

PRIMERI SANACIJE VIŠESPRATNIH STAMBENIH ZIDANIH ZGRADA OŠTEĆENIH ZEMLJOTRESOM U KRALJEVU

EXAMPLES OF HOUSING REHABILITATION MULTISTORY MASONRY BUILDINGS DAMAGED IN THE EARTHQUAKE IN KRALJEVO

UDK: 69.059.2:550.34

Stručni rad

Drago OSTOJIĆ, dipl. građ. inž.

Prof. dr Mihailo MURAVLJOV, dipl. građ. inž.

Prof. dr Boško STEVANOVIĆ, dipl. građ. inž.

REZIME

Zemljotres koji je pogodio Kraljevo i okolinu 03.11.2010. godine ošteti je, u većoj ili manjoj meri, mnoge objekte. Objekti koji su novijeg datuma i koji su projektovani i izvedeni u skladu sa seizmičkim propisima pretrpeli su veoma mala, zanemarljiva oštećenja. Međutim, objekti koji su građeni pre 40 i više godina, kada nisu postojali propisi za projektovanje i izvođenje objekata u seizmičkim područjima, pretrpeli su znatna oštećenja. Ovo se naročito odnosi na zidane objekte.

U radu su prikazani primeri sanacije nekoliko zidanih višespratnih stambenih zgrada u Kraljevu oštećenih zemljotresom. Radi se o objektima koji su svojevremeno još i nadograđeni za jednu ili dve etaže, uz poštovanje propisa i pravila struke, a koji su ipak pretrpeli dosta značajna oštećenja. Projekti sanacije su obuhvatili konstrukcijsku sanaciju takvih zgrada, pri čemu su oni sadržali seizmičku analizu zgrada pre zemljotresa, kao i proračun odgovarajućih ojačanja zidova tih zgrada za slučaj delovanja sila VIII stepena seizmičkog intenziteta. U radu su takođe prikazani i detalji za izvođenje sanacionih radova koji su tako koncipirani da se njihovim izvođenjem u najmanjoj mogućoj meri remeti funkcija stanovanja.

Ključne reči: zemljotres, zidane zgrade, nadogradnja, oštećenja, projekti sanacije.

SUMMARY

The earthquake that struck Kraljevo and its surroundings 3/11/2010. The damage was to a greater or lesser extent, many buildings. Objects that are relatively new and are designed and constructed in accordance with the seismic regulations have suffered very small, negligible damage. However, buildings which were built before the 40 or more years, when there were no regulations for design and construction of buildings in seismic areas, suffered extensive damage. This is especially true of masonry structures.

The paper presents several examples of rehabilitation of masonry multistory apartment buildings damaged by earthquake in Kraljevo. The facilities that were once more and updated for one or two floors, with respect to rules and regulations of the profession, and who still suffered a lot of significant damage. Rehabilitation projects have included structural repair of such buildings, where they contained the seismic analysis of buildings before the earthquake, and the calculation of the corresponding reinforcement of the walls of the building in case of force VIII activity level of seismic intensity. The paper also presents the details for carrying out repair works, which are also designed to bring them to the least possible disturb the residents.

Key words: earthquake, masonry buildings, update, damages, rehabilitation projects.

UVOD

Zemljotres koji je pogodio Kraljevo i okolinu 03.11.2010. godine najviše je ošteti zidane objekte, pri

Adresa autora: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd
E-mail: drago@imk.grf.bg.ac.rs; mmuravljev@imk.grf.bg.ac.rs; bole@imk.grf.bg.ac.rs

čemu su takvi objekti, građeni u novije vreme, u principu pretrpeli znatno manja oštećenja od "starijih" objekata. Pri ovome je broj objekata toga tipa koji su pretrpeli potpuni kolaps, ili objekata koji su zbog visokog stepena oštećenja postali nebezbedni za upotrebu, praktično bio veoma mali. To je bio slučaj samo kod nekih individualnih zgrada kod kojih su potpuno ignorisana osnovna pravila graditeljske struke i gde je bilo evidentno da je

kvalitet upotrebljenih materijala daleko ispod prihvatljivih granica.

Kada je reč o zidanim zgradama koje su tokom zemljotresa pretrpele veća ili manja oštećenja, slobodno se može reći da su sve one, čak i kada su u pitanju zgrade koje nisu u svemu projektovane i izvedene prema *Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima* (Sl. list SFRJ br. 31/80, 49/82 i 29/83), dobro „podnele“ zemljotres VIII stepena seizmičkog intenziteta prema skali MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg). Naime, zemljotres VIII stepena predstavlja maksimalni intenzitet zemljotresa za Kraljevo sa okolinom prema članu 2. navedenog pravilnika, koji glasi:

Saglasno odredbama ovog pravilnika objekti visokogradnje u seizmičkim područjima (u daljem tekstu: objekti visokogradnje) projektuju se tako da zemljotresi najjačeg intenziteta mogu prouzrokovati oštećenja nosivih konstrukcija, ali ne sme doći do rušenja objekata.

Odmah nakon zemljotresa pristupilo se pregledu objekata, kategorizaciji oštećenja, izradi projekata sanacije i, u toku februara 2011. godine, prvim ozbiljnijim radovima na sanaciji oštećenih objekata.

U ovom radu se, pored opštih principa projektovanja i građenja u seizmičkim područjima, prikazuju i primeri sanacije nekoliko zidanih višespratnih stambenih zgrada u Kraljevu oštećenih zemljotresom.

OSNOVNI PRINCIPI PROJEKTOVANJA SEIZMIČKI OTPORNIH OBJEKATA

Kao što je našoj stručnoj javnosti poznato, prvi propisi za projektovanje, dimenzionisanje i izvođenje zgrada i drugih građevina u seizmičkim područjima pod nazivom “Pravilnik o privremenim tehničkim propisima za građenje u seizmičkim područjima”, kod nas je donet 1964. godine, samo godinu dana nakon katastrofalnog zemljotresa u Skoplju (1963.).

Nakon zemljotresa u Crnoj Gori 1979. godine, pak, doneti su novi propisi pod nazivom “Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima”. Ovaj pravilnik, objavljen 1981. godine, delimično je menjan i dopunjavan 1982., 1983., 1988. i 1990. godine i, kao takav, i danas je u upotrebi.

U navedenim pravilnicima, kao i u mnogobrojnoj stručnoj literaturi, definisani su opšti principi konstruisanja seizmički otpornih konstrukcija. Ovde se navodi nekoliko osnovnih principa:

– Pri izboru lokacije budućeg objekta izbegavati nehomogena, nasuta i uopšte nestabilna tla. Ako to nije moguće, objekat treba razdvojiti na pojedinačne konstruktivne celine prema uslovima tla.

– Dispozicija konstrukcije treba da bude pravilna i jednostavna, kako u osnovi, tako i po visini.

– Ako su osnove nepravilne i izlomljene, ili je objekat neujednačen po visini, projektuju se aseizmičke razdelnice.

– Međuspratne konstrukcije se projektuju tako da predstavljaju krute horizontalne dijafragme, sposobne da

prenesu seizmičke uticaje na vertikalne elemente konstrukcije.

– Konstruktivni elementi osnovnog sistema izrađuju se od čvrstog duktilnog materijala, dok se za nekonstruktivne elemente upotrebljava lakši materijal.

– Osnovni sistem zidanih konstrukcija su noseći zidovi u oba ortogonalna pravca objekta, povezani po visini krutim međuspratnim konstrukcijama i horizontalnim serklažima.

