

ASEIZMIČKO PROJEKTOVANJE I IZVOĐENJE OJAČANJA ZIDOVA, MEĐUSPRATNIH KONSTRUKCIJA I TEMELJA NADOGRAĐENIH ZIDANIH ZGRADA

WALLS STOREY STRUCTURES AND FOUNDATIONS ASEISMIC STRENGTHENING DESIGN AND CONSTRUCTION IN MASONRY BUILDING EXTENSION

UDK: 699.841:728
Stručni rad

Prof. dr Boško STEVANOVIĆ, dipl.inž.građ.¹⁾
Str. sar. Drago OSTOJIĆ, dipl.inž.građ.²⁾
Asis. mr Branko MILOSAVLJEVIĆ, dipl.inž.građ.³⁾
Doc. dr Ivan GLIŠOVIĆ, dipl.inž.građ.⁴⁾

REZIME

U radu se razmatra projektovanje i izvođenje nadogradnje zidanih objekata u seizmičkim područjima, polazeći od osnovnih principa. Navedeni su osnovni principi modeliranja, proračuna i konstruisanja elemenata, kao i osnovni načini ojačanja temelja, vertikalnih i horizontalnih elemenata konstrukcije. Konstatovano je da problematika nadogradnje, način i obim ojačanja elemenata zidanih konstrukcija nije u potpunosti definisana tehničkom regulativom. Prilikom donošenja odluke o mogućnosti nadogradnje zidanih objekata neophodno je sagledati i analizirati postojeći konstrukcijski sistem i stanje objekta, a prilikom izvođenja nadogradnje i ojačanja primeniti inženjerske principe pri postupaku projektovanja i izgradnje.

Ključne reči: nadogradnja, proračun, ojačanje, temelji, zidovi, međuspratne konstrukcije

SUMMARY

Design and construction of masonry building extension in seismic active regions, based on fundamental principles is considered in this paper. Basic principles of modeling, design and construction of elements, as well as the principal methods of foundations, vertical and horizontal elements strengthening is presented. It is concluded that masonry buildings extension issues are not entirely covered by technical norms. It is essential to comprehend and analyze existing structural system and building condition before reaching the structure extension decision, and to apply engineering principles in design and construction procedures.

Key words: building extension, design, strengthening, foundations, walls, storey structure

1. UVOD

Nije retkost da se u toku eksploatacije, odnosno upotrebe objekta, izvrši prenamena pojedinih njegovih delova ili čak celog objekta. Pored toga, iz raznoraznih razloga, ponekad se predvidi i nadogradnja jednog ili više spratova na postojećem objektu.

Principijelno gledano, problematika promene name- ne ili nadogradnje objekta se bitno ne razlikuje od bilo koje druge, uobičajene izgradnje. Neophodno je izraditi projektnu dokumentaciju i obezbediti sve saglasnosti, uslove i dozvole, kao i kod izgradnje novog objekta.

Nadogradnji ili promeni namene postojećeg, kao i izgradnji novog objekta, pored ostalog, obavezno mora

da prethodi i arhitektonsko-urbanistička analiza, odnosno izrada odgovarajućih projekata. Ponekad je, zbog specifičnih uslova, problem projektovanja nadogradnje znatno složeniji i kompleksniji od projektovanja novog objekta. S obzirom da se nadogradnjom povećava gabarit objekta, da se menja njegov prethodni izgled, njegov odnos prema susednim objektima i okolini, projektant ima obavezu da postojeći i dograđeni deo objekta dovede u skladnu celinu, kako međusobno tako i sa okolinom. Pored toga, pri projektovanju funkcije i rasporeda prostori- ja, a često i enterijera, postoji niz ograničenja i uslovlje- nosti, pre svega položajem stepeništa, liftova, fasadnih otvora, "mokrih" čvorova i slično. U takvim poslovima do punog izražaja dolaze znanje, sposobnost i maštovi- tost projektanta.

U analizi opravdanosti nadogradnje, mora se poći od činjenice da su konstrukcijski aspekti najvažniji. Na- dogradnjom se ni u kom slučaju ne sme ugroziti stabil- nost, nosivost, sigurnost i trajnost postojećeg objekta i

Adresa autora: Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, 11000 Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73, Srbija
E-mail: ¹⁾ bole@imk.grf.bg.ac.rs

²⁾ drago@imk.grf.bg.ac.rs

³⁾ brankom@imk.grf.bg.ac.rs

⁴⁾ ivang@imk.grf.bg.ac.rs

njegovog nadograđenog dela. Tek kad su ovi uslovi zadovoljeni može se govoriti o funkcionalnosti, estetici ili o ekonomskoj opravdanosti, što su, naravno, nezaobilazni faktori.

U postupku analize mogućnosti i uslova za nadogradnju, sa konstrukcijskog aspekta, neophodno je, pre svega, definisati konstrukcijski sistem postojećeg objekta. Ovo se odnosi na vertikalne i horizontalne elemente konstrukcije, krovnu konstrukciju, a posebno na način fundiranja i tip temelja (temeljne trake, samci, šipovi itd). Konstrukcijski sistem se najjednostavnije može sagledati iz projektne dokumentacije, ukoliko ona postoji, odnosno, ako je sačuvana i dostupna. Kako je najčešći slučaj u praksi da ta dokumentacija ne postoji ili je nepotpuna, podaci o konstrukciji objekta se moraju prikupiti pregledom na licu mesta. Pri tome je obično dovoljno na pojedinim mestima otkopati temelje, otkriti međuspratnu konstrukciju, utvrditi tip, dimenzije i položaj vertikalnih nosećih elemenata, tip stepeništa itd. Pregled objekta je neophodno izvršiti uvek, čak i u slučaju kada projektna dokumentacija postoji, sa ciljem upoređenja projektovanog i izvedenog stanja i, što je posebno važno, sa ciljem otkrivanja eventualnih deformacija, oštećenja ili nedostataka.

