
DGKS

**DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH
KONSTRUKTERA SRBIJE**

14. KONGRES

NOVI SAD
24-26. SEPTEMBAR

2014.

14

K

O

N

G

R

E

S

2014

U SARADNJI SA:



**GRAĐEVINSKIM FAKULTETOM
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

**MINISTARSTVOM PROSVETE,
NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA
REPUBLIKE SRBIJE**



**INŽENJERSKOM KOMOROM
SRBIJE**

**ZBORNİK
RADOVA**



**CHINA ROAD AND BRIDGE
CORPORATION SERBIA BRANCH**

Izdavač: **Društvo građevinskih konstruktora Srbije**
Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73/1

Urednici: prof. dr **Miloš Lazović**
prof. dr **Boško Stevanović**

Tehnička
priprema: **Saška - Stoja Todorović**

Priprema za
štampu: **Nebojša Ćosić**

Štampa: **DC Grafički centar**

Tiraž: **150 primeraka**

Beograd, septembar 2014.

ORGANIZACIONI ODBOR

PREDSEDNIŠTVO DGKS

Prof. dr Miloš LAZOVIĆ, dipl.inž.grad., predsednik
Aleksandar BOJOVIĆ, dipl.inž.grad., potpredsednik
Prof. dr Boško STEVANOVIĆ, dipl.inž.grad., sekretar
Prof. dr Đorđe VUKSANOVIC, dipl.inž.grad.
Prof. dr Mihajlo ĐURĐEVIĆ, dipl.inž.grad.
Prof. dr Dragoslav STOJIC, dipl.inž.grad.
Prof. dr Đorđe LADINOVIĆ, dipl.inž.grad.
Prof. dr Snežana MARINKOVIĆ, dipl.inž.grad.
Prof. dr Aleksandar RISTOVSKI, dipl.inž.grad.
Doc. dr Bratislav STIPANIĆ, dipl.inž.grad.
Dr Zoran FLORIĆ, dipl.inž.grad.
Mr Slobodan GRKOVIĆ, dipl.inž.grad.
Branko KNEŽEVIĆ, dipl.inž.grad.
Gojko GRBIĆ, dipl.inž.grad.
Goran VUKOBRATOVIĆ, dipl.inž.grad.
Đorđe PAVKOV, dipl.inž.grad.
Svetislav SIMOVIĆ, dipl.inž.grad.

ČLANOVI ORGANIZACIONOG ODBORA IZVAN PREDSEDNIŠTVA

Prof. dr Zlatko MARKOVIĆ, dipl.inž. grad.
Miroslav MIHAJLOVIĆ, dipl.inž.grad.
Aleksandar TRAJKOVIĆ, dipl.inž.grad.

NAUČNO-STRUČNI ODBOR

1. Prof. dr Radenko Pejović, Građevinski fakultet Podgorica, Crna Gora
2. Prof. dr Duško Lučić, Građevinski fakultet Podgorica, Crna Gora
3. Prof. dr Goran Markovski, Univerzitet "Kiril i Metodij" Gradežen fakultet, Skopje, Makedonija
4. Prof. dr Meri Cvetkovska, Univerzitet "Kiril i Metodij" Gradežen fakultet, Skopje, Makedonija
5. Prof. dr Tatjana Isaković, Univerzitet u Ljubljani Fakultet građevinarstva i geodezije, Ljubljana, Slovenija
6. Prof. dr Viktor Markelj, Ponting d.o.o., Maribor, Slovenija
7. Prof. dr Zlatko Šavor, Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Zavod za konstrukcije, Katedra za mostove, Zagreb, Hrvatska
8. Prof. dr Radu Bancila, University "POLYTEHNICA", Temišvar, Rumunija
9. Mr Predrag Popović, Čikago, SAD
10. Prof. dr Kostadin Topurov, Sofija, Bugarska
11. Prof. dr Dušan Najdanović, Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
12. Prof. dr Miloš Lazović, Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
13. Prof. dr Đorđe Vuksanović, Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
14. Prof. dr Dejan Bajić, Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
15. Prof. dr Đorđe Ladinović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
16. Prof. dr Dragoslav Stojčić, Arhitektonsko-građevinski fakultet, Niš, Srbija
17. Doc. dr Bratislav Stipanić, Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet, Beograd, Srbija

14. KONGRES JE ORGANIZOVAN U SARADNJI SA:

GRAĐEVINSKIM FAKULTETOM UNIVERZITETA U
BEOGRADU

MINISTARSTVOM PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG
RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE

INŽENJERSKOM KOMOROM SRBIJE, Beograd

DONATORI SIMPOZIJUMA:

DIJAMANTSKI

CHINA ROAD & BRIDGE CORPORATION, SERBIA BRANCH,
Belgrade

SREBRNI

SIKA d.o.o., Novi Sad

BRONZANI

"POTISJE KANJIŽA" AD, Kanjiža

Ratko Salatić¹, Milan Bošnjaković², Vladan Vraneš³

KLASIFIKACIJA OŠTEĆENJA ZIDOVA NA ZIDANIM OBJEKTIMA USLED ZEMLJOTRESA

Rezime:

U slučaju dejstva jačih zemljotresa, država može doći u stanje vanredne situacije, kada postoji potreba za brzim, efikasnim i stručnim procenama stanja oštećenih objekata. Kako je broj zidanih objekata, najveći u fondu objekata, značajno je imati jasnu metodologiju procene stanja i štete na zidanim objektima. Klasifikacija oštećenja zidova prikazana u ovom radu je doprinos proceduri definisanja te metodologije. Oštećenja su klasifikovana u odnosu na pravac delovanja zemljotresa na oštećeni zid objekta i prema potrebnim uslovima za nastanak oštećenja. Prikazani su mehanizmi loma uz objašnjenja i ilustracije fotografijama i skicama.

Ključne reči: klasifikacija oštećenja, zemljotres, zidane konstrukcije

CLASSIFICATION OF EARTHQUAKE INDUCED WALL DAMAGES FOR MASONRY

Summary:

The state can come into a state of emergency, after strong earthquake, when fast, efficient and professional assessment of the damaged buildings is needed. As the number of masonry buildings is the largest in the fund, it is important to have a clear methodology for assessing the status and damage to masonry buildings. Damage classification presented in this paper is a contribution to defining procedures and methodologies. Damages are classified in accordance to earthquake action direction relative to damaged part of structure, and to conditions for damage occurrence. Failure mechanisms are shown, followed by sketches and photographs.

Key words: damages classification, earthquake, masonry structures

¹dr dipl. grad. inž., Vanredni profesor, Građevinski fakultet Beograd, Bulevar Kralja Aleksandra 73, salatic@grf.rs

²dipl. grad. inž., Institut za puteve, Kumodraška 257, Beograd, milan.bosnjakovic@highway.rs

³msc. inž. grad., DNEC d.o.o, Bulevar Mihajla Pupina 115v, Beograd, vladan.vranes@dnecc.com

1 UVOD

Uslud jačih zemljotresa može doći do začajnih oštećenja na većem broju objekata. Nakon toga je potrebno brzo reagovati i proceniti stanje funkcionalnosti objekta, kao i nastalu štetu i time ubrzati proces sanacije i otklanjanja štete. Trenutno u Srbiji ne postoji tehnička regulativa koja bi služila kao osnov za efikasnu i stručnu klasifikaciju oštećenja. Važeći pravilnik [7] ne daje potrebnu stručnu osnovu za procenu štete sa aspekta građevinskog konstrukterstva. U evropskoj praksi se primenjuje EMS-98 [8] koji ima detaljno razrađene klasifikacije tipova zgrada, klasa izloženosti, nivoa oštećenja i drugo i daje smernice za rad, ali nema potrebnu detaljnost za praktičnu primenu. Najdetaljnije razrađenu procenu šteta i klasifikacije daju dokumenti od strane Američke državne agencije za krizne situacije (Federal Emergency Management Agency – FEMA) [5], [6] koji sa druge strane veoma detaljno razmatraju problematiku. To zahteva u primeni povećanje obimnosti posla i dodatno vreme, što nije primereno u slučaju elementarne nepogode, kada je potrebna efikasna procena štete.

Ideja autora je da ovim radom ukaže na potrebu postojanja metodologije i procedura za procenu šteta na zidanim objektima nakon zemljotresa i da je potrebno da sama metodologija i procedure budu obrađene na dovoljno detaljan način, a da sa druge strane bude omogućena njihova brza i laka primena.

2 ZIDANI OBJEKTI

Zidani objekti su po konstruktivnom sistemu masivne konstrukcije. Po pitanju nosivosti za vertikalna opterećenja, zidani objekti su izuzetno povoljni i zadovoljavajućih karakteristika u odnosu na cenu. Sa druge strane, zbog masivnog konstruktivnog sistema, zidani objekti su izrazito kruti, odnosno poseduju veoma malu žilavost i duktilnost, samim tim i relativno malu otpornost na dejstvo seizmičkih sila. Međutim, određenim konstruktivnim rešenjima i pravilnim postupcima izgradnje aseizmičkih objekata visokogradnje, otpornost na seizmička dejstva se može dovesti na prihvatljiv nivo.