– Zidane konstrukcije se projektuju kao: obične zidane konstrukcije, zidane konstrukcije sa vertikalnim serklažima i kao armirane zidane konstrukcije.

Ovde treba istaći da se savremeno aseizmičko projektovanje zasniva na postavci da kod slabijeg zemljotresa građevina ne sme biti oštećena, da su kod umereno jakog zemljotresa dozvoljena lakša oštećenja noseće konstrukcije, a da zemljotres najjačeg intenziteta, kao što je napred već rečeno, može prouzrokovati značajna oštećenja noseće konstrukcije, ali bez rušenja objekta. Drugim rečima, ljudski životi moraju biti sačuvani i u najjačem zemljotresu. Ovakve principe nije jednostavno numerički obuhvatiti, jer je svaki zemljotres unikatni događaj, nepredvidivog intenziteta i trajanja.

OSNOVNI PRINCIPI SANACIJE ZIDANIH ZGRADA OŠTEĆENIH ZEMLJOTRESOM

U stručnoj literaturi mogu se pronaći osnovni principi sanacije objekata oštećenih zemljotresom, kao i mnogobrojni primeri izvedenih sanacija. Pored toga, u svetskim okvirima postoji i vrlo obimna regulativa koja se bavi problematikom sanacija objekata oštećenih zemljotresima.

U našoj zemlji je 1985. godine donet “Pravilnik o tehničkim normativima za sanaciju, ojačanje i rekonstrukciju objekata visokogradnje oštećenih zemljotresom i za rekonstrukciju i revitalizaciju objekata visokogradnje”, gde su navedeni postupci za sanaciju armiranobetonskih i zidanih konstrukcija, kao i za sanaciju temeljnih konstrukcija. Osnovni zahtev naveden u članu 2. navedenog pravilnika je na istoj liniji kao odredba sadržana u članu 2. već pomenutog “Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima”: sanacija i ojačanje objekata u seizmičkim područjima izvodi se tako da zemljotresi najjačeg intenziteta mogu prouzrokovati oštećenja nosećih konstrukcija, ali ne i rušenja objekata.

Na bazi poznavanja osnovnih principa projektovanja i ponašanja zgrada pri zemljotresima, uvek se može doneti pravilna odluka o tehničkim merama i metodama za sanaciju, odnosno povećanje seizmičke otpornosti konkretnog objekta. Koje mere i metode će biti primenjene, zavisi od konfiguracije konkretne zgrade, zavisi od vrste i kvaliteta materijala od kojeg je izgrađena, stepena oštećenja, kao i od nivoa seizmičke otpornosti koji treba postići. Pri ovome konačna odluka o načinu sanacije, odnosno ojačanja, uvek treba da bude zasnovana na odgovarajućem proračunu, inženjerskoj odluci, kao i na podacima vezanim za snimljeno stanje objekta uključujući

jući i njegova oštećenja, kao i na podacima o vrstama i kvalitetu materijala od kojih je izvedena njegova noseća konstrukcija.

„Pravilnik o tehničkim normativima za sanaciju, ojačanje i rekonstrukciju objekata visokogradnje oštećenih zemljotresom i za rekonstrukciju i revitalizaciju objekata visokogradnje“ propisuje da se sanacija i ojačanje zidanih konstrukcija vrši:

- 1) – ojačanjem i sanacijom postojećeg nosećeg sistema;
- 2) – ojačanjem sa prezidivanjem pojedinih zidova u sistemu konstrukcije;
- 3) – uvođenjem novih zidova u osnovni sistem konstrukcije;
- 4) – povezivanjem konstrukcije zidova u nivou međuspratnih konstrukcija.

Konstrukcije od opeke ili raznih vrsta blokova ojačavaju se:

- 1) – injektiranjem pukotina cementnom emulzijom;
- 2) – oblaganjem zidova s jedne ili s obe strane armaturom i cementnim malterom debljine 3cm do 5cm, pri čemu se armatura sidri za prethodno očišćen zid na kome su otvorene fuge i pukotine koje se ispunjavaju na čitavoj debljini zida;
- 3) – uvođenjem vertikalnih i horizontalnih serklaža, uz injektiranje pukotina;
- 4) – prednaprežanjem zidova uz prethodno injektiranje pukotina cementnom emulzijom.

Ako postoje oštećenja i dislokacije zidova, oni se moraju prezidati istim materijalom boljeg kvaliteta, ili se moraju armirati, odnosno ojačati serklažima.

Ako postojeće međuspratne konstrukcije ne povezuju noseće zidove i nemaju potrebnu krutost, ojačavaju se na sledeće načine:

- 1) Uvođenjem čeličnih zatega s obe strane zidova ako su međuspratne konstrukcije od drveta, pri čemu se, ako su zidovi od kamena, injektiranje zidova vrši u nivou tavanice, u visini od najmanje 60 cm.
- 2) Uvođenjem dijagonalnih zatega ako su međuspratne konstrukcije od drveta, uz istovremeno sidrenje drvenih greda u zidove. Raspored i dimenzije zatega određuju se računski, s tim da se na jednospratnim objektima zatege raspoređuju konstruktivno, bez proračuna.
- 3) Zamenom dotrajale drvene međuspratne konstrukcije tavanicom od armiranog betona, pri čemu se veze tavanice sa svim nosećim zidovima obezbeđuju prosecanjem zidova na razmaku od najmanje 1,5 m.

Na zidove ojačane oblogama od armiranog betona nabacuje se beton debljine 3 cm do 5 cm, marke MB 30, pri čemu se obloga armira vertikalnom i horizontalnom armaturom, i to:

- 1) – srednji deo zida armira se vertikalnom armaturom površine najmanje 0,05% ukupne horizontalne površine zida sa oblogom;
- 2) – na krajevima zida, na dužini od 1/10 dužine horizontalnog preseka zida, grupiše se armatura površine najmanje 0,05% ukupne horizontalne površine zida; ova

armatura vodi kroz međuspratne konstrukcije i ukotvljava se u temeljnu konstrukciju;

- 3) – presek ukupne vertikalne armature ne sme biti manji od 0,15% ukupne horizontalne površine zida;
- 4) – horizontalna armatura u oblogama, po dužnom metru visine, ne sme biti manja od 0,1% ukupne debljine zida;
- 5) – postavljena armatura ankeruje se za prethodno očišćen i dobro pripremljen zid.

Proračun elemenata ojačanih na napred navedene načine vrši se metodom dopuštenih napona ili metodom graničnih stanja.

Prilikom proračunavanja napona, za debljinu zida uzima se osnovni zid povećan za debljinu obloge.

Prilikom proračunavanja krutosti, za debljinu zida uzima se osnovni zid, povećan za četvoro-struku debljinu obloge.

Oštećenje ispune u zidanim objektima (dijagonalne pukotine, lokalna drobljenja po uglovima, ispadanja iz ravni) saniraju se prezidivanjem.

Zidani parapeti, zabatni zidovi, ornamenti i slični elementi saniraju se prezidivanjem, uz eventualno smanjivanje dimenzija, povezivanjem ankerima za osnovnu konstrukciju i ubacivanjem horizontalnih i vertikalnih serklaža, koji se povezuju sa osnovnim konstruktivnim sistemom.

Ornamenti, zidne istake, kamene ograde, fasadna plastika i slično saniraju se sidrenjem za osnovni konstruktivni sistem, zavisno od vrste i njihovog položaja u konstrukciji.