Poseban problem kod razmatranja konstrukcijskog aspekta nadgradnje zgrada predstavlja seizmička otpornost objekta nakon nadgradnje. Naime, kako su naši prvi propisi za građenje u seizmičkim područjima doneseni tek posle zemljotresa u Skoplju 1963. godine, to može, na prvi pogled, da znači da ogroman broj objekata, koji su izgrađeni pre toga, automatski ne zadovoljavaju odredbe propisa. Naravno, istina je da postoje i ranije građeni objekti, uglavnom manje spratnosti, koji po primenjenom konstrukcijskom sistemu i građevinskim materijalima u potpunosti zadovoljavaju odredbe tih novih propisa. Međutim, postavlja se pitanje šta se dešava sa seizmičkom otpornošću u slučaju nadogradnje i povećanja mase objekta. Upravo zbog takvih dilema, u periodu kada je nadogradnja objekata u našoj zemlji postala veoma rasprostranjena, u važeći "Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima" unesena je dopuna u vidu člana 115a. Ovim članom se propisuje da seizmička otpornost postojećih objekata posle adaptacije i rekonstrukcije (nadogradnje?) mora biti kao što je bila i pre izvedenih radova ili mora biti u svemu prema odredbama Pravilnika. Pri tome je uveden pojam "bitna promena" koji kod velikog broja konstruktera i dalje ostavlja nedoumice i različita tumačenja. U svakom slučaju, najispravniji put jeste detaljna računrska analiza ponašanja objekta za dejstvo seizmičkih sila u stanju pre i posle nadogradnje. Pri tome naravno treba uvažavati odredbe našeg Pravilnika, ali je preporučljivo analizirati i druge propise, pre svega Evrokod 8 (Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija).

U okviru glavnog projekta za nadogradnju potrebno je izvršiti detaljnu analizu uticaja na objekat u stanju pre i posle predviđene nadogradnje, analizu geometrijskih karakteristika tla i proračun dodatnih sleganja temelja (naravno da je dodatni napon na tlo ispod temelja osnovni

parametar za analizu) i izvršiti proveru nosivosti postojećih elemenata konstrukcije. Na osnovu toga se donosi odluka o potrebi ojačanja temelja, zidova, međuspratnih konstrukcija ili drugih delova konstrukcije. U ovom radu će biti analizirane metode projektovanja i izvođenja ojačanja osnovnih elemenata konstrukcije u slučaju nadogradnje zidanih objekata.

U svakom slučaju, konstrukcijsko rešenje nadogradnje u mnogome zavisi od inženjera-konstruktera, njegovog iskustva, poznavanja tehnologije građenja, poznavanja građevinskih normi i materijala, a često i njegove dovitljivosti. Svaka iole ozbiljnija nadgradnja predstavlja izazov za konstruktera i uglavnom je, u saradnji sa arhitektom, investitorom i izvođačem, moguće naći prihvatljivo rešenje.

2. PROJEKTOVANJE NADOGRAĐNJE ZIDANIH OBJEKATA

U najvećem broju slučajeva, prilikom nadogradnje postojećih zidanih objekata, nastaje „bitna promena“ kako je to definisano u Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima. Tada treba pristupiti proveru nosivosti i stabilnosti postojeće konstrukcije za novoprojektovano stanje sa nadogradnjom i zatim, uglavnom, projektovanju odgovarajućih ojačanja postojeće konstrukcije. Provera nosivosti i stabilnosti se odnosi na povećano vertikalno i horizontalno opterećenje usled nadogradnje. Povećanje horizontalnog opterećenja, uglavnom od seizmičkog dejstva, najčešći je razlog ojačanja zidanih konstrukcija pri nadogradnji.

Izbor rešenja ojačanja postojeće zidane konstrukcije pri nadogradnji, kao što je to već istaknuto, zavisi od više faktora (spratnost, konstruktivni sistem, broj zidova itd.). Osnovno polazište za projekat ojačanja konstrukcije treba da bude jasan koncept konstrukcijskog sistema za prihvatanje horizontalnih sila od seizmičkih dejstava. S tim u vezi, se mogu definisati sledeći konstruktivni sistemi zidanih nadograđenih konstrukcija sa ili bez ojačanja:

- sistemi zidova bez vertikalnih i horizontalnih serklaža (obične zidane konstrukcije),
- sistemi sa zidanim zidovima uokvirenim vertikalnim i horizontalnim serklažima,
- sistemi sa armiranim zidanim zidovima,
- sistemi sa zidanim zidovima i armiranobetonskim elementima za ojačanje.

Za sve navedene sisteme osnovni uslov je da postoje međuspratne tavanice krute u svojoj ravni kako bi se obezbedio zajednički rad vertikalnih elemenata konstrukcije na prihvatanju horizontalnih sila od seizmičkih dejstava i njihovom sprovođenju do temelja.