Uzroci zbog kojih dolazi do nastanka štete na zidanim objektima mogu biti: loš kvalitet ugrađenog materijala, loš kvalitet izvedenih radova, primena materijala koji ne podnose sile zatezanja, nepostojanje duktilnosti, velika masa konstrukcije, nepostojanje serklaža, velike površine zidanih elemenata bez serklaža, loše izvedeno fundiranje objekta, loše rešeni konstruktivni detalji i drugo.

Oštećenja nastala tokom zemljotresa mogu se klasifikovati prema različitim kriterijumima, mogućnost korišćenja objekta, visina troškova sanacije kojima se objekat dovodi u funkcionalno stanje i drugi.

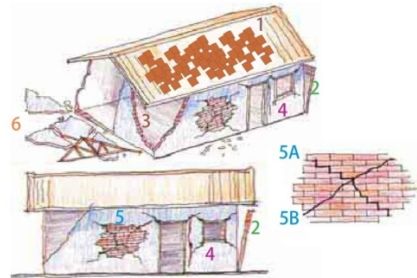
Nakon dejstva razornih zemljotresa je najbitnije utvrditi da li objekat može da ispuni svoju funkciju ili ne. Prema tom principu mogu se definisati tri nivoa oštećenja na objektima:

- Funkcionalni objekti - objekti koji su neoštećeni ili malo oštećeni, moguće ih je dalje nesmetano koristiti, sanacija se sprovodi paralelno sa korušćenjem objekta;
- Funkcionalni objekti uz sanaciju - objekti koji su oštećeni u toj meri da je potrebno izvršiti sanaciju kako bi se vratili u funkcionalno stanje;
- Nefunkcionalni objekti - objekti koji su u toj meri oštećeni da je sanacija finansijski neisplativa, već je potrebno srušiti i izgraditi nove.

U ovom radu se ne obrađuju klase oštećenosti objekta već karakteristična oštećenja elemenata konstrukcije, koja nastaju na zidanim objektima usled dejstava seizmičkih sila.

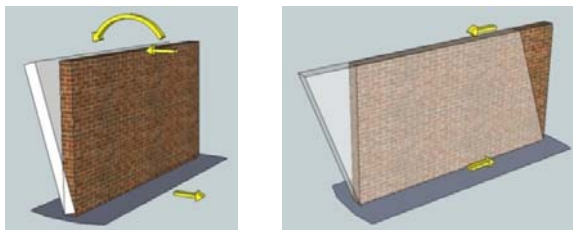
Opšta podela oštećenja kod zidanih objekata prikazana je na Slici 1, uz popis mogućih oštećenja.

1. Klizanje crepova
2. Odvajanje zida (razdvajanje upravni zidova)
3. Lom ugla objekta
4. Plastične pukotine na uglovima otvora
5. Dijagonalne pukotine
 - a) pukotine kroz malter
 - b) pukotine kroz element
6. Rušenje zida van ravni



Slika 1. Tipovi oštećenja [9]

Pored opšte podele, za temu ovog rada bitna je podela u zavisnosti od pravca delovanja seizmičkih sila, gde se razlikuju dva osnovna slučaja, prikazana na Slici 2. [11]



Slika 2. Pravci delovanja seizmičkih sila a) upravno na ravan zid b) u ravni zida

3 KATALOG ŠTETA

U daljem tekstu se kataloški daju moguće štete na zidanim objektima sa prikazom mehanizama loma, opisom nastanka štete i opisom potrebnih uslova. Evropska i svetska praksa, u pogledu formiranja kataloga klasifikacije i priloga mera sanacije oštećenja zidanih objekata nastalih usled seizmičkih dejstava, je široko rasprostranjena, naročito u zemljama koje se nalaze u trusnim područjima. Postoje ulaganja državnih fondova u naučna istraživanja i pripreme dokumenata koja bi omogućila što jednostavniju klasifikaciju oštećenja na licu mesta. Postojanje ovakvih normativa smanjuje vreme potrebno za procenu štete, definiše smernice u daljim radovima na sanaciji ili karakteriše objekte koji moraju biti ponovno izgrađeni. Na ovakav način se postiže efikasnost u čitavom sistemu, a naročito olakšava ljudima koji su direktno pogođeni prirodnom katastrofom (zemljotresom). Kao dobri primeri formiranja kataloga klasifikacije mogu se pomenuti SAD, EU, Italija, Velika Britanija, Indija. Pored navedenog, postojanjem jedinstvenog načina klasifikacije mogu se formirati karte procena štete za određena područja u odnosu na jačinu mogućeg zemljotresa i time lakše izvršiti pregled i planiranje potrebnih sredstava za buduće eventualne elementarne nepogode.