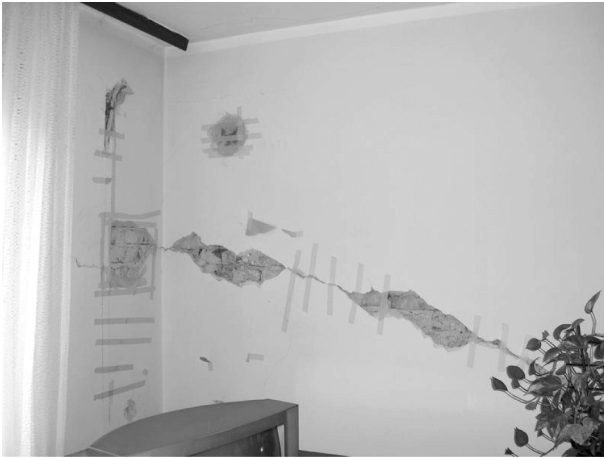
PRIMERI SANACIJE TRI VIŠESPRATNE STAMBENE ZGRADE

U daljem će se prikazati primeri konstrukcijske sanacije tri višespratne stambene zgrade koje su svojevremeno još i nadograđene za jednu ili dve etaže, pri čemu su pri tim nadogradnjama u dovoljnoj meri poštovani propisi i pravila struke. Međutim, predmetne zgrade su tokom zemljotresa ipak pretrpele dosta značajna oštećenja, pa su za njih izrađeni odgovarajući projekti sanacije koji su, između ostalog, sadržali seizmičku analizu zgrada pre zemljotresa, kao i proračune ojačanja zidova tih zgrada za slučaj delovanja sisl VIII stepena seizmičkog intenziteta.

1. Objekat u Jug Bogdanovoj ulici br. 23 predstavlja zgradu zidane konstrukcije pravougaone osnove sa sledećim “svetlim” merama: dužina 37,26 m, širina 10,10 m. Spratnost objekta je Po + Pr + 4, pri čemu su treći i četvrti sprat nadograđeni delovi objekta.

Delovi zgrade izvedeni u prvoj fazi (pre nadogradnje) imali su u okviru zidanih zidova samo horizontalne armiranobetonske serklaže, dok je nadograđeni deo izveden sa sistemom kako horizontalnih, tako i vertikalnih serklaža.

Međuspratne konstrukcije – ploče – izvedene u okviru prve faze su sitnorebraste tavanice, dok one koje pripadaju drugoj fazi predstavljaju tzv. “monta” konstrukcije.



Slika 1. Pukotina u nosećem zidu sa otvorom cca 4mm



Slika 2. Detalj već saniranog oštećenja na kalkanu zgrade kod ulaza 1 sa kratkom pukotinom u zidu veličine otvora preko 4mm

Globalno posmatrano, sistem konstrukcije objekta u odnosu na prihvatanje vertikalnih opterećenja predstavlja sistem koji se sastoji od podužnih nosećih elemenata – od podužnog nosećeg unutrašnjeg (srednjeg) zida “olakšanog” većim brojem otvora za vrata i od dva podužna fasadna noseća zida (sa otvorima za prozore) u okviru kojih u prizemlju postoje i ulazi 1 i 2. Navedene podužno postavljene noseće konstrukcije (dva fasadna zida i jedan zid izveden po sredini objekta – nominalnih debljina 38 cm) predstavljaju, u stvari, konstrukcije koje prihvataju opterećenja od međuspratnih ploča o kojima je napred bilo reči.

U okviru objekta (osim pregradnih zidova debljina 7 cm i 12 cm) postoje i poprečno postavljene zidove debljina 25 cm i 38 cm. Oni su izvedeni na bočnim fasadama zgrade – na kalkanima i u sklopu stepenišnih prostora.

Vizuelno-makroskopskim pregledom utvrđeno je da je tokom zemljotresa objekat pretrpeo određena oštećenja. Ta oštećenja se u opštem slučaju mogu podeliti na oštećenja nekonstrukcijskog i konstrukcijskog karaktera, odnosno na oštećenja koja postoje na zidovima koji nemaju noseću funkciju i na oštećenja na zidovima koji, s obzirom na usvojenu konstruktivnu koncepciju objekta, imaju neku noseću funkciju – funkciju prihvatanja vertikalnih i/ili horizontalnih opterećenja. Jedno od takvih konstrukcijskih oštećenja – oštećenje koje predstavlja pukotinu sa otvorom do cca 4mm u nosećem zidu, prikazano je na slici 1.

Najozbiljnije oštećenje na objektu prikazano je na slici 2, gde se vidi da je pri zemljotresu došlo do lokalnog oštećenja (drobljenja) ivice kalkanskog zida u prizemlju kod ulaza 1. S obzirom na karakter tog oštećenja, do koga je došlo usled odsustva vertikalnog serklaža na toj ivici, neposredno nakon zemljotresa izvedena je interventna sanacija koja se sastojala u izradi na oba kraja predmetnog kalkanskog zida vertikalnih “L” ugaonih AB elemenata; ovi elementi su, u stvari, supstituisali nedostajuće vertikalne serklaže (videti i sliku 5).

Osim opisanog oštećenja, na objektu su registrovana i druga oštećenja na konstrukcijskim i nekonstrukcijskim zidovima, kao što su prsline i pukotine koje su imale otvore i preko 4mm, što je negde praćeno i drugim oštećenjima – otpadanjima zidnih obloga, pukotine – prsline na mestima „razdvajanja“ zidova i plafona, stolarije i zidova; takođe je bilo i mesta značajnih otpadanja malterskih obloga i/ili drobljenja i ispadanja opeka u okviru zidne mase, kao i zona lokalnih rušenja zidne mase.

Na bazi izvršenog vizuelno-makroskopskog pregleda objekta nakon zemljotresa formulisani su sledeći opšti zaključci:

- u okviru podrumске etaže na konstrukcijskim i nekonstrukcijskim elementima praktično ne postoje nikakva oštećenja koja bi se mogla dovesti u vezu sa zemljotresom;
- najveća oštećenja na konstrukcijskim i nekonstrukcijskim elementima objekta registrovana su u prizemlju zgrade;
- u okviru spratova izvedenih u prvoj fazi (pre nadogradnje) postoji minimum konstrukcijskih oštećenja, dok oštećenja nekonstrukcijskog karaktera postoje masovno na zidovima u prizemlju, sa tendencijom smanjivanja po visini zgrade;
- na nadograđenim etažama praktično ne postoje nikakva oštećenja.