Dva osnovna kriterijuma koja treba da, pri usvajanju koncepta ojačanja konstrukcije, budu razmotrena su spratnost nadograđenog objekta i količina (površina u osnovi) zidova. Naš Pravilnik, kao i Evrokod 8, definišu maksimalni dozvoljeni broj spratova u funkciji od seizmičke zone ili ubrzanja tla i odabranog konstruktivnog sistema. Površina zidova u osnovi je u Evrokodu definisana kao procenat površine zidova u odnosu na površinu

osnove objekata, a u našem Pravilniku preko minimalnih međusobnih rastojanja zidova. Posebno treba istaći da za VIII zonu seizmičnosti, na primer, koja odgovara ubrzanju od 0.2g, za nearmirane zidove naš Pravilnik dopušta spratnost P+1, a Evrokod samo jedan sprat (P+0), i to pri površini zidova od 6% površine osnove. Jasan je zaključak da za VIII zonu, koja pokriva najveći deo teritorije Srbije, praktično svaka nadogradnja nearmiranih zidanih konstrukcija podrazumeva neku vrstu ojačanja postojeće konstrukcije. Sa druge strane je važno uočiti da maksimalna spratnost, pri istom ubrzanju, za konstrukcije ojačane serklažima iznosi P+3, po našem Pravilniku, odnosno 2 sprata (P+1) prema Evrokodu 8, dok kod armiranih zidova je to P+3 po Pravilniku, odnosno 3 sprata (P+2) prema Evrokodu. Sledi da nadogradnja postojećih zidanih objekata spratnosti 3 do 4 sprata, za još jedan ili dva, što je čest slučaj u praksi, ne bi trebalo da se izvodi bez značajnih ojačanja konstrukcije, u smislu dodavanja novih elemenata, pre svega armiranobetonskih zidova.

Pri usvajanju koncepta rešenja konstrukcije uvođenjem novih elementa konstrukcije treba svakako, između ostalog, razmotriti sledeće aspekte:

– *Raspored novoprojektovanih armiranobetonskih elemenata za ojačanje konstrukcije.*

Prilikom usvajanja rasporeda novoprojektovanih elemenata konstrukcije neophodno je poštovati generalne smernice o pravilnom rasporedu zidova u odnosu na centar mase, kao i neophodnost postavljanja elemenata u oba pravca. Čest je slučaj u postojećim zidanim objektima da zidani zidovi u pravcu upravnom na pravac nošenja međuspratne konstrukcije imaju značajno veću krutost od zidova iz drugog pravca, koji ne primaju vertikalno opterećenje od tavanica. Ukoliko bi se ojačao samo slabiji pravac, nastala bi konstrukcija sa elementima za prihvatanje horizontalnih sila od dejstva seizmike veoma različitim po pomerljivosti i duktilnosti u dva ortogonalna pravca, što nije poželjno.

– *Kompatibilnost pomeranja novoprojektovanih (armiranobetonskih) i postojećih (zidanih) elemenata.*

Pri svim oblicima ojačanja konstrukcije, a pogotovo kada je u pitanju ojačanje dodavanjem novih armiranobetonskih elemenata (zidova), pojedini postojeći zidovi, koji nisu uzeti u obzir pri formiranju sistema za prihvatanje horizontalnih sila, prihvataju vertikalno opterećenje i moraju biti provereni na maksimalna horizontalna pomeranja konstrukcije. Kompatibilnost pomeranja predstavlja ograničavajući faktor za duktilnost cele konstrukcije, koji rezultuje većom zahtevanom krutošću i nosivošću novoprojektovanih elemenata.

– *Veza novoprojektovanih i postojećih elemenata.*

Ova veza je od značaja po dva osnova. Prvi predstavlja vezu postojeće tavanice i novoprojektovanih elemenata u cilju prenošenja indukovanih inercijalnih sila sa tavanice na nove zidove, da bi se isti uključili u konstrukcijski sistem koji prihvata uticaje od dejstva seizmike. S druge strane, potrebno je povezati nove i postojeće zidove kada se oni dodiruju. Veoma čest slučaj je da se novoprojektovani zidovi formiraju betoniranjem uz postojeće zidove. U tom slučaju, veza starog i novog elementa, po-

red obezbeđenja zajedničkih pomeranja, dovodi do „aktiviranja“ gravitacionog opterećenja sa viših spratova u novoprojektovanim zidovima pri velikim horizontalnim pomeranjima, što je povoljno sa aspekta nosivosti ovih elemenata.

– *Postizanje potrebne duktilnosti konstrukcije.*

Poznato je da zidane konstrukcije odlikuje slaba duktilnost i da je to faktor, kao što je istaknuto, ograničenja duktilnosti novoprojektovane ojačane konstrukcije. Naknadno armiranje postojećih zidova u horizontalnim fugama, torkretiranje površina zida sa odgovarajućom mrežastom armaturom ili obrada površina zidova savremenim malterima ojačanim plastičnim mrežama predstavljaju neke od načina da se poveća duktilnost i horizontalna pomerljivost zidova. Ove mere mogu biti deo koncepta ojačanja zidova da prihvate horizontalne uticaje kod manjih spratnosti, ili samo mera za povećanje duktilnosti u kombinaciji sa drugim elementima ojačanja konstrukcije, pre svega armiranobetonskim zidovima.

– *Fundiranje novoprojektovanih elemenata.*

Pri značajnim ojačanjima konstrukcije, uvođenjem novih elemenata za prihvatanje horizontalnih sila od dejstva seizmike, njihovo fundiranje je poseban problem, u smislu nosivosti i stabilnosti ojačane temeljne konstrukcije. O načinima ojačanja temelja biće više reči u narednim poglavljima ovog rada, a ovde treba naglasiti da je povezivanje postojećih i novoprojektovanih temelja od posebnog značaja, između ostalog i u cilju «aktivacije» novoprojektovanih elemenata ojačanja na vertikalno opterećenje od postojeće konstrukcije pri velikim horizontalnim pomeranjima u zemljotresu.

Proračunsko modeliranje zidanih konstrukcija u cilju utvrđivanja uticaja i pomeranja pri dejstvu vertikalnih i horizontalnih opterećenja, pre svega dejstva seizmičkih sila, zavisi od odabranog konstrukcijskog sistema pri ojačanju dograđenih objekata.

Ukoliko se radi od običnim zidanim zgradama, bez dodatne armature i serklaža, svaki vertikalni element, u skladu sa Pravilnikom, treba proveriti prema glavnim zatežućim naponima, upoređenjem sa maksimalnim dopuštenim ili graničnim vrednostima.

