Sociologijsko vrednovanje stanova za stambeno zbrinjavanje stradalnika Domovinskog rata“.

Kvaliteta stambene izgradnje nalazi se u fokusu mnogih svjetskih i europskih institucija i sveučilišta, a kako je stanovanje zadovoljavanje širokog spektra dinamičnih ljudskih potreba, zahtjeva i aktivnosti, tako su i čimbenici kvalitete stambene izgradnje dinamični i promjenjivi, te ih je potrebno kontinuirano pratiti, valorizirati i unapređivati.

Literatura

- [1] Bašić, S., Bobovec, B., Horvat, T., Knifić Schaps, H., Mlinar, N., Mrak-Taritaš, i sur.: Arhitektonske politike Republike Hrvatske 2013-2020, *Apolitika - Nacionalne smjernice za vrsnoću i kulturu građenja*, Hrvatska komora arhitekata, Zagreb, 2012.
- [2] Bašić, S.: Urbanistički standardi planiranja novih stambenih naselja, Doktorski rad, Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2013.
- [3] Korlaet, L.: Prostorni razvoj stana u Zagrebu 1975-2005. U okvirima programa društveno poticane stanogradnje, Doktorski rad, Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2015.
- [4] Bežovan, G.: Stanovanje i stambena politika, *Socijalna politika Hrvatske*, Pravni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 337-389., 2008.
- [5] DZS: Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2015., Državni zavod za statistiku, <www.dzs.hr>. pristupljeno 3. srpnja 2016.
- [6] Bežovan, G.: Stambena statistika - Standard stanovanja u Hrvatskoj, *REVIJA ZA SOCIJALNU POLITIKU*, Svezak 11, br. 2., 2004., str. 267-279.
- [7] Gradska skupština grada Zagreba: Izvješće o stanju u prostoru grada Zagreba 2008.-2012., *SLUŽBENI GLASNIK GRADA ZAGREBA*, br. 24/13., 2013., str. 15-21.



Umjetne neuronske mreže: Izazov hidrotehnike?

Ivana Sušanj (isusanj@uniri.hr)

Sveučilište u Rijeci; Građevinski fakultet; Zavod za hidrotehniku i geotehniku

1 Modeliranje

Model se smatra pojednostavljenim prikazom složenog sustava. Modeli se općenito mogu klasificirati u simboličke (matematičke i nematematičke) i materijalne (laboratorijske i analogne), dok se u znanstvenoj grani hidrologije ponajviše koriste matematički modeli koje prema opisu fizikalnih procesa sustava dijelimo na empirijske (parametarske), konceptualne (analitičke) i teoretske (deterministički). Dok u empirijskim modelima nije implementiran opis fizikalnih procesa kod determinističkih modela postoji definiran opis fizikalnih procesa koji preslikavaju ulazne parametre modela u izlazne a konceptualni modeli svojim svojstvima spadaju u međugrupu spomenutih [1].

Prema spomenutoj klasifikaciji modeli umjetne neuronske mreže (UNM) pripadaju simboličkim empirijskim matematičkim modelima koje još nazivaju i modelima crne kutije.

2 Umjetne neuronske mreže i njihova primjena u hidrotehnici

Prema definiciji Aleksadera i Mortona (1990) umjetna neuronska mreža može opisati kao masivni paralelni distribuirani sustav za obradu podataka koji se sastoji od jednostavnih elemenata i ima prirodnu sklonost pohranjivanja iskustvenog znanja koje potom može i koristiti, a sličan je mozgu prema načinu na koji stječe i pohranjuje znanje. UNM znanje stiče kroz proces učenja, a pohranjuje ga posredstvom intenziteta međuneuronskih mreža [2].

