

## ZIDANE KONSTRUKCIJE

Boško STEVANOVIĆ

Generalni izveštaji i prikaz radova  
UDK: 691.07-405+692.07.004.1"312" = 861

### 1. ZIDANE KONSTRUKCIJE NEKAD

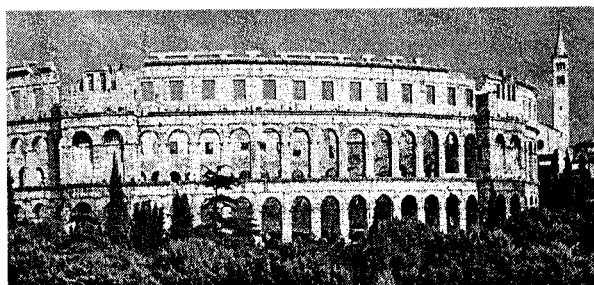
Zidani objekti predstavljaju najrasprostranjenije tipove građevinskih objekata od postanka sveta pa do današnjih dana. Za izgradnju objekata u prvo vreme korišćeni su elementi od kamena i drveta obzirom da su ovi materijali bili lako dostupni u prirodi, a kasnije su korišćeni i

elementi od pečene gline tzv. opeke.

Kamen je od vjkada široko primenjivan kao materijal za građenje u prvom redu zgrada za stanovanje, ali i drugih objekata: hramova, palata, pozorišta, tvrđava, mostova, akvadukta i dr. (slike 1,2,3,4). Najstariji ostaci kamenih zidanih kuća potiču iz razdoblja oko 9 000 god. pre nove ere, a pronađeni su na obali jezera Hullen u Izraelu.



Slika 1. Piramide u Egiptu



Slika 2. Arena u Puli



Slika 3. Hram Partenon u Atini

Adresa autora:  
Doc. dr Boško Stevanović, dipl.inž.građ.  
Građevinsko fakultet Univerziteta u Beogradu  
Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd

Kamen ni do dana današnjeg nije odbačen kao materijal za zidanje. Na onim prostorima gde su prisutne kvalitetnije vrste kamena i gde postoji mogućnost njegove ekonomične eksploatacije, on se još uvek u značajnoj meri primenjuje.



Slika 4. Kameni železnički most

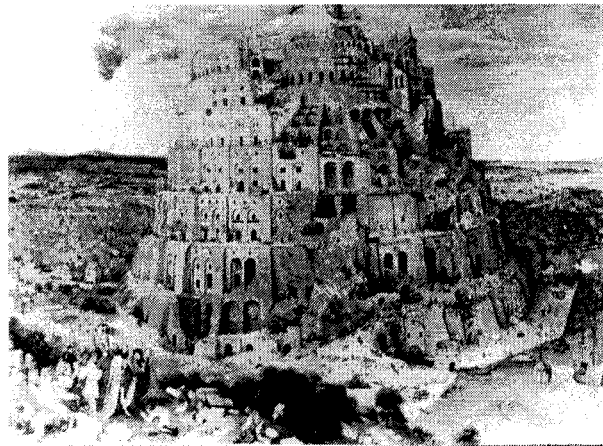
Elementi za zidanje od sušenog blata (preteče današnje opeke) korišćeni su pre više od 10 000 godina. U Jerihu u Palestini pronađeni su ostaci ovalnih kuća izgrađenih u periodu od 8 350. do 7 350. god. pre nove ere, sa elementima za zidanje od sušenog blata. Ovi elementi imali su zareze da bi se povećala poveranost sa "malterom".

U starom Egiptu je 5 000. god pre nove ere korišćena opeka od blata sa dodatkom suve trave koja je sprečavala nastanak pukotina pri skupljanju zbog sušenja na suncu.