Kod zidova sa vertikalnim i horizontalnim serklažima, zidana ispuna se može modelirati kao dijagonalni element koji prenosi pritisak, u okviru ramovske konstrukcije koju formiraju vertikalni i horizontalni serklaži. Evrokod 8, kao i naš Pravilnik, između ostalog, propisuju uslove u vidu minimalnih dimenzija i količina armature u serklažima, kao i njihovo maksimalno rastojanje.

U slučaju ojačanja zidova armiranim malterom ili sitnozrnim betonom u modeliranje treba uključiti povećanu krutost zida. Zatezanja koja u zidovima nastaju mogu se proveriti armaturi, međutim, na pritisak se moraju proveriti i zid i betonsko ojačanje, srazmerno krutostima.

Ojačanje konstrukcije dodavanjem novih armiranobetonskih elemenata (zidova) kao, na prvi pogled, jasan način ojačanja – sve nose novi elementi, može predstavljati poseban problem pri modeliranju i proračunu. Modeliranje samo novih elemenata je „na strani sigurnosti“ što se njihove nosivosti tiče, ali treba imati u vidu da su

pomeranja takvog modela nerealno velika, što može voditi ka pogrešnim zaključcima o dinamičkim karakteristikama konstrukcije, a time o nivou seizmičkog opterećenja. Kao što je ranije naglašeno, takva pomeranja obično ne mogu da prate preostali zidani zidovi. Zajedničko modeliranje armiranobetonskih zidova i ostatka zidane konstrukcije se ne može prihvatiti jer se radi o potpuno različitim mehanizmima prihvatanja i prenošenja opterećenja. Može se zaključiti da, kada je neophodno ojačanje konstrukcije većih razmera, ono treba da bude sveobuhvatno, u smislu ojačanja postojećih elemenata utezanjem seklažima ili armiranjem postojećih zidova u kombinaciji sa dodatnim armiranobetonskim elementima.

3. POSTUPCI I NAČINI OJAČANJA ZIDOVA U SLUČAJU NADOGRAĐNJE

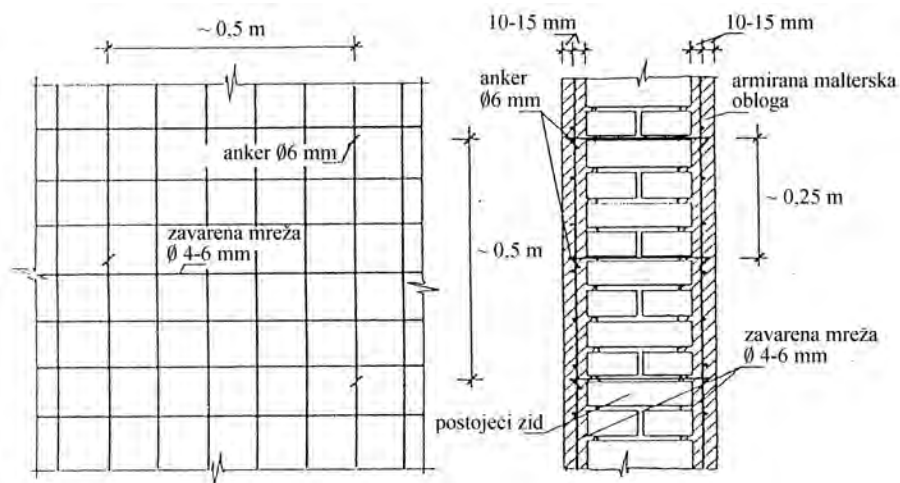
Ukoliko se nakon proračuna nadograđene konstrukcije konstatuje da je potrebno izvršiti ojačanje zidova za prijem dodatnih vertikalnih i horizontalnih opterećenja, od velike je važnosti izabrati metodu ojačanja koja će biti jednostavna i ekonomična za izvođenje. Pored toga, ojačana konstrukcija mora da obezbedi zahtevanu sigurnost i stabilnost za dejstvo svih vertikalnih i horizontalnih uticaja.

U slučaju da se zahteva ojačanje postojeće zidane zgrade, primena armirane malterske ili betonske obloge je logičan način poboljšanja seizmičke otpornosti konstrukcije. Kako je metod lak za primenu i vrlo efikasan, široko se koristi u celom svetu. Odluku o načinu ojačanja (malterska i betonska obloga, sa jedne ili dve strane zida) treba da bude zasnovana na odgovarajućem proračunu. Pri tome, treba težiti da radovi na ojačanju, u najmanjoj mogućoj meri ometaju normalan život i funkcionisanje korisnika objekta.

Kada se vrši ojačanje armiranom oblogom, elemente postojećeg konstruktivnog sklopa treba sistematično ojačati. Ojačani elementi treba da budu uniformno raspoređeni u osnovi i preseku zgrade. Ovi elementi poboljšavaju seizmičku otpornost i duktilnost sistema. U slučaju da se ojačavaju samo pojedini elementi, treba voditi računa da ne dođe do pogoršanja raspodele seizmičkih sila na konstrukcijske elemente. Torzioni efekti ili nepravilnost u oblicima oscilovanja, koji se javljaju u slučaju koncentracije ukrućenja u jednom delu zgrade, mogu izazvati koncentraciju oštećenja i loše seizmičko ponašanje ojačane zgrade.