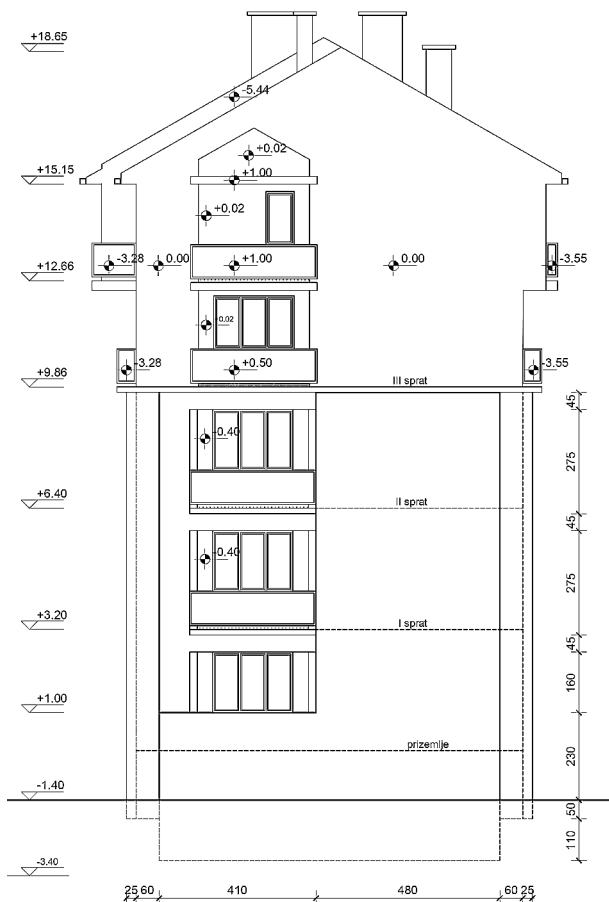
S obzirom na rezultate seizmičkog proračuna sprovedenog prema odredbama aktuelnog *Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima*, a radi prihvatanja seizmičkih sila koje odgovaraju zemljotresu VIII stepena seizmičkog intenziteta prema skali MCS, proizašlo je da u konkretnom slučaju, a nakon sanacije prsline i pukotina u nose-

ćim zidovima, ne postoji potreba za ojačanjem konstrukcije objekta pri delovanju tih sila u **podužnom pravcu**. Naime, proračun je pokazao da postojeći podužni zidovi – oba fasadna, kao i zid postavljen po sredini objekta, a na kojima nije bilo ozbiljnijih konstrukcijskih oštećenja, formiraju konstrukcijski sklop sposoban da prihvati seizmičke sile usmerene u podužnom pravcu zgrade. Međutim, seizmički proračun je, takođe, pokazao da zidovi u poprečnom pravcu nisu u stanju da prihvate seizmičke uticaje, čak ni u slučaju da objekat nije bio nadzidan.

Zbog svega toga, za prihvatanje seizmičkih sila koje deluju poprečno na objekat, predviđeni su sledeći radovi:

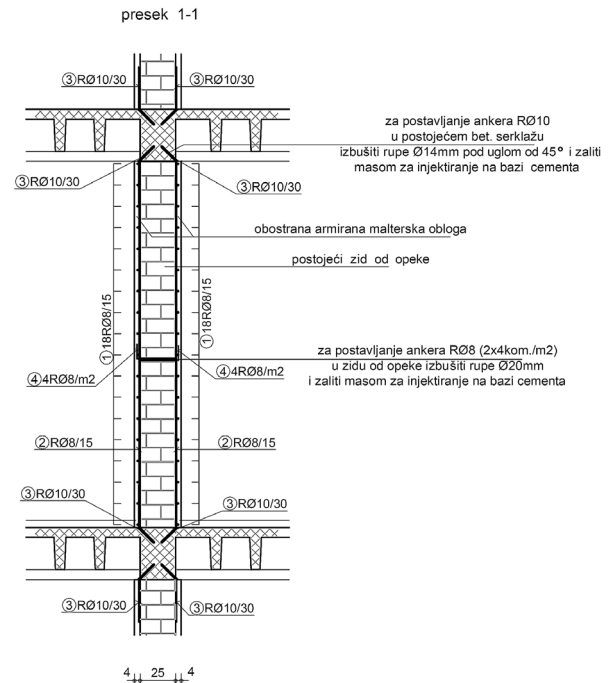
- na bočnom fasadnom zidu – kalkanu na strani ulaza 1, a sa spoljašnje strane tog zida debljine 38cm, predviđeno je izvođenje armiranobetonske obloge debljine 7cm; ova obloga započinje od postojeće temeljne konstrukcije i pruža se po visini podruma (celom širinom zgrade), prizemlja, prvog i drugog sprata (približno do polovine širine zgrade), što znači da ona po visini ide sve do nadograđenog dela zgrade (slika 3);

Jug Bogdanova 23 FASADA



Slika 3. Kompletno ojačanje fasadnog zida – kalkana – na strani ulaza 1: “L” vertikalni serklaži i armiranobetonska obloga debljine 7cm do nivoa nadograđenog dela zgrade

- kalkanski zid na suprotnom kraju zgrade (uz sedni objekat) takođe se ojačava, pri čemu se to ojačanje izvodi sa unutrašnje strane (iz stanova) u vidu armiranih malterskih obloga debljine 4cm u prizemlju, prvom i drugom spratu; ove obloge se pružaju po celokupnim širinama prostorija u kojima se izvode (od podužnih fasadnih zidova do srednjeg zida), dok po visini idu od gornjih površina međuspratnih konstrukcija do ispod plafona (slika 4);



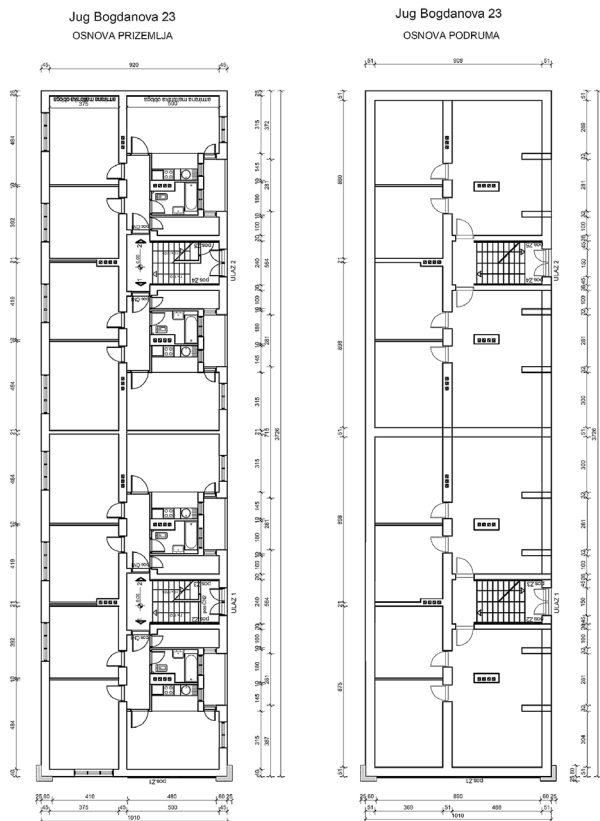
Slika 4. Ojačanje nosećeg zida od opeke izradom armiranih malterskih obloga debljine 4cm

- u okviru stepenišnih prostora, a na stranama prema stepenišnim kracima, izvode se ojačanja zidova debljine 25cm putem izrade armiranobetonskih obloga debljine 7cm; obloge o kojima je reč započinju od temelja predmetnih zidova i pružaju se kroz sve etaže objekta izvedene u prvoj fazi njegove izgradnje, što znači da idu sve do nadograđenog dela zgrade.

Sve napred opisane sanacione intervencije izvode se prema dispozicionim crtežima datim na slici 5, pri čemu se napominje da se sve navedene betonske i malterske obloge sprežu sa zidovima primenom odgovarajućih ankera.

Ovde se napominje da je saniranje prslina i pukotina u nosećim zidovima objekta predviđeno primenom postupaka zaptivanja odgovarajućim glet-masama (ako je reč o sitnim prslinama-pukotinama sa otvorima do 2mm) i injektiranja masama na bazi cementa (ako je reč o pukotinama sa otvorima preko 2mm).

2. Objekat u Obilicevoj ulici br. 17 je zgrada zidane konstrukcije pravougaone osnove sa sledećim “svetlim” merama: dužina cca 43m, širina cca 10,5m. Spratnost objekta je Po + Pr + 4 + Pot, pri čemu su deo četvrtog sprata i potkrovnna etaža nadograđeni delovi objekta.