U nastavku teksta se daje preliminarna verzija, koncept *Kataloga šteta zidova zidanih objekata usled zemljotresa*. Dalji rad na katalogu bi trebao da bude usmeren ka dopunjavanju kataloga, izradi priloga sa merama sanacije prikazanih oštećenja (konstruktivna rešenja) i izradi dodatka sa tipičnim detaljima ojačanja i detaljima za izgradnju zidanih objekata.

ŠTETE USLED DEJSTVA SILE UPRAVNO NA RAVAN ZIDA:

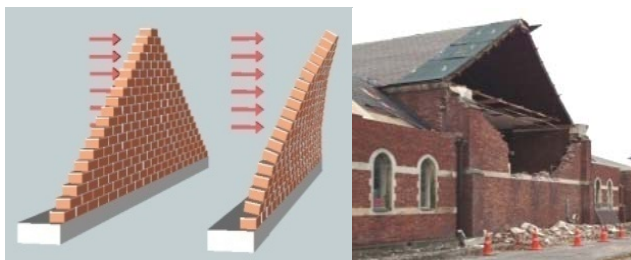
- prevrtanje kalkanskog zida ili parapeta;
- otklon zidova, odvajanje zida od upravnog zida;
- razdvajanje slojeva zida sa lošom vezom i lom jednog sloja;
- izbijanje sloja zida gredom ili međuspratnom tavanicom upravno na ravan zida, usled pomeranja;
- izbijanje zida usled udara upravnog zida;
- obrtanje zida sa delom upravnog zida;
- obrtanje zida ili dela zida upravno na ravan zida;
- proklizavanje zida upravno na njegovu ravan;
- prelom zida usled pritiska krovne konstrukcije;

ŠTETE USLED DEJSTVA SILE U RAVNI ZIDA:

- dijagonalne pukotine između otvora (na stubovima);
- dijagonalne pukotine između otvora (na parapetima);
- pukotine nastale savijanjem (na stubovima ili parapetima);
- klizanje ugla zida;
- vertikalne pukotine usled naleganja krovne konstrukcije;

I PREVRTANJE KALKANSKOG ZIDA ILI PARAPETA

Skica/Slika [13]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

- Mehanizam loma nastaje usled prevrtanja zida oko horizontalne ose,
- Horizontalno opterećenje nastaje usled sopstvene težine i inercijalnih sila,
- Horizontalno opterećenje dovodi do pojave momenta savijanja,
- Moment savijanja zateže ivicu zida i teži da prevrne zid,
- Opeka (blok) nema mogućnost prijema sila zatezanja, nastaje lom;

Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Nedostatak AB serklaža na vrhu kalkanskog zida,
- Nepostojanje veze kalkanski zid - krovna konstrukcija.

II OTKLON, ODVAJANJE ZIDA OD UPRAVNOG ZIDA

Skica/Slika [4],[4],[11]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

- Mehanizam loma nastaje zbog nesinhronog pomeranja upravnih zidova,
- Zid u pravcu delovanja sile ima daleko manja pomeranja od zida koji je upravan na pravac delovanja horizontalne sile;

Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Loša međusobna veza zidova, loš malter, loše preklapanje opeke,
- Nedostatak krute tavanice, nepostojanje vertikalnog AB serklaža,
- Nedostatak horizontalnih AB serklaža,
- Nepostojanje armature položene između redova zida.