Postupak oblaganja zidova armiranom malterskom oblogom na početku podrazumeva skidanje maltera sa celokupne zidne površine, sa produblivanjem spojnica između opeka u dubini 15-20 mm. Ako u zidu postoje pukotine širine veće od 3 mm, potrebno je izvršiti

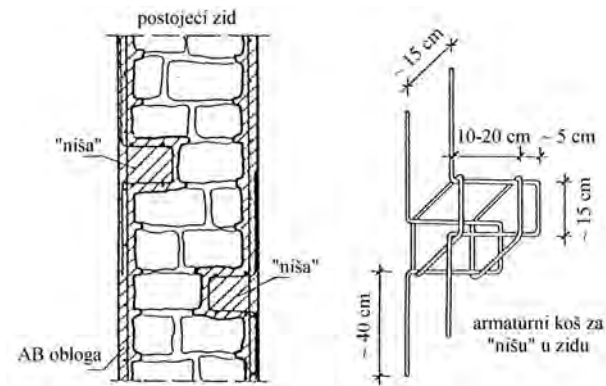
njihovo injektiranje masom za na bazi cementa. Zid se dobro očisti, ovlaži vodom nakon čega se nanosi prvi sloj cementnog maltera (marke M 10) debljine 10-15 mm. Preko maltera se postavi odgovarajuća armaturna mreža ("gotova" zavarena mreža ili mreža formirana od horizontalnih i vertikalnih šipki – prečnika 5-6 mm na rastojanju 100-150 mm). Armaturne mreže u okviru malterskih obloga treba da budu povezane sa postojećim zidovima, a to se obezbeđuje izvođenjem horizontalnih ankeri prečnika $\varnothing 6$ (4-6 komada po m^2 površine zida), postavljenim u prethodno izbušene rupe u zidu. Kada se ojačanje primenjuje unutar zgrade, što podrazumeva armaturne mreže postavljene po visini od gornje površine međuspratnih konstrukcija do površina plafona, potrebno je ostvariti kontinuitet armature od etaže do etaže. Ovo se postiže vertikalnim ankerima koji se sidre u koso izbušenim rupama u donjem i gornjem horizontalnom serklažu. Sidrenje svih ankeri ostvaruje se primenom adekvatne fabrički proizvedene mase za ankerisanje na bazi cementa. Pošto se armaturna mreža poveže sa ankerima, nanosi se drugi sloj malterske obloge, tako da ukupna debljina ne prelazi 30 mm (slika 1).



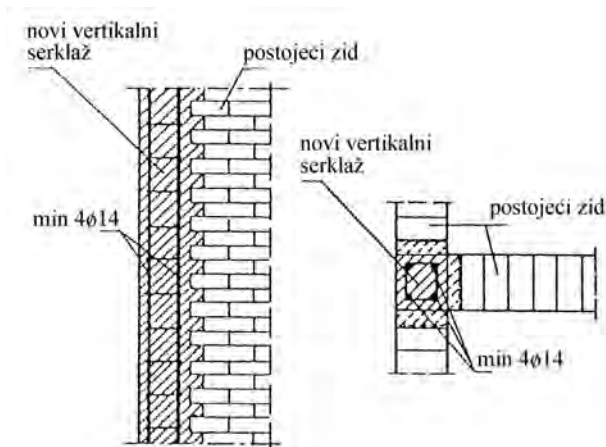
Slika 1. Primena armirane malterske obloge na zid od opeke

Ojačanje armiranobetonskom oblogom podrazumeva sličan postupak kao kod primene malterske obloge. U zavisnosti od debljine obloge, beton marke MB 30 se torketira u jednom ili dva sloja (30-80 mm) ili konvencionalno izliva u oplati (80-100 mm). Za ojačanje zidova primenjuje se, takođe, armiranje "gotovim" mrežama ili mrežama formiranim od horizontalnih i vertikalnih armaturnih šipki (prečnika 8-10 mm na rastojanju 150-250 mm). Posebnu pažnju treba obratiti na ostvarivanje kontinuiteta primenjene armature. Armaturne mreže se povezuju za zidove ankerima $\varnothing 8$ (4-6 komada po m^2 površine zida). Betonsku oblogu treba pravilno negovati kako ne bi ispucala.

Efekat ojačanja armiranom oblogom u velikoj meri zavisi od stepena povezanosti mrežaste armature sa postojećim zidom. Umesto ankeri, veza između obloge i zidanog zida može se ostvariti betonskim "čepovima",



Slika 2. Ojačanje armiranom oblogom povezanom sa zidom betonskim "čepovima"



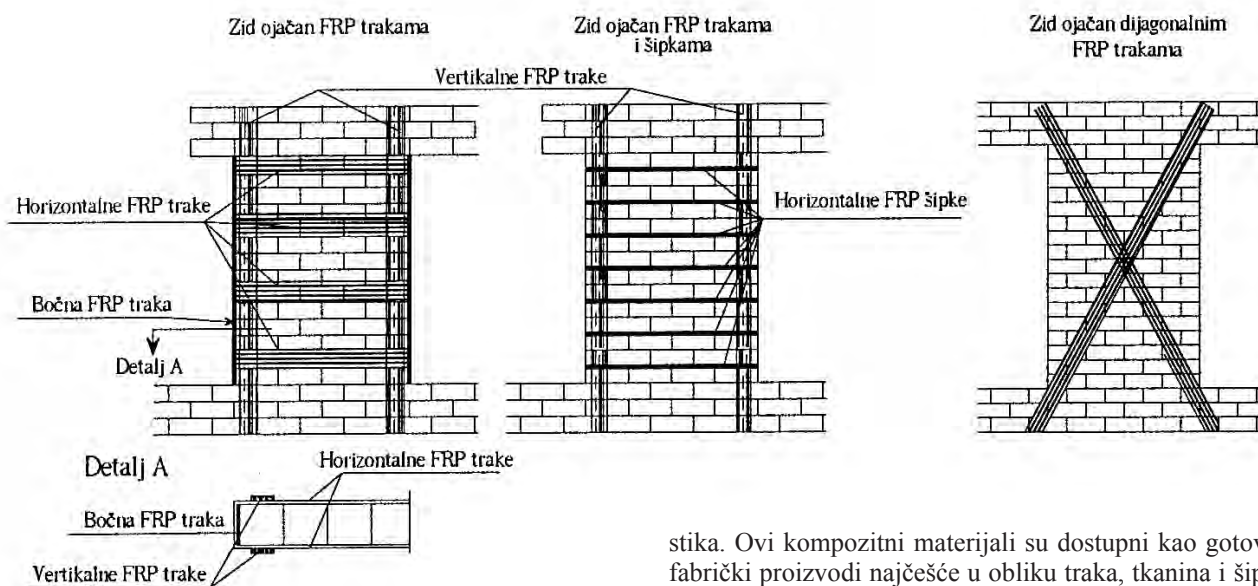
Slika 3. Postavljanje vertikalnog serklaža u zid od opeke