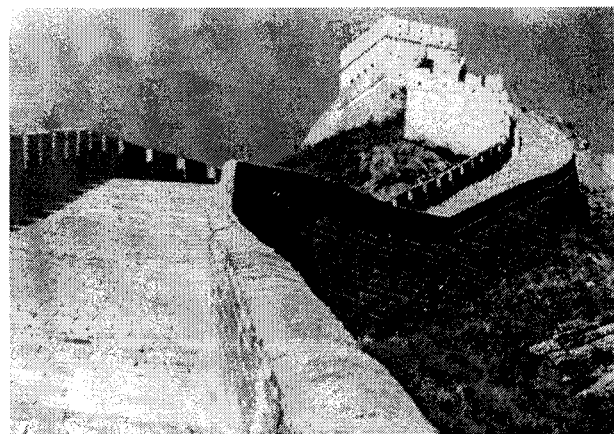
Kasnije su za sušenje opeke korišćene i peći. Najstarija poznata keramička peć potiče iz trećeg veka pre nove ere. Peć je pronađena u mestu Khafaji, u današnjem Iraku. Bila je kružnog oblika sa četiri otvora za pečenje opeke.

Na osnovu arheoloških nalazišta može se zaključiti da su i stari azijski narodi, naročito Asirci, Vavilonci i Persijanci gradili svoje objekte od pečene gline. Utvrđeno je da je za zidanje Vavilonske kule (slika 5), visine 90 m, koja je smatrana za jedno od svetskih čuda, upotrebljeno oko 85 miliona opeka.

Proizodnja i primena opeka od pečene gline bila je vrlo razvijena i na drugim prostorima azijskog kontinenta, naročito u staroj Kini, Indiji, Tajlandu i dr. Najveća građevina na svetu izvedena od zidanih elemenata je Kineski zid sa odbrambenim kulama, ukupne dužine oko 2450km, širine 9m u temelju, a prosečne visine 12m. Zid je građen nekoliko vekova. Početak gradnje bio je za vreme dinastija Shu u sedmom veku pre nove ere, a završen je za vreme dinastije Ming 1368. godine.



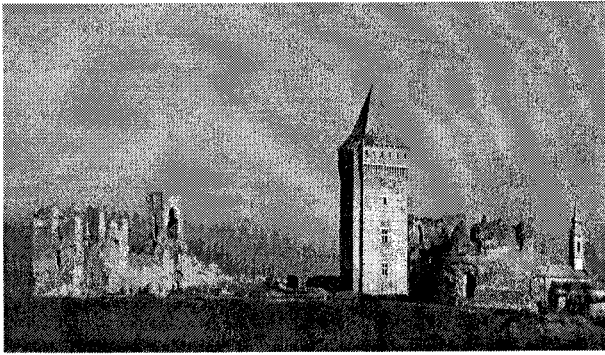
Slika 5. Vavilonska kula - rad flamanskog slikara Pitera Brojgela



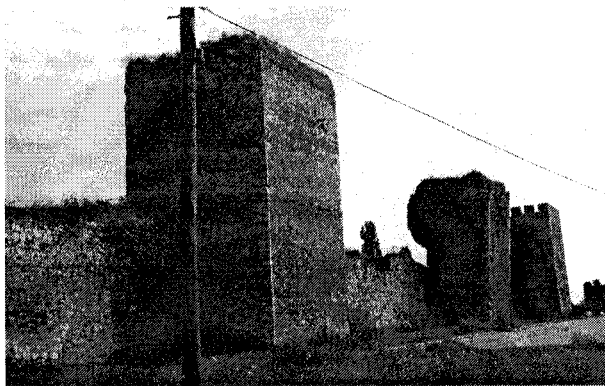
Slika 6. Kineski zid sa kulom stražarom

Najčuvenija rimska i svetska monumentalana građevina od opeke, koja je očuvana do današnjih dana je Koloseum. Izgradnja je započeta 72 godine nove ere, objekat je završen u roku od 12 godina. Koloseum u osnovi ima eliptični oblik (189x164 m), njegova visina je 48m, a mogao je da primi 50 000 gledalaca, što predstavlja 5% od tadašnjeg stanovništva Rima.