Slika 5. Dispozicioni crteži sa prikazom ojačanja zidova

Delovi zgrade izvedeni u prvoj fazi imaju u okviru zidanih zidova samo horizontalne armiranobetonske serklaže, dok je nadograđeni deo izveden sa sistemom kako horizontalnih, tako i vertikalnih serklaža.

Međuspratne konstrukcije – ploče – izvedene u okviru prve faze su sitnorebraste tavanice, dok one koje pripadaju drugoj fazi predstavljaju tzv. “monta” konstrukcije.

Globalno posmatrano, sistem konstrukcije objekta u odnosu na prihvatanje vertikalnih opterećenja predstavlja sistem koji se sastoji od podužnih nosećih elemenata – od podužnog nosećeg unutrašnjeg (srednjeg) zida “olakšanog” većim brojem otvora za vrata i od dva podužna fasadna noseća zida (sa otvorima za prozore) u okviru kojih je u delu prizemlja zidana konstrukcija supstituisana nizom AB stubova kružnog poprečnog preseka. Navedene podužno postavljene noseće konstrukcije (dva fasadna zida i jedan zid po sredini objekta) predstavljaju, u stvari, konstrukcije koje prihvataju opterećenja od međuspratnih ploča o kojima je napred bilo reči.

U okviru objekta (osim pregradnih zidova debljina 7cm i 12cm) postoje i poprečno postavljene zidove debljina 25cm i 38cm. Oni su izvedeni na bočnim fasadama zgrade – na kalkanima, u sklopu stepenišnih prostora, a takođe i na još nekim mestima (na primer, kao zidovi za razdvajanje stambenih jedinica).

Ovde se napominje da je na kalkanskoj površini kod ulaza 1. u zgradu zidana konstrukcija u prizemlju supstituisana sa tri armiranobetonska stuba kružnog poprečnog

preseka, pri čemu je zid koji bi u prizemlju trebalo da zatvara datu kalkansku površinu, u podužnom smislu pomenom cca 5m prema unutrašnjosti zgrade.

Pregledom zgrade utvrđeno je da su u njoj, u delu koji je izveden u prvoj fazi, tokom proteklog eksploatacionog perioda vršene različite intervencije u smislu probijanja otvora u zidovima, ukidanja pojedinih delova nosećih zidova i sl., što je sve, globalno posmatrano, bilo od uticaja na nosivost i stabilnost objekta, naročito u odnosu na delovanje seizmičkih sila.



Slika 6. Ojačanje jako oštećenog, u odnosu na kalkansku površinu “uvučenog” zida od opeke, novim armiranobetonskim zidom – interventno sanaciono rešenje

Najozbiljnija oštećenja nastala na objektu pri zemljotresu bila su na “kalkanskom” zidu pomenom cca 5m prema unutrašnjosti zgrade, kao i na armiranobetonskim stubovima kružnog poprečnog preseka izvedenim u tom delu zgrade na samoj kalkanskoj površini. U vezi sa navedenim, neposredno nakon zemljotresa izvedena je interventna sanacija prikazana na slici 6, u okviru koje je jako oštećen “uvučen” zid od opeke ojačan armiranobetonskim zidom.



Slika 7. Jedno od tipičnih oštećenja nosećih zidova

Što se, pak, tiče ostalih oštećenja, ona su po svome tipu potpuno identična oštećenjima na nosećim i nenosećim

ćim zidovima kod zgrade u Jug Bogdanovoj ulici br. 23 (slika 7).

Na bazi izvršenog vizuelno-makroskopskog pregleda objekta nakon zemljotresa formulisani su sledeći opšti zaključci:

- u okviru podrumске etaže na konstrukcijskim i nekonstrukcijskim elementima praktično ne postoje nikakva oštećenja koja bi se mogla dovesti u vezu sa zemljotresom;

- najveća oštećenja na konstrukcijskim i nekonstrukcijskim elementima objekta registrovana su u prizemlju zgrade;

- u okviru prvog sprata praktično nema konstrukcijskih oštećenja, dok oštećenja nekonstrukcijskog karaktera postoje samo na manjem broju zidova;

- na etažama iznad prvog sprata, praktično ne postoje nikakva oštećenja.

S obzirom na rezultate seizmičkog proračuna sprovedenog prema odredbama aktuelnog *Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima*, a radi prihvatanja seizmičkih sila koje odgovaraju zemljotresu VIII stepena seizmičkog intenziteta prema skali MCS, proizilazi da u konkretnom slučaju, a nakon sanacije prslina i pukotina u nosećim zidovima, nije potrebno ojačanje konstrukcije objekta pri delovanju tih sila u podužnom pravcu. Naime, proračun je pokazao da postojeći podužni zidovi – oba fasadna, kao i zid postavljen po sredini objekta, a na kojima uopšte nema konstrukcijskih oštećenja, formiraju konstrukcijski sklop sposoban da prihvati seizmičke sile usmerene u podužnom pravcu zgrade.

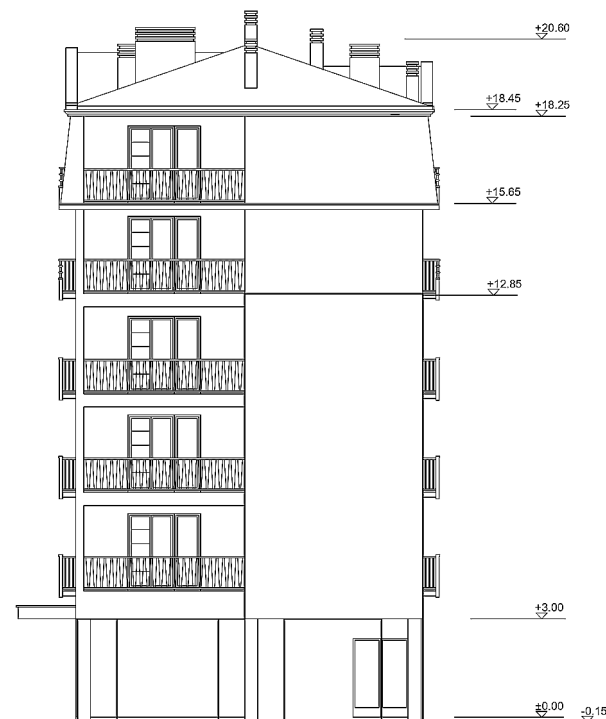
Za prihvatanje seizmičkih sila koje deluju poprečno na objekat, na osnovu sprovedenih proračuna, treba izvesti sledeće radove:

- na bočnom fasadnom zidu – kalkanu, kod postojeća tri armiranobetonska stuba koji postoje samo u prizemlju, treba u okviru prizemlja, uz postojeće stubove, izvesti dodatnu konstrukciju formiranu od armiranobetonskih zidova spregnutih sa tim stubovima; ova konstrukcija će predstavljati ojačanje konstrukcije predmetnog kalkana, pri čemu su dimenzije ojačanja o kojima je reč, a koja započinju od nove temeljne konstrukcije, usvojene tako da se u minimalnoj meri remeti ulaz u zgradu na toj strani objekta (ulaz 1.);

- kao nastavak napred opisane konstrukcije po visini zgrade, na delu kalkana o kome je reč, a sa spoljašnje strane fasadnog zida debljine 38cm, treba izvesti i armiranobetonsku oblogu debljine 7cm; ova obloga treba da se pruža kroz prvi, drugi i treći sprat, što znači da ona po visini treba da ide sve do nadograđenog dela zgrade (slika 8, videti i sliku 9);