kao što je prikazano na slici 2. U okviru ovog alternativnog sistema opeke se vade po visini zida u pravilnom rasporedu, a u tako kreirane "niše" u zidu postavlja se armaturni koš. Prilikom betoniranja obloge, "niše" se ispunjavaju betonom.

Ojačanje vertikalnim serklažima postavljenim na svim uglovima objekta, na mestima sučejavanja konstruktivnih zidova, u sredini zidova većih dužina, kao i duž vertikalnih ivica velikih otvora omogućava, inače krutom zidu, određeni stepen duktilnog ponašanja pri zemljotresu. Vertikalni serklaži ne povećavaju značajno nosivost zida koji uokviruju (povećanje 5-15%), ali bitno poboljšavaju njegova deformaciona svojstva. Međutim, ojačanje zgrade vertikalnim serklažima je razumno jedino u slučaju zidanih konstrukcija sa horizontalnim serklažima i krutim međuspratnim konstrukcijama.

Izvođenje vertikalnih serklaža se sprovodi od najniže etaže pa do nadograđenog dela zgrade. Na mestu budućeg vertikalnog serklaža najpre se uklanjaju opeke iz zida, jedna po jedna, tako da kontaktna zona između zida i novog betona bude nazubljena (slika 3). Beton iz horizontalnog serklaža se uklanja štemovanjem, kako bi se armatura oba elementa dobro povezala, zavarivanjem ili na neki drugi način. Vertikalni serklaži se armiraju sa najmanje 4Ø14 i uzengijama Ø6/20 cm. Potebno je obezbediti da se vertikalni serklaži pravilno ankeruju u konstrukciju temelja. Po postavljanju oplata vrši se betoniranje serklaža. Betoniranje spoja između vertikalnog i horizontalnog serklaža predstavlja poslednji korak izvođenja ojačanja na toj etaži.

Pored navedenih metoda i principa ojačanja zidanih zidova, danas se sve češće primenjuju i drugi načini i novi materijali, kao npr. FRP (Fiber Reinforced Polymer) kompoziti u okviru kojih su prisutna vlakna (najčešće staklena ili karbonska) izraženih mehaničkih karakteri-



Slika 4. Šeme ojačanja dela zida između otvora primenom FRP kompozita

stika. Ovi kompozitni materijali su dostupni kao gotovi fabrički proizvodi najčešće u obliku traka, tkanina i šipki. Primena FRP kompozita svodi se na njihovo lepljenje odgovarajućim lepkovima (najčešće na bazi epoksida) za spoljašnje površine konstrukcijskih elemenata koji se

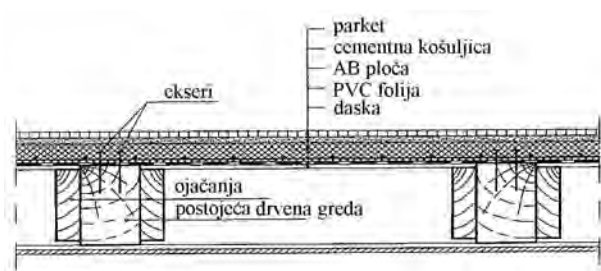
ojačavaju. Lepak koji se koristi mora biti kompatibilan sa određenim proizvodom (trakom, tkaninom ili šipkom), a što se skoro redovno definiše i uslovljava od strane proizvođača. Primena ovog načina ojačanja zidane konstrukcije podrazumava odgovarajuće licence, opremu, iskustvo na toj vrsti radova, kao i obučenu radnu snagu.

FRP kompoziti se mogu koristiti za ojačanje zidnih celina ili samo pojedinih segmenata zida. Na slici 4 prikazani su karakteristični primeri ojačanja zidanih stubova (deo zidanog zida između otvora), koji su u slučaju nadogradnje vrlo često najkritičniji deo zidane konstrukcije. Seme ojačanja obuhvataju FRP trake postavljene horizontalno, verikalno i dijagonalno, kao i kombinaciju vertikalno postavljenih FRP traka i horizontalno postavljenih FRP šipki.

4. POSTUPCI I NAČINI OJAČANJA MEĐUSPRATNIH KONSTRUKCIJA U SLUČAJU NADOGRAĐNJE

Jedan od glavnih razloga lošeg seizmičkog ponašanja postojećih zidanih zgrada je nedovoljna krutost međuspratnih konstrukcija u svojoj ravni i/ili nedostatak pravilne veze između međuspratnih konstrukcija i konstruktivnih zidova. U slučaju savremenih zidanih konstrukcija, armiranobetonski horizontalni serklaži se predviđaju duž svakog konstruktivnog zida u nivou svakog sprata. Serklaži povezuju međuspratne konstrukcije sa zidovima i konstruktivni sklop deluje kao monolitna jedinica u toku zemljotresa. Ako su dobro ankerisane u zidove, krute međuspratne konstrukcije i horizontalni serklaži osiguravaju sinhronu oscilaciju zidova, sprečavaju preterane ugibe zidova van ravni i, u isto vreme, omogućavaju da se seizmičke sile rasporede na pojedinačne zidove srazmerno njihovoj krutosti. Ako između zidova i međuspratnih konstrukcija nedostaju horizontalni serklaži ili su serklaži oštećeni na pojedinim mestima moraju se izvršiti odgovarajuće tehničke mere ojačanja prilagođene stvarnim uslovima. Međuspratne konstrukcije mogu, takođe, zahtevati ojačanje u cilju povećanja njihove krutosti i nosivosti.