I u našoj zemlji postoji veliki broj zidanih objekata izgrađenih od kamena i opeke. Srednjevekovni manastiri, crkve, tvrđave, mostovi i drugi objekti predstavljaju građevine monumentalnih dimenzija neprocenljive vrednosti, divljenja vredne kulturne baštine arhitektonske i građevinske umešnosti. Takva je npr. Srednjevekovna tvrđava u Baču, sagrađena 50 godina pre kosovske bitke, od 1338 do 1342 (slika 7), ili Smederevski grad, koga je sagradio despot Đurđ Branković oko 1430 god. (slika 8). Manastir Mileševa, zadužbina kralja Vladislava iz 1234 godine (slika 9), kao i mnogi drugi manastiri i crkve predstavljaju jedinstvene spomenike kulturne baštine, zidane od kamena ili opeke i sačuvane do današnjih dana.



Slika 7. Srednjevekovna tvrđava u Baču



Slika 8. Srednjevekovni smederevski grad



Slika 9. Manastir Mileševa

## 2. ZIDANE KONSTRUKCIJE DANAS

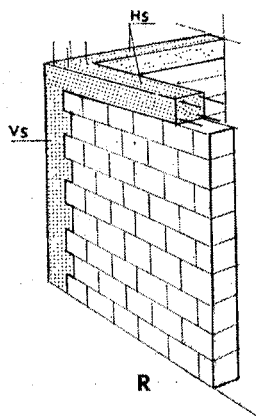
Kao i u prošlosti i danas su, u oblasti građenja stambenih, administrativnih, javnih, industrijskih, poljoprivrednih i drugih objekata najviše zastupljene zidane konstrukcije.

Zidani objekti su, istorijski gledano, nesumnjivo najviše prisutni u graditeljstvu. Danas, u savremenoj građevinskoj praksi oni se, doduše, više ne pojavljuju kao osnovne noseće strukture industrijskih i drugih inženjerskih objekata, ako što su mostovi, tuneli, potporni zidovi i dr. Međutim zidane konstrukcije su danas, u svetu, a i kod nas masovno zastupljeni u oblasti stambenih i javnih zgrada. Kod svih objekata ove vrste oko 80% (po površini) pripada tipu zidanih konstrukcija, što znači da su ove konstrukcije danas u vrhu masovnog graditeljstva. Ovde treba napomenuti da se zidane konstrukcije, u novije vreme, ne tretiraju kao nekad – na vekovnom iskustvu odnosno empiriji, već se njihov proračun i izvođenje baziraju na naučnim dostignućima, u svemu kako to važi i za objekte od drugih materijala – čelika, betona, drveta i dr. U prilog ovoj tvrdnji ide i činjenica da se, u okviru Evrokodova, zidane konstrukcije tretiraju samostalno (zidane konstrukcije obrađene su u Evrokodu 6) i ravnopravno sa konstrukcijama od drugih, uslovno rečeno, savremenih materijala.

Današnje zidane konstrukcije, tretirane u svetlu Evrokoda 6, kao i važeće domaće tehničke regulative mogu se podeliti u više grupa, saglasno njihovom projektovanju i izvođenju:

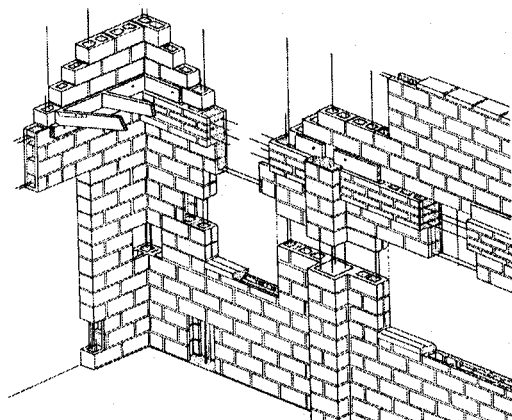
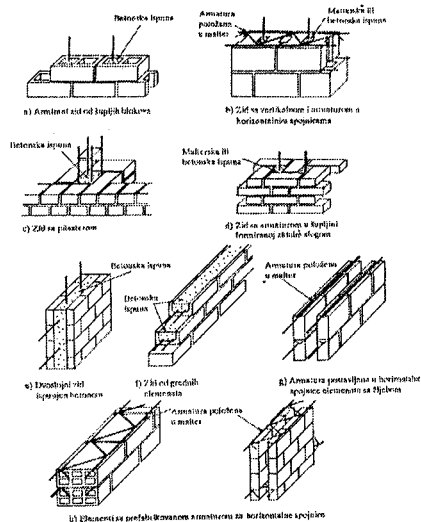
- obične zidane konstrukcije (konstrukcije bez vertikalnih AB serklaža),
- zidane konstrukcije sa sistemom horizontalnih i vertikalnih serklaža (konstrukcije sa zidovima uokvirenim AB serklažima (slika 10),
- armirane zidane konstrukcije (konstrukcije sa horizontalnom i vertikalnom armaturom, odnosno konstrukcije sa armaturnim mrežama (slika 11),
- prednapregnute zidane konstrukcije,