Ideja umjetne inteligencije odnosno oponašanja rada ljudskog mozga i njegovih mogućnosti da uči, razmišlja te uvjetovano donosi odluke začeta je početkom 19. stoljeća znanstvenim istraživanjima Helmholtza, Macha i Pavlova a prvi koncept UNM-e daju McCulloch i Pitts 1943. godine. Od tada pa do danas cijeli je niz znanstvenika doprinosi razvoju UNM-a koje danas poznajemo. Među najistaknutije znanstvenike ubrajaju se Rosenblatt (1957) s razvojem i primjenom prvog jednostavnog modela UNM-a; takozvani Perceptron (jednosmjerna neuronska mreža za raspoznavanje uzoraka) dok veliki doprinos daljnjem razvoju daje Werbos (1974) izumom algoritma propagacije pogreške unatrag [2].

Postoje dva značajna trenutka u povijesti razvoja UNM-a. Prvi je svakako objavljivanje knjige, znanstvenika Minsky i Paperta (1969) u kojoj daju veliku kritiku UNM-a i ukazuju na nedostatke i ograničenja, što je uzrokovalo odustajanje velikog broja znanstvenika od daljnjeg istaživanja na tom području i stagnaciju razvoja UNM-a 70-ih godina prošlog stoljeća. Drugi značajan trenutak može se smatrati strelovit razvoj računalne tehnologije koji je istraživačima umjetne inteligencije dao novi vjetar u leđa za nastavak razvoja UNM-a od 80-ih godina prošlog stoljeća pa sve do danas.

Upotreba se UNM-a u hidrotehnici može smatrati relativno novom s obzirom da je prvo korištenje zabilježeno od strane Daniella 1991. godine. Od tada pa do danas na Svjetskoj je razini upotreba UNM-a postala vrlo raširena a znanstvenici koji su dali značajan doprinos za razvoj i primjenu UNM-a su Openshaw, Hall, Minns, Abrahart, Kneale, Dawson, Wilby, See, Demuth, Haykin, Beale, Govindaraju, Ramachandra Rao te mnogi drugi [2].

Na području Hrvatske uporaba UNM-a nije zastupljena, odnosno nije implementirana u smislu široke uporabe, iako je prva zabilježena već 1994. godine od strane Deduša u području vodnog gospodarstva, a u nastavku rada nabrojeno je nekoliko značajnijih radova. Barbalić i Rajčić (2003) analiziraju obuhvat vodenih površina na temelju satelitskih snimaka primjenom UNM-a dok 2004. godine Šperac u svojoj disertaciji opisuje mogućnost upravljanja sustavima javne odvodnje pomoću analiza optimalizacije u



realnom vremenu. Carević i dr. u svom radu iz 2008. godine koriste UNM-u za predviđanje vodostaja a Vouk (2009) u svojoj disertaciji analizira upotrebu UNM-a u ekonomskim analizama sustava odvodnje. Nadalje, Vouk i dr. 2010. godine objavljuju rad u kojem analiziraju mogućnosti korištenja UNM-a u vodnom gospodarstvu. Također i Matić u disertaciji iz 2015. godine koristi UNM za kratkoročno predviđanje dotoka u akumulaciju a Rabi i dr. (2015) predstavljaju korištenje UNM-a u predviđanju temperature vode na temelju temperature zraka dok Sušanji i dr. (2016) primjenjuje u svom radu UNM-u u svrhu predviđanja vodostaja na malim slivovima.

Danas postoje i programski paketi (WEKA, CUBIST i drugi) koji se koriste kao alat pri radu s UNM-a što uvelike olakšava proces modeliranja no i njihova je upotreba u Hrvatskoj nije značajna u usporedbi s Svjetskom razinom.

3 Razlozi nedovoljne upotrebe UNM-a u hidrotehnici

Kao što je prethodno opisano, upotreba UNM-a pri modeliranju hidrotehničkih zadataka je mnogo raširenija na Svjetskoj razini negoli na području Hrvatske. Upotreba UNM-a, u drugim poljima znanosti i u gospodarstvu, je značajna primjerice u robotici, auto industriji, računalnoj tehnologiji, ekonomiji, bankarstvu i dalje. Shodno tome nameće se pitanje razloga nedovoljnog korištenja UNM-a pri modeliranju hidrotehničkih zadataka u Hrvatskoj?