Kod starijih zidanih zgrada međuspratna konstrukcija se obično sastoji od drvenih dasaka postavljenih preko drvenih greda. Ovaj tip konstrukcije nije dobar za horizontalna opterećenja, jer ne poseduje dovoljnu krutost u svojoj ravni. Drvene međuspratne konstrukcije se mogu ukrutiti dodavanjem novih drvenih dasaka uprav-



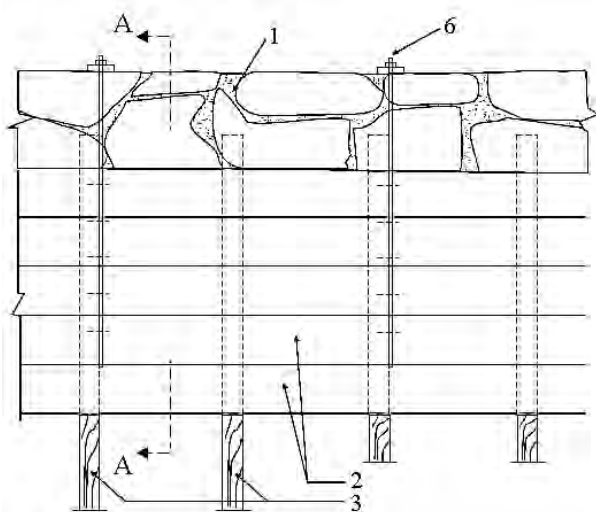
Slika 5. Ojačanje drvene međuspratne konstrukcije armiranobetonskom pločom

no na postojeće podne daske. Svaka nova daska se mora povezati za svaku postojeću dasku preko koje prelazi sa dovoljnim brojem eksera, kako bi ova dva sloja dasaka radili zajedno kao horizontalna dijafragma. Značajnije povećanje nosivosti i krutosti se može postići postavljanjem novih dasaka dijagonalno (pod uglom od 45°), čime se formira ukrućenje u vidu horizontalne rešetke. Takođe, moguće je ukrutiti drvenu međuspratnu konstrukciju sa tankim slojem betona postavljenim preko postojeće drvene konstrukcije (slika 5). Dodatna betonska ploča je obično debljine 4-6 cm, a armirana je mrežastom armaturom. Kao spojna sredstva između novog betonskog sloja i postojećih drvenih greda mogu se koristiti ekseri, vertikalno ili koso zabijeni zavrtnjevi, moždanici i sl. Povezivanje betonske ploče i zidanog zida ostvaruje se pomoću čeličnih ankera injektiranih u prethodno izbušene rupe u zidu ili horizontalnim serklažem.

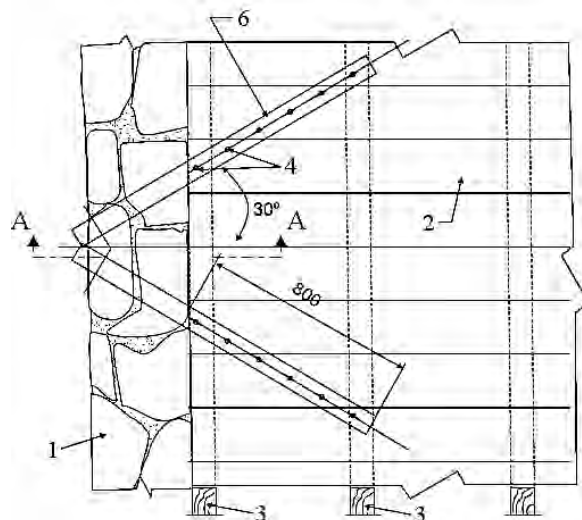
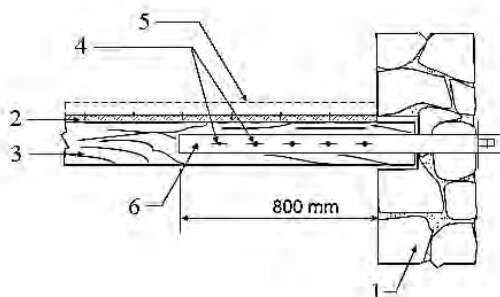
Drvene međuspratne konstrukcije se mogu ukrutiti horizontalnim i dijagonalnim zategama (prečnika 16-24 mm), koje se ugrađuju neposredno ispod međuspratne konstrukcije. Za ovakvo rešenje koriste se armaturne šipke sa posebno obrađenim krajevima u obliku navoja. Šipke se ankeruju preko čeličnih ankerskih ploča postavljenih na krajevima zidova. Horizontalne zatege se postavljaju simetrično sa obe strane zida u kanale širine 4-5 cm, usečene u maltersku oblogu. Najčešće nije potrebno presecati zid da bi se zatege ugradile. Ako su zatege dugačke, šipke se drže u predviđenom pložaju pomoću uzengija ugrađenih u zid na razmaku od 4-5 m. Posle postavljanja i zatezanja zatege, navrtke se zavaruju za ankerne ploče. Svi čelični delovi zatega se zaštićuju od korozije premazivanjem, a zatim se oblažu malterom. Vidljivost dijagonalnih zatega se sakriva izradom tzv. spuštenih plafona. U slučaju ekstremno velikih raspona, primena dijagonalnih zatega može biti problematična zbog mogućeg izvijanja. Kao alternativno rešenje mogu se koristiti horizontalne metalne rešetke, koje se anker-zavrtnjima povezuju sa zidovima.