Kao posebne, ovde treba izdvojiti montažne zidane konstrukcije (slika 12), koje podrazumevaju poseban način proračuna, izrade i montaže, suštinski različit od ostalih tipova zidanih konstrukcija.

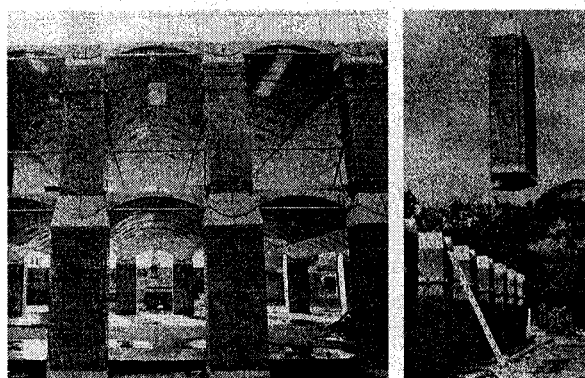
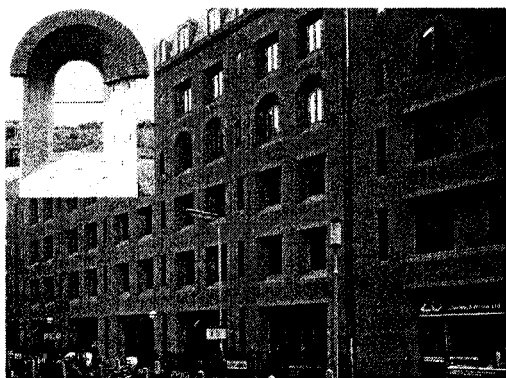


Slika 10. Zidovi uokvireni AB serklažima





Slika 11. Armirane zidane konstrukcije



Slika 12. Montažne zidane konstrukcije

Zidane konstrukcije bile su, sve do nedavno bile na ivici interesa naučne i stručne javnosti građevinske struke. Novi građevinski materijali dvadesetog veka (čelik, beton, plastični materijali) privlačili su više pažnje od tradicionalno proizvedene opeke. Međutim, obzirom da zidane konstrukcije imaju u celom svetu viševjekovnu tradiciju, kao i obzirom na to da su opeke i kamen veoma kvalitetni građevinski materijali, oni nikad neće biti istisnuti iz upotrebe. Njima se mogu graditi objekti koji zadovoljavaju opšta i bitna načela gređenja objekata: da su čvrste (sigurne), da su ugodne za boravak ljudi, da su trajne i da imaju estetske vrednosti najvišeg reda. Razlozi za masovnu primenu zidanih konstrukcija u savremenom graditeljstvu su mnogobrojni, obzirom da one, u odnosu na neke druge konstrukcije, mogu da zadovolje aspekte arhitekture, konstrukterstva, tehnologije izvođenja, građevinske fizike, trajnosti, ekonomije, ekologije i dr.

Po prvi put je oblast zidanih konstrukcija na kongresu JUDIMK, prezentovana samostalno i time je data prilika da se ova oblast nešto detaljnije obradi i da joj se posveti dužna pažnja.

### 3. DALJI PRAVCI RAZVOJA I ISTRAŽIVANJA U OBLASTI ZIDANIH KONSTRUKCIJA

Na osnovu svega prethodno izloženog, nesumnjivo je da će zidane konstrukcije i u narednom periodu sigurno biti široko zastupljene, kako u svetskom, tako i u domaćem graditeljstvu, ali je, shodno tome, uzimajući u obzir celokupan napredak nauke i tehnike u svim oblastima, pa i u oblasti projektovanja i izvođenja građevinskih konstrukcija, potrebno posvetiti pažnju razvoju i istraživanjima u oblasti zidanih konstrukcija.