- kalkan na suprotnom kraju zgrade takođe treba da bude ojačan, pri čemu će sada postojeći kalkanski zid debljine 38cm dobiti samo ojačanje u vidu spoljašnje armiranobetonske obloge debljine 7cm; obloga o kojoj je reč treba da započne od postojećeg temelja i da u okviru podrumске etaže i prizemlja bude izvedena po celoj širini zgrade (u okviru nje tu će biti i nekoliko manjih prozorskih otvora), pri čemu ona, kao i u prethodnom slučaju,

Fasada - ul.Obilićeva 17



Slika 8. Kompletno ojačanje fasadnog zida – kalkana – na strani ulaza 1 do nivoa nadograđenog dela zgrade

treba da se pruža kroz prvi, drugi i treći sprat (znači, i u ovom slučaju ona po visini treba da ide sve do nadograđenog dela zgrade);

- u okviru stepenišnog prostora kod ulaza 2, treba uz delove postojećih zidova debljine 38cm, a na stranama prema stepenišnim kracima, takođe izvesti ojačanja u vidu armiranobetonskih obloga debljine 7cm; obloge o kojima je reč treba da započnu od temelja predmetnih zidova i da se pružaju kroz sve etaže objekta izvedene u prvoj fazi njegove izgradnje, što znači da treba da idu sve do nadograđenog dela zgrade.

Sve napred opisane sanacione intervencije izvode se prema dispozicionim crtežima datim na slici 9, pri čemu se napominje da se sve zidne obloge sprežu sa zidovima primenom odgovarajućih ankeri.

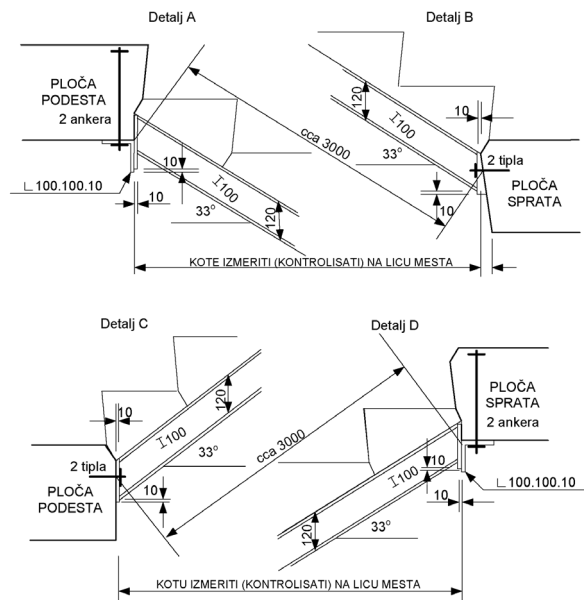
Ovde se napominje da je saniranje prslina i pukotina u nosećim zidovima objekta predviđeno primenom postupaka zaptivanja odgovarajućim glet-masama (ako je reč o sistnim prslinama-pukotinama sa otvorima do 2mm) i injektiranja masama na bazi cementa (ako je reč o pukotinama sa otvorima preko 2mm).

Osim napred rečenog, kao sanciona intervencija konstrukcijskog karaktera predviđeno je i ojačanje stepenišnih krakova u okviru stepenišnog prostora kod ulaza 2. u zgradu. Ovo stepenište pripada tipu tzv. konzolnog stepeništa koje ne dolazi u obzir za primenu u seizmičkim područjima. U konkretnom slučaju to se posebno mora uzeti u obzir iz razloga što konzolni stepenišni no-

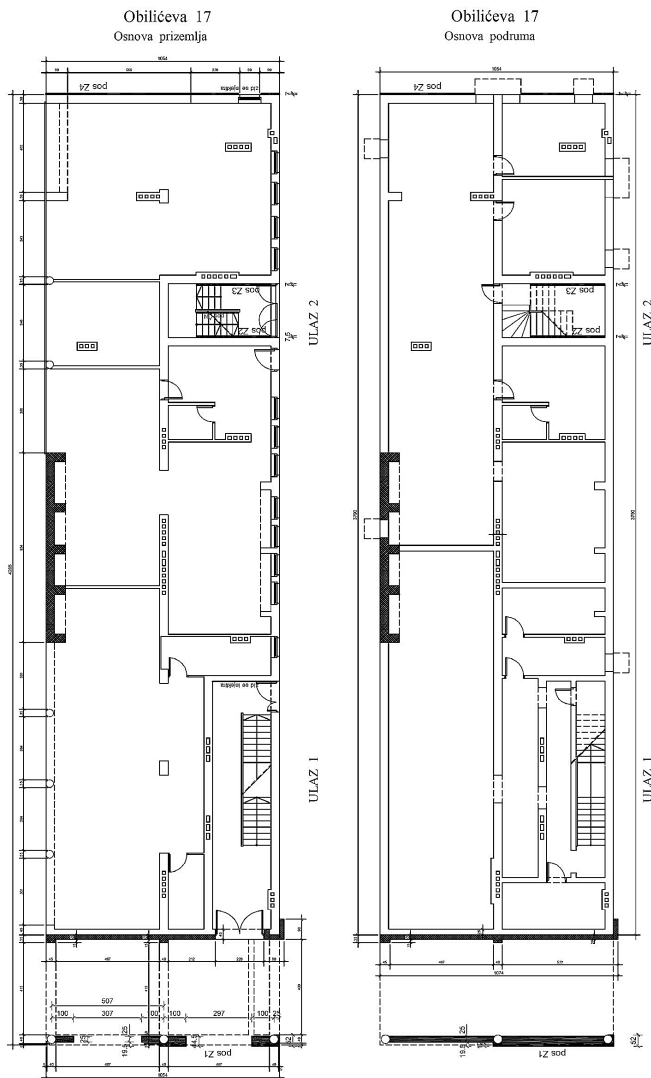
sači nisu uklješteni u zidove koji predstavljaju konstrukcijske elemente za “nošenje” međuspratnih konstrukcija, pa je stoga stepen njihovog uklještenja relativno mali. U vezi sa tim svaki od stepenišnih krakova tog stepeništa treba da bude ojačan tako što će se ispod slobodnih krajeva stepenišnih konzola “podmetnuti” koso postavljene čelični nosači I 100 koji će ispod slobodnih krajeva ranijih konzola formirati oslonake tačke. Navedeni čelični nosači imaju oslonce na međuspratnim konstrukcijama i na podestima, za koje će biti pričvršćeni putem odgovarajućih ankera, odnosno tiplova (slika 10).

3. Objekat u ulici Cara Lazara br. 78, 80 i 82 (slika 11) je zgrada zidane konstrukcije pravougaone osnove sa sledećim “svetlim” merama: dužina cca 60 m, širina cca 13,1m. Spratnost objekta je Po + Pr + 4 + Pot, pri čemu su deo četvrtog sprata i potkrovnna etaža nadograđeni delovi objekta.

Delovi zgrade izvedeni u prvoj fazi imaju u okviru zidanih zidova samo horizontalne armiranobetonske serklaže, dok je nadograđeni deo izveden sa sistemom kako horizontalnih, tako i vertikalnih serklaža.



Slika 10. Dispoziciono rešenje sa detaljima ojačanja stepenica



Slika 9. Dispozicioni crteži sa prikazom ojačanja

Međuspratne konstrukcije – ploče – izvedene u okviru prve faze su sitnorebraste tavanice, dok one koje pripadaju drugoj fazi predstavljaju tzv. “monta” konstrukcije.