III RAZDVAJANJE I LOM SLOJEVA ZIDA

Skica/Slika [14],[12]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

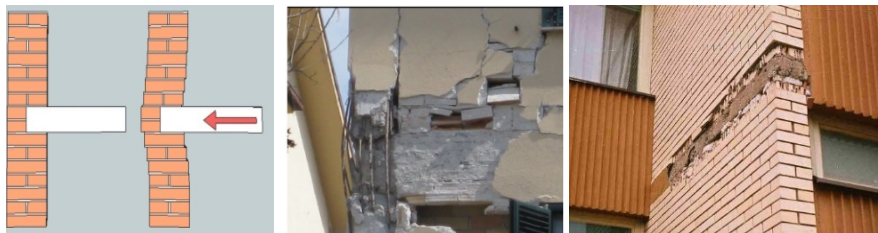
- Mehanizam loma nastaje usled dejstva sile upravno na ravan višeslojnog zida,
- Zid nema mogućnost prijema nastalog horizontalnog opterećenja,
- Dolazi do prevrtanja ili izbočavanja zida, gubitka ravnoteže i stabilnosti, kolapsa dela zida ili celog zida,
- Unutrašnji sloj zida često ostaje stabilan jer je pritisnut;

Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Nepostojanje kvalitetne veze među slojevima zida, ankera za vezu,
- Nepostojanje AB serklaža na vrhu zida koji povezuje slojeve.

IV IZBIJANJE ZIDA MEĐUSPRATNOM TAVANICOM (GREDOM)

Skica/Slika [11],[11]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

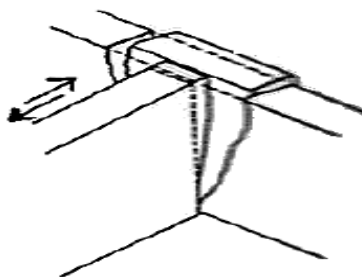
- Horizontalne sile nastaju usled pomeranja međuspratne tavanice ili grede upravno na ravan zida;
- Lom nastaje proklizavanjem zida po spojnici ili usled savijanja;
- Lom proklizavanjem je lokalnog karaktera (često ne dovodi do kolapsa);
- Lom savijanjem dolazi do obrtanja dela zida (često dolazi do kolapsa);

Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Nedostatak horizontalnih AB serklaža zida u nivo tavanice (grede);
- Loš kvalitet maltera i loš konstruktivni detalj kritičnog mesta.

V IZBIJANJE ZIDA USLED UDARA UPRAVNOG ZIDA

Skica/Slika [10]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

- Veća krutost zida čija je ravan u pravcu pomeranja dovodi do unošenja bočne sile u zid upravno na pravac pomeranja;
- Lom nastaje usled postojanja horizontalne sile koja dovodi do smicanja spojnica u zidu ili loma zida usled zatezanja nastalog savijanjem;
- Oštećenja su vertikalna;

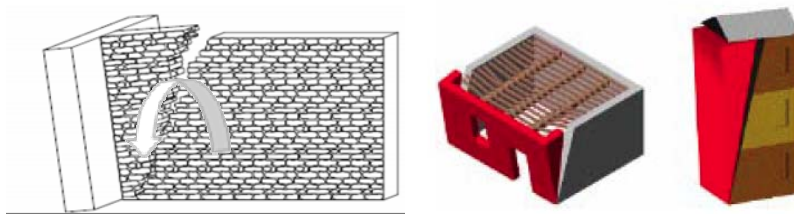
Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Nepostojanje dodatne armature AB vertikalnog serklaža ispuštene u zid koji je pretrpeo

oštećenja, loš kvalitet maltera, nepostojanje horizontalnog AB serklaža.

VI OBRTANJE ZIDA SA DELOM POPREČNOG ZIDA

Skica/Slika: [10],[10]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

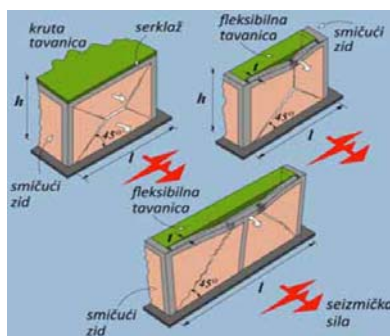
- Usled lošeg kvaliteta materijala upravnog zida i kvalitetne veza dva upravna zida, dolazi do obrtanja zida sa delom upravnog;
- Nagomilavanje horizontalne sile koja vuče upravni zid koji se ponaša kao oslonac;
- U zavisnosti od kvaliteta materijala upravnog zida pukotine mogu biti pod uglom: od 30-45° dobar kvalitet materijala, 15-30° srednji kvalitet materijala i 0-15° loš kvalitet materijala.

Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Kvalitetan spoj dva zida, loš kvalitet materijala i izrade zida koji puca;
- Nepostojanje AB horizontalnih serklaža ili manjak armature u njima.