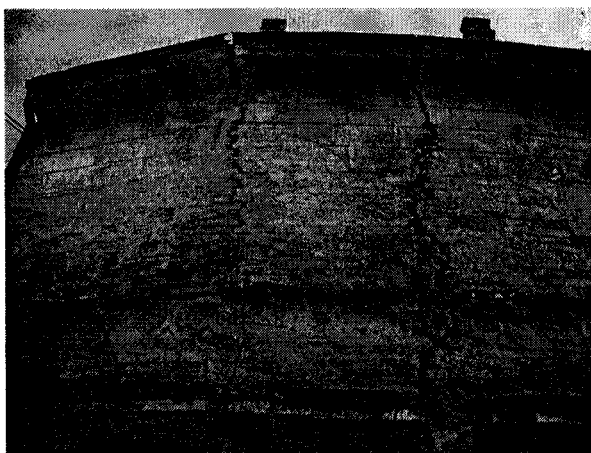
Dalji pravci implementacije zidanih konstrukcija, u građevinskim objektima različite namene, kao i istraživanja u ovoj oblasti trebalo bi da se odvijaju paralelno u više, uslovno rečeno, povezanih segmenata.

Pravci istraživanja i primene zidanih konstrukcija trebalo bi da se odvijaju u sledećim, osnovnim segmentima:

- sanacija, konzervacija i restauracija postojećih zidanih objekata sa aspekta trajnosti, nosivosti, upotrebljivosti, zaštite graditeljskog nasleđa i dr.,
- istraživanje u oblasti projektovanja, kao i materijala i elemenata za izradu zidanih konstrukcija i njihovo izvođenje,

- razvoj naučnih i stručnih metoda proračuna i projektovanja, kao i donošenje odgovarajućih propisa za projektovanje i primenu zidanih konstrukcija.

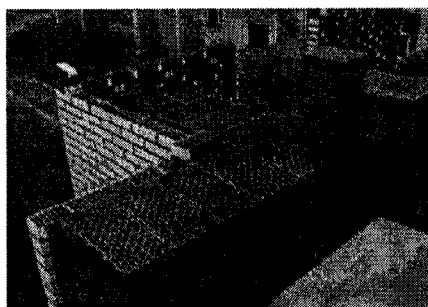
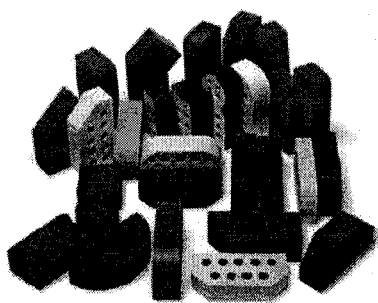
Svi, prethodno navedeni segmenati istraživanja i primene zidanih konstrukcija podjednako su danas važni i nijedan se ne može zanemariti. Trajnost i upotrebljivost postojećih zidanih konstrukcija, ovde se pre svega misli na zidane konstrukcije izgrađene u prošlosti, zavisi od više faktora, a osnovni je način njihove sanacije sa aspekta destrukcije konstrukcije i elemenata od koji su izgrađeni (opeke i kamena). Ova destrukcije nastale su uglavnom kao posledica uticaja vlage, sleganja temelja, podzemnih voda, zemljotresa, lošeg ugrađenog materijala, neodržavanja i dr. (slike 13 i 14).



Slika 13. Oštećenja usled sleganja temelja



Slika 14. Oštećenja usled dejstva zemljotresa



Slika 15. Savremeni oblici elemenata za zidanje

Prsline su najčešći vidljivi znak problema u zidovima. Ovi problemi mogu biti zanemarljivi - vizelne odnosno estetske prirode, ali i ozbiljni, kada mogu dovesti do totalnog loma konstrukcije. Veoma često, lokacija i orijentacija i oblik prsline mogu dati odgovor na uzroke pojave ošrećenja. Pojava prsline se, kada je reč o novim objektima, može eliminisati pravilnim proračunom i izvođenjem, dok se kod postojećih objekata rešenje ovog problema mora tražiti u adekvatnom načinu sanacije, najčešće ojačavanjem oštećenih elemenata.