Mogućih razloga za nedovoljnu implementaciju UNM-a je više, a u nastavku je opisano nekoliko. Vrsta modela koji će biti primjenjen značajno ovisi o raspoloživim podacima koji će se koristiti u procesu modeliranja sustava kao i o tome u koju se svrhu model izrađuje. Shodno tome je za primjenu modela temeljenog na UNM-i potreban dug niz kontinuiranih mjerenja meteoroloških i hidroloških podataka kako bi se model mogao podvrgnuti procesu učenja a potom i validaciji i evalvaciji modela. U mnogo slučajeva se u Hrvatskoj, nailazi na nedostatak dugog niza kontinuiranih mjerenja pa se time može objasniti nedovoljna upotreba UNM-a i veća primjena drugih vrsta modela. Sljedeći se mogući razlog nedovoljne upotrebe UNM-a može pronaći i u dugogodišnjem negativnom stavu prema parametarskih vrstama modela koje se naziva „nedovoljno dobrima“ zbog nepovezanosti ulaznih i izlaznih podataka modela fizikalnim opisom procesa i razvojnih problema kroz koje su u povijesti prolazile UNM-e. Time se kod znanstvenika izaziva određeni skepticizam zbog kojeg se radije posvećuju drugim vrstama modela. Ukoliko uzmemo u obzir činjenicu da UNM-e oponašaju rad mozga, te je danas njihov razvoj na zavidnoj razini, možda je neopravdano nazivati ih „nedovoljno dobrima“ čime se indirektno usmjerava mlade istraživače ka drugim vrstama modela. S druge strane takav općenito nepovoljan stav prema UNM-a u hidrotehnici dolazi, kao što su uočili Vouk i dr. (2010) [3], iz slabog poznavanja UNM-a, njihovih mogućnosti i načina upotrebe što je vrlo vjerojatno uvjetovano i nedostatkom literature na hrvatskom jeziku. Povećanje upotrebe UNM-a u hidrotehnici može se smatrati svojevrsnim izazovom s obzirom da se budući razvoj može očekivati povećanjem broja terenskih mjerenja, objektivnim i nepristranim pristupanjem UNM-a i objavom literature na hrvatskom jeziku koja će na pristupačan način upoznati znanstvenika s UNM-a i pobuditi interes za daljnje istraživanje.

Literatura

- [1] Xu, C.: *Hydrologic models*, Uppsala University, Department of Earth Science, Uppsala, Sweden, 2002.
- [2] Abraham, R.J., Kneale, P.E., See, L.M.: *Neural Networks for Hydrological Modelling*, Taylor & Francis Group plc, London, UK, 2004.
- [3] Vouk, D., Malus, D., Carević, D.: Neuralne mreže i njihova primjena u vodnom gospodarstvu, GRAĐEVINAR, Vol. 63 (2011) 6, pp.547-554.



Sustavi za zbrinjavanje sanitarnih otpadnih voda na mjestu nastanka

Željko Šreng, (zsreng@gfos.hr)

Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku; Građevinski fakultet Osijek;

Zavod za hidrotehniku i zaštitu okoliša

Sustavi za zbrinjavanje otpadnih voda na mjestu nastanka (u daljnjem tekstu OST sustavi, eng. *On-site Treatment*) pretpostavljaju okolno tlo kao prijemnik. Sustav se sastoji od predtretmana (septička jama, bioeracijske jedinice, biljni uređaji i sl.), distribucijskog okna, rovova i konačno, nesaturirane zone, slika 1. OST sustavi prvenstveno su preporučljivi u raštrkanim, ruralnim naseljima gdje je izgradnja kanalizacijske mreže često preskupa, u odnosu na broj korisnika, a pročišćavanje zavisno od blizine i tipa prijemnika. Beneficije ovakvog načina zbrinjavanja otpadnih voda očituju se i u mogućnosti ponovnog korištenja pročišćene otpadne vode za kućne i/ili poljoprivredne potrebe. Sistemi pročišćavanja otpadnih voda u tlu imaju velik potencijal primjene zbog jeftine cijene ugradnje, pogona i održavanja.