VII OBRTANJE ZIDA - DELA ZIDA UPRAVNO NA RAVAN

Skica/Slika [2]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

- Lom nastaje usled horizontalne sile koja dovodi do savijanja zida upravno na ravan, dolazi do obrtanja zida - dela zida i mogućeg gubitka ravnoteže,
- Oblik i način loma zavisi od odnosa dužina/visina (L/H) i konturnih uslova;

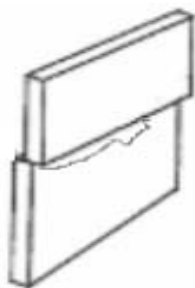
Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Kruta tavanica, dobri serklaži, nepovoljan odnos L/H ;

- Fleksibilna tavanica, loša armatura horizontalnih AB serklaža, nepovoljno L/H.

VIII PROKLIZAVANJE ZIDA UPRAVNO NA RAVAN ZIDA

Skica/Slika: [10]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

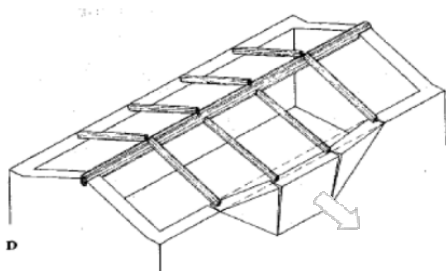
- Mehanizam loma nastaje usled proklizavanja zida ili dela zida na mestu degradacije kvaliteta maltera i zida, uglavnom zbog vremenskih nepogoda;
- Do proklizavanja obično dolazi na mestima: ispod krovne konstrukcije, na spoju zid-temelj i na mestima otvora;

Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Formiranje kritičnih mesta degradacije zida usled izloženosti padavinama,
- Nepostojanje vertikalnih AB serklaža na propisanim rastojanjima i oko otvora.

IX PRELOM ZIDA USLED PRITISKA KROVNE KONSTRUKCIJE

Skica/Slika [10],[17]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

- Oslanjanjem krova na obodni zid unosi se horizontalna sila, upravno na ravan zida,
- Tokom zemljotresa dolazi do nesinhronih pomeranja, što dovodi do loma zida upravno na ravan, usled savijanja;

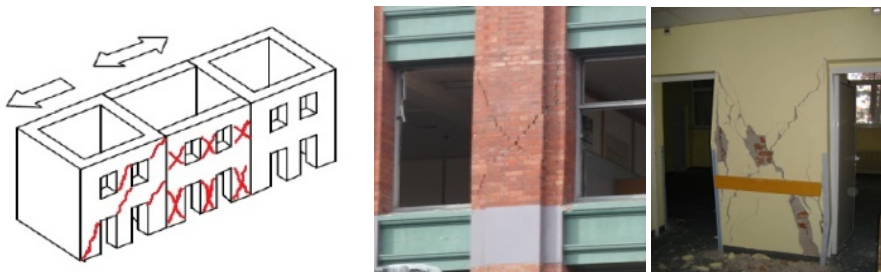
Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Nepostojanje krute tavanice ili zatega između zidova na koje se oslanja krovna

konstrukcija, veliki razmak vertikalnih AB serklaža.

X DIJAGONALNE PUKOTINE IZMEĐU OTVORA (NA STUBOVIMA)

Skica/Slika [10],[15],[4]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

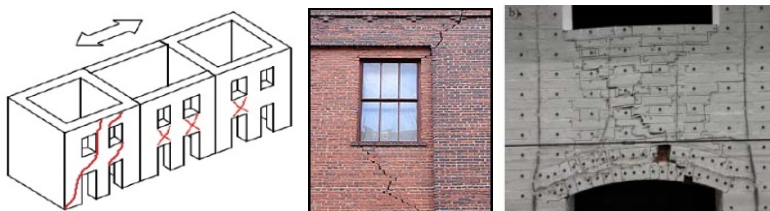
- Lom nastaje usled delovanja horizontalne sile u pravcu ravni zida;
- Formira se pritisnuta dijagonala kroz element, nastaju sile zatezanja upravno na pružanje pritisnute dijagonale, dolazi do pojave pukotina usled dejstva sile zatezanja i smicanja;
- Prikazani mehanizam je tipičan za šire stubove;
- Pojava pukotina zavisi od odnosa visina-dužina stuba;

Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Loše armiranje ili nepostojanje vertikalnih AB serklaža oko otvora u zidovima;
- Nedovoljna površina preseka zamišljene pritisnute dijagonale da prihvati pritisak.