Činjenica je da je ozbiljan nedostatak postojećih zidanih konstrukcija njihova neotpornost na seizmičke uticaje. Međutim, ovaj nedostatak se može otkloniti određenim konstruktivnim merama, kao što je izvođenje horizontalnih i vertikalnih AB serklaža, ojačanje međuspratnih konstrukcija i sl.

Sve do sredine XX veka, zidane konstrukcije su projektovane primenom empirijskih metoda, koje se nisu menjale vekovima. Stabilnost ovih masivnih konstrukcija zasnivala se na velikoj sopstvenoj težini izuzetno širokih zidova i, samim tim, malim naponima pritiska koji su njima javljaju. U savremenom građevinarstvu su se ovako masivne konstrukcije pokazale kao neekonomične zbog velikog utroška radne snage i potrošnje materijala za građenje.

Moderne zidane zgrade imaju značajno tanje zidove, a stabilnost objekta se obezbeđuje preko nosivosti u ravni zidova tj. preko nosivosti na smicanje, što rezultira pojavom visokih napona u zidovima. Zbog toga se proračunu, detaljima i građenju mora posvetiti posebna pažnja, kao što je to slučaj kod čeličnih i betonskih konstrukcija.

Kada je reč o materijlima i elementima za zidanje, ovde se pre svega misli na malter i opeku, činjenica je da su blokovi i opeke od pečene gline ekonomičan materijal za građenje, koji ima zadovoljavajući estetski izgled, trajnost, otpornost na požar, a uz pravilnu upotrebu obezbeđuje odlična termička i akustična svojstva objekata. Elementi za zidanje od pečene gline se danas proizvode jednostavnim tehnologijama i u zidove ugrađuju tradicionalnim postupcima - spajanjem pomoću maltera. Međutim, za razliku od klasičnih, paralelo-pednih, oblika i crvenkaste boje, današnji proizvođači razvili su mogućnost proizvodnje opeke i blokova najrazličitijih oblika i boja (slika 15), što u velikoj meri doprinosi estetskom izgledu objekta i omogućava izgradnju objekata različitih formi.

Pored razvoja i unapređenja tehnologije proizvodnje materijala i elemenata za zidanje, adekvatnu primenu zidanih konstrukcija mora da prati i odgovarajući - savremeni koncept proračuna. Ponašanje zida kao jedinstvene celine je izuzetno složeno. Kompleksnost se ogleda u interakciji između komponenti zida: opeke i maltera, koji se međusobno razlikuju i u fizičkim i u mehaničkim karakteristikama, uzimajući pri tome različitost opterećenja koja na objekat deluju, kao i uticaj načina izvođenja objekta, proizilazi da je proračun zidanih konstrukcija jedan veoma složen problem.

Domaća tehnička regulativa u oblasti zidanih konstrukcija bazirana je uglavnom na konceptu dopuštenih napona i odnosi se na "obične" zidane konstrukcije, dok se armirane, prednapregnute, montažne i druge zidane konstrukcije samo delimično pominju. Uzimajući u obzir navedeno, a u cilju veće i adekvatnije primene zidanih konstrukcija trebalo bi u buduću veću pažnju posvetiti razvoju naučnih i stručnih metoda proračuna i projektovanja, kao i donošenje odgovarajućih propisa za projektovanje i primenu zidanih konstrukcija. U duhu savremenih tendencija proračuna i primene svih, pa i zidanih konstrukcija zemlje članice evropske unije usvojile su Evrokodove, kao jedinstvene norme.

U tom smislu, i kod nas je učinjen izvestan napredak, jer je 1997. god. objavljen prevod dela Evrokoda 6 koji se odnosi na proračun zidanih konstrukcija. Prevedeni su i objavljeni deo1-1: Opšta pravila za zgrade, pravila za armirane i nearmirane zidove i deo1-2: Proračun konstrukcija na dejstvo požara. Međutim, u Evropi još od 2001. godine egzistiraju i ostali delovi Evrokoda 6: Part 1.3: General rules for building – Detailed rules on lateral loading, Part 2: Design, selection of materials and execution of masonry, Part 3: Simplified calculation methods and simple rules for masonry.