Ispuštanje tretirane otpadne vode u tlo može predstavljati opasnost po stanovnike okolnog područja ukoliko ista dospije do saturirane zone. Taj problem posebno je vezan za ruralna naselja u kojima se stanovništvo pretežno opskrbljuje vodom iz zdenaca.

Zbog toga je poznavanje procesa koji se odvijaju u nesaturiranoj zoni itekako važno. Potencijal sorpcije, mikrobiološke razgradnje, inaktivacije, nitrifikacije i denitrifikacije unutar nesaturirane zone zavisi o vrsti tla, klimatskim prilikama područja te kvaliteti efluenta iz predtretmana.

Prikladnost tla za prihvata pročišćene otpadne vode testira se na teretu, npr. primjenom T-testa. Testom se određuje hidraulička vodljivost tla, a izvodi se na dubini na kojoj će infiltracijska cijev biti položena, obično ne manjoj od 45 cm od površine terena. Na temelju T-vrijednosti tlo se definira kao više ili manje prikladno za prihvata efluenta.

Osim T-testom, prikladnost tla za prihvata efluenta može se odrediti i uz pomoć traseri. Traseri služe za određivanje brzine i smjera kretanja podpovršinskog i podzemnog toka, a ukoliko se skupi dovoljan broj podataka, mogu pomoći u određivanju hidrauličke vodljivosti, poroznosti, raspršivanja unutar medija i drugih hidrogeoloških parametara.

Pomoću traseri moguće je odrediti veličinu perkolacijske površine i volumen tla zahvaćen ponirućim efluentom. Osim toga traseri mogu dati informacije o potencijalnim zagađivačima koji se mogu transportirati podzemnom vodom. Vrijeme zadržavanja u tlu (eng. *retention time*) daje uvid u raspoloživo vrijeme za razvoj određene kemijske reakcije u tlu. U svemu nabrojenom očituje se važnost primjene traseri u problematici ispuštanja efluenta u tlo.

Pregledom dosadašnjih istraživanja koja su se bavila ispuštanjem pročišćene otpadne vode u tlo, moguće je donijeti nekoliko jasnih zaključaka. Za početak, evidentno je da dodatni stupanj predtretmana, tj. sekundarni efluent (SE), ne rezultira većom kvalitetom procjedne vode. Mnoga su istraživanja pokazala da primarni efluent (STE) dostiže kvalitetu SE-a već nakon jednog metra, a za određena zagađivača i manje. Biomat, koji se javlja na bazi infiltracijskog rova, potencira mehanizme pročišćavanja uslijed smanjene hidrauličke vodljivosti koju ima u odnosu na okolno tlo. Biomat povećava denitrifikacijski potencijal tla neposredno ispod infiltracijske površine, a njegov razvoj posebno je izražen u slučaju ispuštanja primarnog efluenta.