Globalno posmatrano, sistem konstrukcije objekta u odnosu na prihvatanje vertikalnih opterećenja predstavlja sistem koji se sastoji od podužnih nosećih elemenata – od dva podužna noseća unutrašnja zida “olakšanih” većim brojem otvora za vrata i od dva podužna fasadna noseća zida (sa otvorima za prozore). Navedene podužno postavljene noseće konstrukcije (četiri podužna zida) predstavljaju, u stvari, konstrukcije koje prihvataju vertikalna opterećenja od međuspratnih ploča o kojima je napred bilo reči.

U okviru objekta postoje tri jednokraka stepeništa, smeštena uz jedan podužni zid. Stepenište se sastoji od zasebnih armiranobetonskih gazišta – talpi koje su uklješteno u noseći zid debljine 38cm. Stepeništa u nadograđenom delu objekta su u vidu kolenašte armiranobetonske ploče oslonjene na AB grede.

U okviru objekta (osim podužnih nosećih zidova) postoje i poprečno postavljene zidove debljina 25cm i 38cm. Oni su izvedeni na bočnim fasadama zgrade – kalkanima (dva zida debljine 38cm), i dva zida debljine 25cm na približno trećinama dužine, kao zidovi za razdvajanje stambenih jedinica. Takođe, u poprečnom pravcu postoji veliki broj pregradnih zidova debljine 7cm (zid na “kant”), koji služe kao pregrade između prostorija. Karakteristično je i to da su na pojedinim delovima između stanova pregrade formirane od dva zida na “kant”.

Ovde se napominje da na kalkanskim zidovima postoje prozori na sredini, u širini hodnika, a na zidovima na granicama lamela se u toj zoni nalaze dimnjački i ventilacioni kanali.



Slika 11. Izgled podužne i poprečne fasade

Vizuelno-makroskopskim pregledom utvrđeno je da je tokom zemljotresa objekat pretrpeo određena oštećenja. Ta oštećenja se u opštem slučaju mogu podeliti na oštećenja nekonstrukcijskog i konstrukcijskog karaktera, odnosno na oštećenja koja postoje na zidovima koji nemaju noseću funkciju i na oštećenja na zidovima koji, s obzirom na usvojenu konstruktivnu koncepciju objekta, imaju neku noseću funkciju – funkciju prihvatanja vertikalnih i/ili horizontalnih opterećenja.



Slika 12. Pukotine na fasadi

U oštećenja nekonstrukcijskog karaktera, a koja su u konkretnom slučaju registrovana praktično na svim zidovima nezavisno od njihovih debljina, može se ubrojati sledeće:

a. Pukotine (pojedinačne ili u grupi) sa otvorima do najviše 2mm koje se pružaju praktično samo po debljinama zidnih obloga (malterskih i/ili od glet mase), praćene eventualno i manjim oštećenjima (otpadanjima) obloga oko pukotina.

b. Pukotine (pojedinačne ili u grupi) veličine do maksimum 2mm koje se pružaju praktično samo po debljinama malterskih obloga, praćene značajnijim oštećenjima (otpadanjima) samih obloga (uključujući eventualno i oštećenja obloga od keramičkih pločica).

c. Pukotine (prsline) na mestima „razdvajanja“ zidova i plafona, stolarije i zidova, zidova i armiranobetonskih elemenata (stubova, serklaža i dr.) i sl. (slika 12).

d. Pukotine (pojedinačne ili u grupi) u zidovima svih debljina veličine do maksimum 2mm koje se delimično pružaju i kroz zidnu masu, praćene značajnijim oštećenjima (otpadanjima) samih obloga (uključujući eventualno i oštećenja obloga od keramičkih pločica), bez ispoljavanja nestabilnosti tako oštećenih zidova.

e. Pukotine (pojedinačne ili u grupi) u pregradnim zidovima debljine 7cm i 12cm veličine do maksimum 2mm koje se delimično pružaju i kroz zidnu masu, praćene značajnijim oštećenjima (otpadanjima) samih obloga (uključujući eventualno i oštećenja obloga od keramičkih pločica), uz ispoljavanje nestabilnosti tako oštećenih zidova.

f. Pukotine u pregradnim zidovima debljine 7cm i 12cm sa otvorima preko 2mm do najviše 4mm, praćene manjim oštećenjima (otpadanjima) samih zidnih obloga (uključujući eventualno i oštećenja obloga od keramičkih pločica), bez ispoljavanja nestabilnosti tako oštećenih zidova. *Kao pukotine ove kategorije, bez obzira na veličine otvora, treba tretirati i sve pukotine na fasadnim površinama.*

g. Pukotine u pregradnim zidovima debljine 7cm i 12cm sa otvorima preko 2mm do najviše 4mm, praćene manjim ili većim oštećenjima (otpadanjima) samih zidnih obloga (uključujući eventualno i oštećenja obloga od keramičkih pločica), uz ispoljavanje nestabilnosti tako oštećenih zidova.

h. Pukotine u zidovima debljine 25cm i 38cm sa otvorima preko 2mm do najviše 4mm, praćene manjim ili većim oštećenjima (otpadanjima) samih zidnih obloga (uključujući eventualno i oštećenja obloga od keramičkih pločica).

U oštećenja konstrukcijskog karaktera koja postoje na zidovima koji s obzirom na usvojenu konstruktivnu koncepciju objekta imaju noseću funkciju – funkciju prihvatanja vertikalnih i/ili horizontalnih opterećenja ubrajaju se

i. Pukotine sa otvorima preko 4mm u zidovima svih debljina, kao i lokalna drobljenja opeka u okviru zidova (slika 13), koji se moraju sanirati (prevashodno injektiranjem pukotina), da bi bio očuvan integritet datog elementa, odnosno da bi se on nakon toga mogao tretirati kao noseći element.

Na bazi izvršenog vizuelno-makroskopskog pregleda objekta nakon zemljotresa formulisani su sledeći opšti zaključci:

- u okviru podrumske etaže na konstrukcijskim i nekonstrukcijskim elementima praktično ne postoje nikakva oštećenja koja bi se mogla dovesti u vezu sa zemljotresom;

- najveća oštećenja na konstrukcijskim i nekonstrukcijskim elementima objekta registrovana su u prizemlju zgrade;

- u okviru prvog, drugog i trećeg sprata praktično nema konstrukcijskih oštećenja, dok oštećenja nekonstrukcijskog karaktera postoje na većem broju zidova;

– na etažama iznad trećeg sprata, praktično ne postoje nikakva oštećenja.

S obzirom na rezultate seizmičkog proračuna, sprovedenog prema odredbama aktuelnog *Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima*, a radi prihvatanja seizmičkih sila koje odgovaraju zemljotresu VIII stepena seizmičkog intenziteta prema skali MCS, proizilazi da u konkretnom slučaju nije potrebno ojačanje konstrukcije objekta pri delovanju tih sila u podužnom pravcu. Naime, proračun je pokazao da postojeći podužni zidovi – oba fasadna, kao i dva zida postavljena po sredini objekta, a na kojima nema značajnijih konstrukcijskih oštećenja, formiraju konstrukcijski sklop sposoban da prihvati seizmičke sile usmerene u podužnom pravcu zgrade.