Nesumnjivo je da bi i ove delove Evrokoda 6 trebalo što pre prevesti i prilagoditi domaćim uslovima, a Evrokodove, za sve ostale, pa i za zidane konstrukcije usvojiti kao domaće važeće tehničke propise za proračun, konstruisanje i primenu svih konstrukcija.

Na osnovu svega prethodno izloženog, nesumnjivo proizilazi činjenica da će zidane konstrukcije i u narednom periodu sigurno biti široko zastupljene, kako u svetskom, tako i u domaćem graditeljstvu, ali je, shodno tome, uzimajući u obzir celokupan napredak nauke i tehnike, potrebno posvetiti posebnu pažnju njihovom adekvatnom projektovanju, proračunu i izvođenju.

#### 4. PRIKAZ PRISPelih RADOVA

Za oblast zidanih konstrukcija za XXIII kongres jugoslovenskog društva za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija dostavljena su dva rada. Ovi radovi su aktuelni po svom sadržaju i karakteru, a savremeni po načinu prezentacije, pristupu i analizi problema koje obrađuju. Međutim, na osnovu ovog broja radova nemoguće je dati pravo stanje stvari u oblasti ispitivanja, istraživanja, projektovanja i građenja zidanih konstrukcija u Srbiji i Crnoj Gori. Neki od ovih aspekata dati su u prethodnom delu novog rada.

U radu **Rešenje probijanja otvora u jednom jako opterećenom zidu od opeke** autora *Dejana Bajića* i *Mihaila Muravljova* prikazan je jedan način probijanja otvora u podrumskom zidu postojećeg višespratnog

objekta. Zid je debljine 64cm, bez vertikalnih serklaža, a podrumске prostorije su bili znatno veće visine od uobičajenih, bez ikakvih ukrućenja u vidu međuspratnih tavanica. Zid je bio fundiran na trakastom temelju. Nije redak slučaj da se u zidovima postojećih zidanih zgrada probijaju otvori, ali je specifičnost i izuzetnost ovog rešavanja u tome što je u konkretnom slučaju izvršeno probijanje tri otvora visine 4,3m i širine 3,0, 4,0 i 3,0m u nizu. Ojačanje postijeće zidane konstrukcije u zoni oko otvora izvršeno je armirano betonskim stubovima i riglama, a izvođenje radova izvršeno je po posebnom tehnološkom postupku u strogo kontrolisanim fazama.

Rad **Projektovanje zidanih konstrukcija u seizmički aktivnim oblastima u vezi sa primenom seizmičke izolacije i/ili uređaja za disipaciju seizmičke energije** autora *Borka Bulajića*, *Miodraga Manića* i *Dejana Dragojevića* daje osnovne preporuke vezane za tradicionalno projektovanje zidanih objekata u seizmički aktivnim oblastima i prikazuje neke mogućnosti ojačanja, odnosno "pomoći" konstrukciji da se odbrani od dejstva zemljotresa. Autori preporučuju da se zidane konstrukcije projektuju sa pravilnim i jednostavnim rešenjem u osnovi kao i sa jednolikim rasporedom masa kako bi se izbegla pojava nepovoljnih uticaja na konstrukciju i njen temelj (torzija u horizontalnoj ravni i kao i pojava velikih momenata u najnižem delu konstrukcije)

Autopri ukazuju i na fenomen pojave (kvazi) rezonancije kada se frekvencija prvog tona oscilovanja konstrukcije poklopi sa frekvencijom »pobude«, tj. kretanja tla usled zemljotresa. Da se ovo ne bi dogodilo potrebno je da konstrukcije budu što fleksibilnije kada je lokalno tlo veoma meko, odnosno što fleksibilnije kada je lokalno tlo veoma kruto.