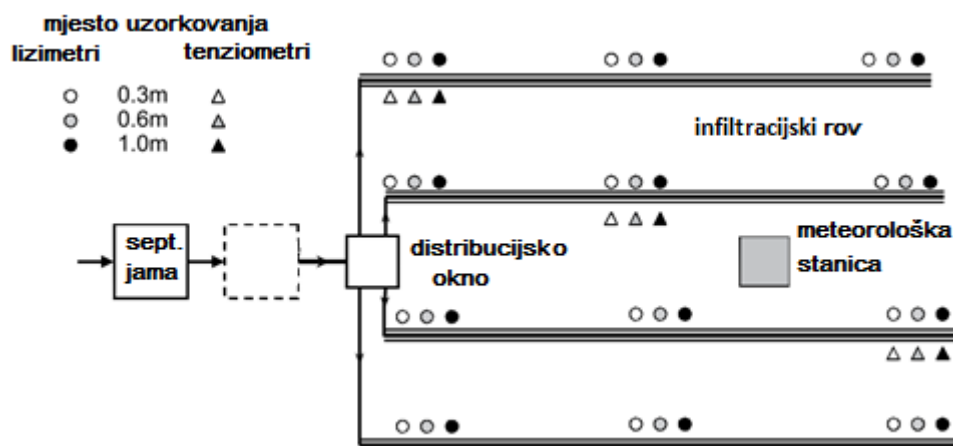
S druge strane, ako je začepljenje pora preveliko, npr. uslijed ispuštanja jako opterećenog efluenta ili pod velikim hidrauličkim opterećenjem, efekt može biti nepovoljan i utjecati na hidrauličku disfunkciju, povećanje anaerobnih uvjeta i smanjenu mogućnost pročišćavanja (Van Cuyk *i dr.*, 2001). Zbog toga je potrebno osigurati nesaturirani tok i spriječiti stvaranje kontinuirane faze toka te na taj način osigurati duže vrijeme zadržavanja efluenta unutar poroznog medija.



Istraživanja ukazuju na veliku učinkovitost pročišćavanja (više od 90%) BPK₅, KPK, suspendirane tvari, ali i nešto manju učinkovitost uklanjanja mikroorganizama. Najveći problem i razlog za zabrinutost predstavlja dušik te je s obzirom na njega, kao primarnog zagađivala, potrebno odrediti zahtjeve za ispuštanje efluenta u tlo.

Istraživanja su pokazala da su ilovasta tla najpogodnija za ispuštanje efluenta i to pjeskovita ilovača za STE, a glinovita ilovača za SE. Donja granica propusnosti tla iznosi 0.06 m/d za SE i 0.08 m/d za STE, a gornja granica 1.4 m/d. Za slučaj SE-a vrijednost je manja iz razloga što će manja propusnost omogućiti napredovanje efluenta duž infiltracijskog rova i spriječiti naglije i koncentriranije prodiranje u tlo. Preporučena minimalna dubina nesaturirane zone iznosi 90 cm za SE, a 120 cm za STE.

Što se tiče dizajna perkolacijskog rova, preporuča se duljina od 10 metara po ES (ekvivalent stanovnik), širina od 40-ak cm, uzdužni pad od 1:200 te perforirana PVC cijevi, ne manja od DN110. Također, moguća je i tlačna distribucija efluenta uzduž rova čime se osigurava kontrolirano ispuštanje. Osim toga, u poboljšanju uvjeta pročišćavanja SE-a, predlaže se ugradnja otpadne celulozne tvari ispod perkolacijskog rova, radi pospješivanja procesa denitrifikacije, inertne u slučaju aplikacije sekundarnog efluenta.



Slika 1 – Shema OST sustava (Gill i dr., 2009)