XI DIJAGONALNE PUKOTINE IZMEĐU OTVORA (NA PARAPETIMA)

Skica/Slika [10],[16]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

- Lom nastaje usled delovanja horizontalne sile u pravcu ravni zida;
- U parapetima koji vezuju zidna platna dolazi do promene dužine dijagonale i pojave pukotina;
- Moguća pojava pukotina ovog tipa kroz više spratova, češće na objektima na početku i kraju niza kuća, odnosno na delovima objekta uz upravne fasade;

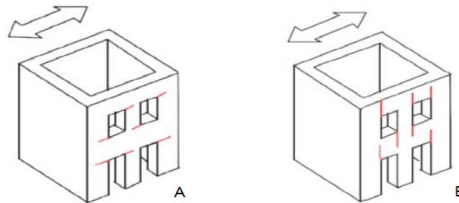
Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Nedovoljna površina preseka zamišljene pritisnute dijagonale da prihvati pritisak;
- Loše armirana nadvratna-nadprozorna greda, nepostojanje horizontalnih i/ili vertikalnih AB serklaža oko otvora;

- Nepostojanje AB horizontalnog serklaža na parapetu, objekta sa ravnim krovom.

XII PUKOTINE NASTALE SAVIJANJEM (NA STUBU ILI PARAPETU)

Skica/Slika [10]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

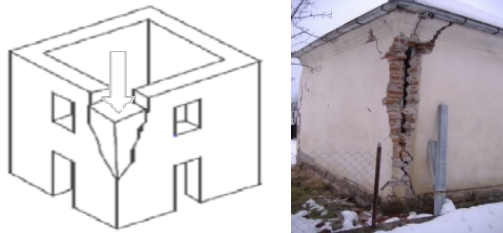
- Prilikom pomeranja dolazi do deformacije zidanog okvira sa malim nivoom duktilnosti i nastanka pukotina u zoni ugla otvora. Pukotine mogu biti horizontalne i vertikalne;
- Horizontalne pukotine nastaju kada se parapet ponaša kao kruto telo, pukotina nastaje na vertikalnom zidanom stubu. Vertikalne pukotine nastaju kada se stubovi ponašaju kao kruto telo, zglobovi se javljaju na parapetima;
- Pukotine na stubu ili parapetu zavise od odnosa visina i širina dela zida;

Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Različita krutost zidanih elemenata konstrukcije (vertikalnih stubova i parapeta);
- Loše izvedeni detalji otvora u zidovima, nedostatak nadvratnih-nadprozornih greda, AB serklaža, loš kvalitet vertikalnih zidanih stubova.

XIII KLIZANJE ČOŠKA ZIDA

Skica/Slika [10],[4]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

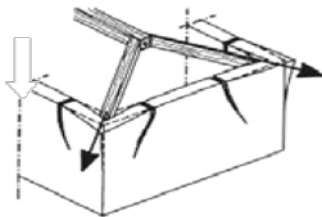
- Karakterističan lom za objekte koji osciluju torziono pri zemljotresu,
- Lom nastaje kada se spoje dijagonale pukotina na upravnim fasadnim zidovima;
- Pomeranje čoška objekta usled rotacije unosi silu smicanja u ravan zida što dovodi do pojave pukotina i klizanja čoška zida;

Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Nepravilne osnove i nepoklapanje centra mase i krutosti, dolazi do rotacije;
- Loša armatura ili nepostojanje horizontalnih serklaža po vrhu zida;
- Loša armatura ili nepostojanje vertikalnih serklaža na uglovima objekta.

XIV VERTIKALNE PUKOTINE USLED NALEGANJA KROVNE KONSTRUKCIJE

Skica/Slika [10]:



Mehanizam loma i opis nastanka oštećenja:

- Oslanjnja krovne konstrukcije na obodne zidove dovodi do loma zida u ravni zida;
- Krovna konstrukcija unosi silu zatezanja u zid, dolazi do pojave pukotina;
- U slučaju lošeg kvaliteta opeke i maltera može doći do izbijanja dela zida i kolapsa krovne konstrukcije;

Potrebni uslovi nastanka oštećenja:

- Nepostojanje krute tavanice, zatega ili horizontalnih serklaža;
- Povećanje težine krovne konstrukcije promenom pokrivača ili dodavanjem dodatnih elemenata na krovnu konstrukciju.

4 ZAKLJUČAK

U radu je dat osnovni pregled mogućih oštećenja na zidanim objektima usled dejstva zemljotresa i predložena je klasifikacija koja prati svetske trendove klasifikacije oštećenja zidanih objekata usled dejstva zemljotresa. Nastanak većine oštećenja leži u nepoštovanju sledećih principa: kompaktnost osnove i dovoljan broj zidova u oba pravca; postojanje serklaža, (horizontalni, vertikalni, kosi); spoj temelja i horizontalnih serklaža (za zidane temelje); ankerisanje zida (spoj vertikalnih serklaža i zida); pravilan spoj horizontalnih i vertikalnih serklaža, i drugo.