Za prihvatanje seizmičkih sila koje deluju poprečno na objekat, pak, predviđeni su sledeći radovi:

– na oba kalakana, sa spoljašnje strane zida debljine 38cm treba izvesti ojačanje u vidu spoljašnje armiranobetonske obloge debljine 7cm; obloga o kojoj je reč treba da započne od postojećeg temelja i da u okviru podrumске etaže i prizemlja bude izvedena po celoj širini zgrade, a zatim se pruža kroz prvi, drugi i treći sprat (znači, sve do nadograđenog dela zgrade), sa leve i desne strane prozora, u širini 2x501cm;

– na granici lamela, na postojećim zidovima debljine 25cm, treba izvesti ojačanja od obostrane malterske obloge debljine po 4cm, sa vertikalnom i horizontalnom armaturom, na delovima zidova sa obe strane hodnika, na širini od 2x 420cm; ova ojačanja po visini treba sprovesti od prizemlja zaključno sa III spratom.



Slika 13. Pukotina u fasadnom zidu i lokalno drobljenje opeke na ivici zida

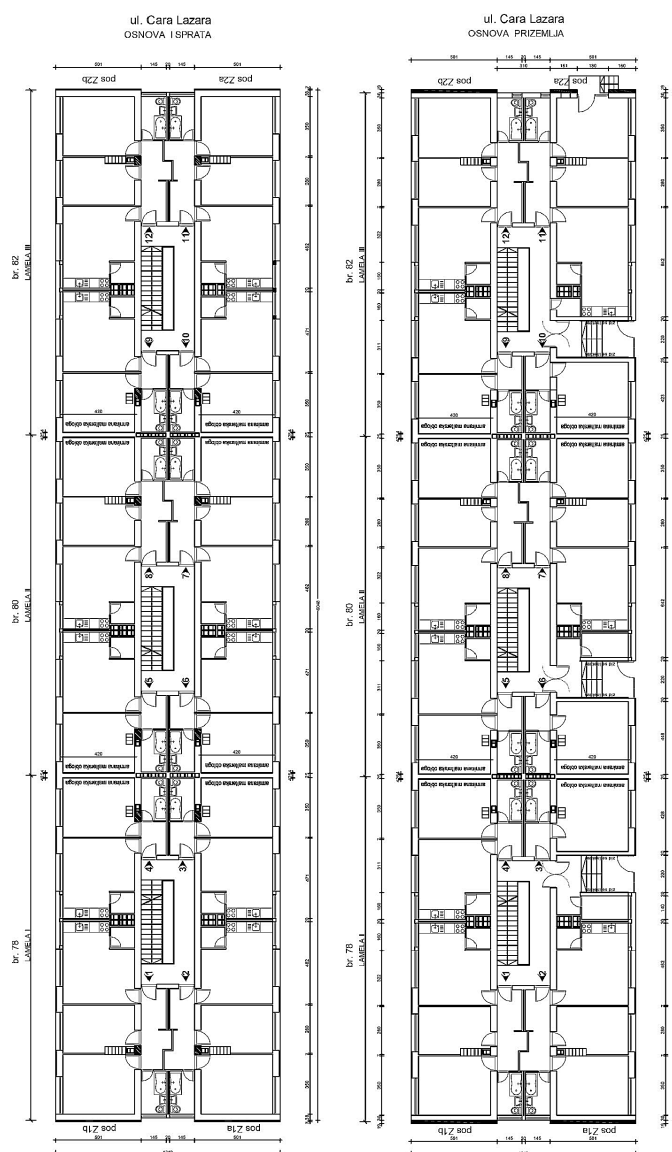
Sve napred opisane sanacione intervencije izvode se prema dispozicionim crtežima datim na slici 14, pri čemu se napominje da se sve zidne obloge sprežu sa zidovima primenom odgovarajućih anкера.

Stepenište u objektu nije predviđeno za saniranje. Razlozi za ovakvu odluku su činjenice da ne postoje praktično nikakva oštećenja na gazištima i na zidovima kao i da su gazišta uklještena u noseći zid koji prihvata znatno vertikalno opterećenje.

ZAKLJUČAK

Iako objekti o kojima je u ovom radu bilo reči, čija su oštećenja i način sanacije, odnosno ojačanja, prikazani, ne predstavljaju tipične objekte u Kraljevu i u našem okruženju, ipak se mogu doneti odgovarajući korisni zaključci:

1. Prilikom projektovanja i izgradnje objekata, bez obzira na tip međuspratne konstrukcije, treba težiti da



Slika 14. Dispozicioni crteži sa prikazom ojačanja

vertikalni noseći elementi budu, koliko je to moguće, ravnomerno opterećeni. Ukoliko zidovi, pogotovo u zidanim konstrukcijama, imaju odgovarajuće – dozvoljeno vetrično opterećenje, njihova nosivost i otpornost na seizmičke uticaje je veća. U ovom radu je pokazano da su noseći zidovi, koji prihvataju opterećenje od međuspratnih tavanica, pretrpeli znatno manja oštećenja od onih koji su bili neopterećeni ili pregradni.

2. Pri odluci o mogućnosti nadzidivanja objekta, bez obzira na odredbe aktuelnog Pravilnika, veoma je važno sagledati postojeći konstrukcijski sistem i doneti pravilnu odluku. Naime, nije dovoljno primeniti odredbu čl.115a iz Pravilnika i dokazati da je povećanje mase objekta u slučaju nadzidivanja manja od 10%. Potrebno je sagledati seizmičku otpornost i nosivost postojećeg objekta i, ako se pokaže da postojeći objekat nije pravilno konstruiran ili izveden, treba predvideti ojačanje tog objekta, bez obzira na odredbe Pravilnika.

3. Prilikom odlučivanja o stabilnosti i upotrebljivosti objekta oštećenog zemljotresom, odnosno u fazi određivanja kategorije njegovih oštećenja, veoma je važno sagledati konstrukcijski sistem objekta i konstatovati stepen oštećenja upravo nosećih elemenata konstrukcije.

4. Način sanacije objekata oštećenih zemljotresom treba, pre svega, uskladiti sa odgovarajućim Pravilnikom. Međutim, nikad se ne sme zanemariti činjenica, između ostalog navedena i u ovom radu, da konačna odluka o načinu sanacije treba da bude zasnovana na odgovarajućem

proračunu i inženjerskoj odluci. Pri tome, treba težiti da radovi na sanaciji i ojačanju, u najmanjoj mogućoj meri, ometaju normalan život i funkcionisanje vlasnika objekta.

LITERATURA

- [1] Zemljotresno inženjerstvo – visokogradnja, autori: Dražen Aničić, Peter Fajfar, Boško Petrović, Antun Szavits-Nossan, Miha Tomažević, izdavač Građevinska knjiga, Beograd
- [2] Zidane i drvene konstrukcije zgrada, autori Mihailo Muravljov i Boško Stevanović, izdavač Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
- [3] Odabrana poglavlja iz zemljotresnog građevinarstva, autor Boško Petrović, izdavač Građevinska knjiga, Beograd
- [4] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (Sl. list SFRJ 31/81, 48/82, 29/83, 21/88, 52/90);
- [5] Pravilnik o tehničkim normativima za sanaciju, ojačanje i rekonstrukciju objekata visokogradnje oštećenih zemljotresom i za rekonstrukciju i revitalizaciju objekata visokogradnje (Sl. list SFRJ 52/85);
- [6] Vanja Alendar: PROJEKTOVANJE SEIZMIČKI OTPORNIH ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJA KROZ PRIMERE, imksus.grf.bg.ac.rs/nastava/beton/projektovanje i gradjenje betonskih konstrukcija 2/valendar