Literatura

- [1] Beggs, R.A., Hills, D.J., Tchobanoglous, G., Hopmans, J.W.: Fate of nitrogen for subsurface drip dispersal of effluent from small wastewater systems. *J. CONTAM.HYDROLOGY* 126 (1). (2011), 19-28.
- [2] Code of Practice Part 2: Wastewater Treatment and Disposal Systems Serving Single Houses, EPA (2009)
- [3] De Jonge LW, Moldrup P, Rubæk GH, Schelde K, Djurhuus J. Particle leaching and particle-facilitated transport of phosphorus at field scale. *VADOSE ZONE J.* (2004); 3:462–470.
- [4] Gill, L.W., O'Suilleabháin, C., Misstear, B.D.R., Johnston, P.M.: The treatment performance of different subsoils in Ireland receiving on-site wastewater effluent. *J. ENVIRON. QUAL.* 36 (6). (2007) 1843–1855.
- [5] Gill, L. W., O'Suilleabhain, C., Misstear, B. D. R., Johnston, P., Patel, T., & O'Lunaigh, N.: Nitrogen loading on groundwater from the discharge of on-site domestic wastewater effluent into different subsoils in Ireland. *WATER SCIENCE & TECHNOLOGY.* (2008).
- [6] Gill, L. W., O'Lunaigh, N., Johnston, P. M., Misstear, B. D. R., & O'Suilleabhain, C.: Nutrient loading on subsoils from on-site wastewater effluent, comparing septic tank and secondary treatment systems. *WATER RESEARCH.* (2009).
- [7] Hynds, P. D., Misstear, B. D., & Gill, L. W. : Development of a microbial contamination susceptibility model for private domestic groundwater sources. *WATER RESOURCES RESEARCH*, 48(12). (2012).
- [8] O'Lunaigh, N. D., Goodhue, R., & Gill, L. W.: Nutrient removal from on-site domestic wastewater in horizontal subsurface flow reed beds in Ireland. *ECOLOGICAL ENGINEERING.* (2010).
- [9] O'Lunaigh, N.D., Gill, L.W., Misstear, & B.D.R., Johnston, P.M.: The attenuation of microorganisms in on-site wastewater effluent discharged. *JOURNAL OF CONTAMINANT HYDROLOGY.* (2012), 142-143, 126–139
- [10] Siegrist, R.L.: Engineering Design of a Modern Soil Treatment Unit. *Innovation in soil-based onsite wastewater treatment.* (2014).
- [11] Vouk, D.: Eksperimentalni sustav podrške pri odabiru optimalnog sustava odvodnje u ruralnim naseljima. *DISERTACIJA.* (2009).
- [12] Yavuz Corapcioglu, M., & Haridas: Transport and fate of microorganisms in porous media: A theoretical investigation. *JOURNAL OF HYDROLOGY,* (1984).
- [13] Yin, H. L., Xu, Z. X., Li, H. Z., & Li, S.: Numerical modeling of wastewater transport and degradation in soil aquifer. *JOURNAL OF HYDRODYNAMICS.* (2006).



Quasi-static tests on traditional masonry wall elements retrofitted with innovative technique

Aleksandar Zlateski (azlate@pluto.iziis.ukim.edu.mk)

Ss Cyril and Methodius University; Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology

1 Introduction

Providing seismic resistance and energy efficiency of buildings is important and actual topic worldwide, especially in older masonry buildings that are characterized by high consumption of energy and a high risk of partial or complete destruction during earthquakes. Traditional brick masonry building is representative for the majority of the existing masonry building stock on the territory of Balkan region and beyond. Most of them are constructed in the second half of XX century and they are still in function as hospitals, schools, residential or individual buildings and historic monuments. These structures have low ductility and due to their stiff and brittle structural components are usually severely damaged during strong earthquakes; consequently, they have to be repaired and retrofitted. Because almost all of these buildings are with high society importance, they have to be in function during the process of repairing and/or retrofitting. In such a case, new innovative retrofitting systems are needed, both for upgrading the seismic resistance and energy efficiency, since the conventional ones are quite intrusive and time consuming.

2 Testing procedure and results from quasi-static tests

The paper will present the objective, the procedure and the results of the quasi-static tests performed on wall elements retrofitted by the newest innovative “*System RÖFIX SismaCalce*” for seismic upgrading of traditional masonry buildings. The tests were carried out in the Dynamic Testing Laboratory of IZIIS with the main objective to experimentally verify the efficiency of the system. Two basic types of wall element were tested. The wall elements of type W1 were subjected to axial compression test, while diagonal compression test was performed for the wall element of type W2. In accordance with the adopted programme and scheme of testing, these were classified into various testing groups that include (i) wall elements with same characteristics as prototype building and (ii) wall elements repaired and retrofitted by the “*System RÖFIX SismaCalce*”.