U drugom delu rada autori analiziraju dva načina »pomoći« konstrukciji da savlada dejstvo zemljotresa. Prvi način je seizmička izolacija, kada se postavljanjem uređaja za izolaciju između tla i objekta sprečava da seizmička energija uđe u konstrukciju, odnosno objekat se praktično izoluje od dejstva zemljotresa. Drugi način je projektovanje i ugradnja uređaja za disipaciju seizmičke energije. Pominju se i analiziraju histerezisni i viskoelastični damperi. Ovi uređaji su mesta na kojima će se trošiti seizmička energija umesto na drugim delovima konstrukcije. U radu se analiziraju faktori koji utiču na primenu ova dva načina, kao što su sistem konstrukcije i vrsta objekta, vrsta tla, ekonomska opravdanost primene i dr.

#### LITERATURA:

- [1] M. Muravljev, B. Stevanović: "Zidane i drvene konstrukcije zgrada", GF Beograd, 2003.
- [2] R. Schneider, W. Dickey: "Reinforced Masonry Design", Prentice-Hall, Inc, USA, 1980.
- [3] Editor M. Muravljev: Evrokod 6: Proračun zidanih konstrukcija, Deo1-1: Opšta pravila za zgrade, pravila za armirane i nearmirane zidove. Deo1-2: Proračun konstrukcija na dejstvo požara, GF Beograd, 1997.
- [4] V. Radonjanin, M. Malešev: "Karakteristična oštećenja zidanih konstrukcija", IV kongres ciglarske industrije, 2005.

- [5] Eurocode 6: Design of masonry structures, Part 1.3: General rules for building – Detailed rules on lateral loading, DD ENV 1996-1-3: 2001.
- [6] Eurocode 6: Design of masonry structures, Part 2: Design, selection of materials and execution of masonry, DD ENV 1996-2: 2001.

- [7] Eurocode 6: Design of masonry structures, Part 3: Simplified calculation methods and simple rules for masonry, DD ENV 1996-3: 2001.
- [8] M. Tomašević: "Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings", Imperijal College Press, 2000.

## REZIME

### ZIDANE KONSTRUKCIJE

Boško STEVANOVIĆ

Zidani objekti predstavljaju najrasprostranjenije tipove građevinskih objekata od postanka sveta pa do današnjih dana. Za izgradnju objekata u prvo vreme korišćeni su elementi od kamena i drveta obzirom da su ovi materijali bili lako dostupni u prirodi, a kasnije su korišćeni i elementi od pečene gline tzv. opeke.

Kao i u prošlosti i danas su, u oblasti građenja stambenih, administrativnih, javnih, industrijskih, poljoprivrednih i drugih objekata najviše zastupljene zidane konstrukcije.

Zidani objekti su, istorijski gledano, nesumnjivo najviše prisutni u graditeljstvu. Danas, u savremenoj građevinskoj praksi oni se, doduše, više ne pojavljuju kao osnovne noseće strukture industrijskih i drugih inženjerskih objekata, kao što su mostovi, tuneli, potporni zidovi i dr.

Međutim zidane konstrukcije su danas, u svetu, a i kod nas masovno zastupljene u oblasti stambenih i javnih zgrada. Kod svih objekata ove vrste oko 80% (po površini) pripada tipu zidanih konstrukcija, što znači da su ove konstrukcije danas u vrhu masovnog graditeljstva.

U radu je dat istorijski prikaz zidanih konstrukcija, kao i dalji pravci razvoja i istraživanja u ovoj oblasti. Takođe, dat je i pregled radova koji su dostavljeni za XXIII kongres JUDIMKE.

## SUMMARY

### MASONRY STRUCTURES

Boško STEVANOVIĆ

Masonry buildings represent the most widely spread type of structure since the beginning of time until present day. Firstly, stone and wood were used for building, since these materials were easily found in nature, and later elements made out of baked clay, also known as brick.

Today, as well as in the past, in the areas of residential, administrative, public, industrial, agricultural and other construction, masonry buildings are the most widely spread.

Historically speaking, masonry buildings are without a doubt the most commonly erected structures. However, in the contemporary building practice, they are no longer the supporting structures of industrial and other engineering structures, such as bridges, tunnels, revetments, etc.

They are, however, widely present in the areas of residential and public construction, in the world, as well as in our own country. Masonry structures make up 80% (area wise) of these structures, which means that they are at the top of mass construction.

A historical look at masonry structures, as well as further development and research in this area are given in this paper, and also the summary of papers submitted for the 23rd Congress JUDIMKE.