Primena znanja iz oblasti seizmičkog inženjerstva je neophodna, jer se time konstruišu, saniraju i grade objekti bolje seizmičke otpornosti, pa samim tim i umanjuje mogućnost ugrožavanja ljudskih života i pojave velikih oštećenja nakon zemljotresa, odnosno umanjuju se troškovi ulaganja u obnovu objekata nakon pojave zemljotresa.

Nažalost, postojanje velikog broja izgrađenih zidanih objekata, koji ne poseduju odgovarajuće elemente za obezbeđivanje duktilnosti, odnosno objekti koji su neadekvatno izgrađeni predstavlja veliki problem. Oni predstavljaju opasnost po ljude koji u njima žive i potencijal za velike materijalne štete za vreme zemljotresa. Potrebno je izvršiti procenu broja takvih objekata i dati određena rešenja za poboljšanje seizmičke otpornosti pomenutih objekata, kako bi se umanjile moguće štete usled zemljotresa.

LITERATURA

- [1] Aničić, Fajfer, Petrović, Szavits-Nossan, Tomažević: *Zemljotresno inženjerstvo, visokogradnja* -; Građevinska knjiga, Beograd 1990;
- [2] Salatić R., Marko Marinković.: *Tipovi oštećenja zidanih zgrada usled dejstva zemljotresa prema preporukama FEMA 306*, Inženjerska komora Srbije, permanentno usavršavanje, decembar 2013. godine.;
- [3] Manić M., Bulajić B.: *Ponašanje zidanih zgrada u Kraljevačkom zemljotresu od 03. novembra 2010. godine – iskustva i pouke*, Izgradnja, Časopis Udruženja inženjera građevinarstva, geotehnike, arhitekture i urbanista „Izgradnja“, Godina LXVII, Broj 5-6, str. 89-97, Beograd, Republika Srbija;
- [4] Manić M., Bulajić B.: *Zašto procena šteta na građevinskim objektima u Kraljevačkom regionu nije izvršena ni godinu dana nakon zemljotresa od 03.11.2010. godine?*, Izgradnja, Časopis Saveza građevinskih inženjera i tehničara Srbije, Saveza arhitekata Srbije, Društva za mehaniku tla i fundiranje Srbije, Udruženja urbanista Srbije, Godina LXVI, Broj 5-6, str. 269-308, Beograd, Republika Srbija;
- [5] The Applied Technology Council.: *Repair of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings – FEMA308*, 1998;
- [6] The Applied Technology Council.: *Evaluation Of Earthquake Damaged Concrete And Masonry Wall – FEMA306*, 1998;
- [7] Službeni list SFRJ, br. 27/87: *Uputstvo o jedinstvenoj metodologiji za procenu šteta od elementarnih nepogoda*, 1987;
- [8] European Seismological commission.: *European Macroseismic Scale 1998 - EMS98*, Luxemburg, 1998;
- [9] Teddy Boen & Associates.: *Retrofitting Simple Buildings Damaged By Earthquakes, Second Edition*, January 2010;
- [10] Università di Padova (Italy)/NIKER: *Inventory of earthquake-induced failure mechanisms related to construction types, structural elements, and materials*, April 2010, and *ANNEX I – DAMAGE ABACUS*, April 2010.;
- [11] H. Kaplan i grupa autora *Structural damages of L'Aquila (Italy) earthquake*;
- [12] Dinesh Bhudia Patel, Devraj Bhanderi Patel, Khimji Pindori.: *Repair and strengthening guide for earthquake damaged lowrise domestic buildings in Gujarat, India*;
- [13] <http://reidmiddleton.wordpress.com/2011/03/14/5/> (posećeno 22.08.2014.);
- [14] <http://www.petercox.com/cavitywallties.php> (posećeno 23.08.2014.);
- [15] <http://mceer.buffalo.edu/publications/bulletin/10/24-02/03NewZealandQuake.asp> (posećeno 22.08.2014.);
- [16] <http://www.acmetuckpointing.com/inspect.html> (posećeno 23.08.2014.);
- [17] <http://www.cdm.me/drustvo/crna-gora/zemljotres-koji-je-izmijenio-crnogorsko-primorje> (posećeno 24.08.2014.);