The first testing group a total of three elements of type W1, (W1-1, W1-2, W1-3), were tested under axial compression by cyclic loading and unloading up to failure. Within the second testing group a total of 3 elements of type W2 were tested under diagonal pressure by monotonic loading up to occurrence of first cracks, (W2-4, W2-5, W2-6), since after the testing they will be repaired and strengthened and then retested. For this series of testing the force was applied monotonously under an angle of 45° in respect to the expansion joints of the wall. Within the third testing group, the initially damaged wall elements from the third group were first repaired by injection of lime-cement mortar, then they were retrofitted using “*System RÖFIX SismaCalce*”, and finally they were retested under diagonal pressure by monotonic loading up to failure, (W2-4R, W2-5R, W2-6R). Retrofitting was done by applying the layer of *RÖFIX SismaCalce* NHL- based mortar, applying of *RÖFIX SismaProtect* on both sides of the element, followed by applying of the *RÖFIX* mortar for facade finishing. The most important results from all testing group are presented in Table 1. Given on Figure 1 is the force - displacement relationship for the tested element W2-6R in comparison with that one for the non - retrofitted wall elements W2-6, respectively. The main outcome from this comparison of the results is that the applied retrofitting significantly increases both the bearing and deformability capacity of the wall elements.

The experimentally obtained results on the compressive strength σ_c of the masonry walls ranges within 4.20 MPa to 5.30 MPa, while that of tensile strength ranges within 0.26 MPa to 0.31 MPa which is



in compliance with the regulations and the recommendations on the tensile strength/compressive strength ratio of masonry, i.e., $f_t = (0.03 - 0.08)\sigma_c$. The proposed and applied retrofitting contributes to increase of elastic limit, bearing and deformation capacity. Thus tensile strength of retrofitted elements ranges within 0.77MPa to 0.976Mpa, which is three times greater than that for original ones. The ductility capacity was increased with retrofitting three times too.

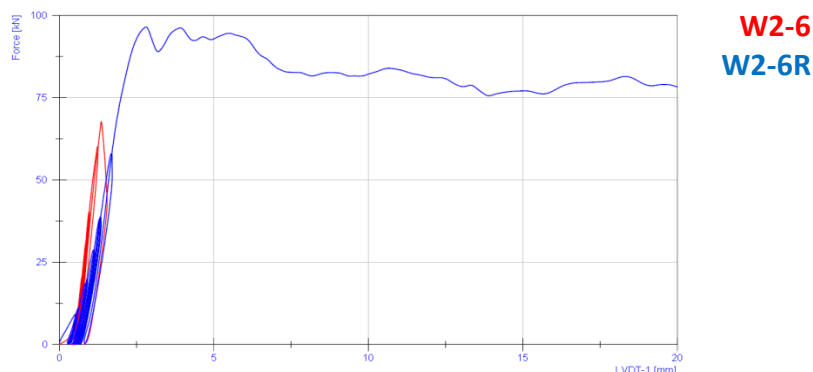


Figure 1 – Force-displacement relationships for original and retrofitted wall elements

Table 1 – Results from testing

Wall Element	Axial force at occurrence of first crack P (kN)	Compressive, Shear Stress σ_c (kPa)	Wall Element	Maximum axial force P_{max} (kN)	Tensile strength f_t (kPa)	Ductility capacity
W2-4	57	555	W2-4R	150	903	5.1
W2-5	76	741	W2-5R	128	771	5.9
W2-6	68	663	W2-6R	97	584	7.1

The experimental results were analytically compared applying the analytical expressions for modification of mechanical characteristics of retrofitted masonry, which are developed and proposed by Karlsruher Institut für Technologie.

3 Conclusion

The advantage of these tests is the possibility of precise control and monitoring of different phenomena during the experimental testing. The only shortcoming is the absence of dynamic effects. The comparative analysis of the results proved that the proposed and applied retrofitting contributes to increase of elastic limit, bearing and deformation capacity. These results were prerequisite as input parameters for correct future design and analysis of the retrofitting of the prototype building.

References

- [1] Rizzo, S. M.Sc.: *Mechanical properties and design methods of the seismic retrofitting system Röfix Sisma Calce*, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2014.
- [2] Shendova et al.: *Experimental verification of inovative technique for seismic retrofitting of traditional masonry building*, IZIIS-RÖFIX Scientific Research Project, Report IZIIS 2013-44