Kao što je ranije rečeno, najvažnija karakteristika ojačanja zidane zgrade sa drvenom međuspratnom konstrukcijom je obezbeđivanje adekvatne veze između zidova i međuspratne konstrukcije, kako bi se sprečilo oštećenje zida van svoje ravni. Postoje različite metode postavljanja novih ili ojačanja postojećih veza između zidanih zidova i međuspratne konstrukcije. Na slici 6a je prikazan detalj veze postojećeg zida i drvene grede međuspratne konstrukcije pomoću čelične trake. Ovaj detalj je pogodan kada su drvene grede u okviru međuspratne konstrukcije upravne na spoljašnji zid. Na slici 6b je prikazan sličan detalj kada se drvene grede pružaju paralelno sa spoljašnjim zidom. U ovom detalju, trake se moraju pružati dovoljno dugo unutar međuspratne konstrukcije da bi se obezbedilo dobro prevrščivanje za drvene daske. Drvena međuspratna konstrukcija u ovom slučaju mora imati dovoljan kapacitet nosivosti na zatezanje kako bi se sprečilo eventualno čupanje.

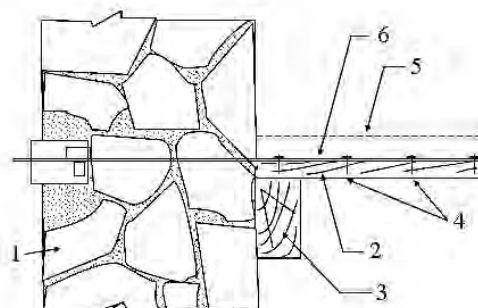
Dotrajale drvene međuspratne konstrukcije se mogu zameniti armiranobetonskim ili prefabrikovanim pločama, sa izvedenim serklažima po obimu. Bez obzi-



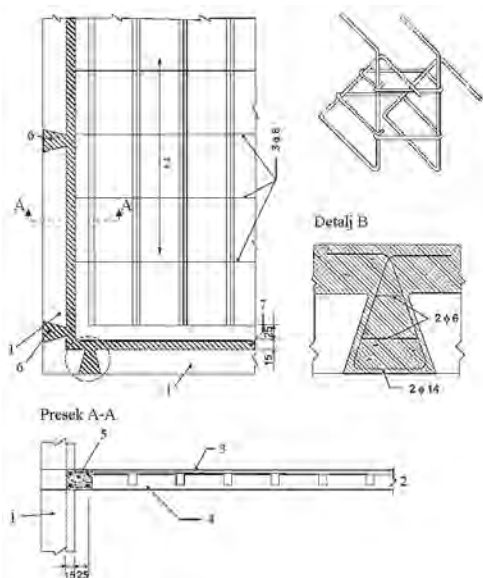
Presek A-A



Presek A-A



Slika 6. Povezivanje drvene međuspratne konstrukcije sa zidanim zidom; 1 – Postojeći zid, 2 – Postojeće drvene daske, 3 – Postojeće drvene grede, 4 – Ekseri, 5 – Nova betonska ploča, 6 – Čelična traka



Slika 7. Izvođenje nove međuspratne konstrukcije i njeno povezivanje za postojeći zid; 1 – Postojeći zid, 2 – Nova međuspratna konstrukcija, 3 – Betonska ploča, 4 – Prefabrikovana ploča, 5 – Horizontalni serklaž, 6 – Armaturni koš, 7 – Žleb u zidu

ra na tip primenjene konstrukcije potrebno je obezbediti minimalno naleganje od 15 cm na noseći zid, pri čemu treba vezu međuspratne konstrukcije i zidova obezbediti presecanjem zidova na razmaku od najmanje 1,5 m (slika 7). U slučaju da se drvena konstrukcija zamenjuje polumontažnom međuspratnom konstrukcijom, sačinjenom od prefabrikovanih elemenata, potrebno je preko nje izvesti betonsku ploču debljine najmanje 4 cm armiranu mrežastom armaturom.

5. POSTUPCI I NAČINI OJAČANJA TEMELJA U SLUČAJU NADogradnje

Opšte je poznato da je tlo, u poređenju sa drugim građevinskim materijalima, mnogo podložnije promeni svojih svojstava pod dejstvom prirodnih ili veštačkih faktora. To se u mnogome može reći i za temelje – elemente konstrukcije koji se u celom svom periodu eksploatacije konstantno nalaze u tlu. U toku dugotrajne eksploatacije objekta mogu se desiti i pozitivne, ali i negativne pojave u temeljnom tlu. O ovome treba posebno voditi računa u slučaju rekonstrukcije objekata, nadogradnje, dogradnje, promene stalnog i/ili povremenog opterećenja itd.

Kao pozitivna pojava u tlu može se smatrati dodatno zbijanje tla ispod temelja, najviše u slojevima neposredno ispod temelja, što dovodi do smanjenja poroznosti tla, povećanja mehaničkih i deformacionih karakteristika, samim tim i do povećanja nosivosti. Prema nekim podacima, ako je objekat u toku eksploatacije redovno održavan (uglavnom da nije dolazilo do prodora vode u zonu temelja) i na njemu nije dolazilo do promene opterećenja, to povećanje nosivosti može da iznosi i do 40% (“Механика грунтов, основания и фундаменты”, под редакцией проф. С.Б. Ухова, Москва, “Высшая школа”, 2004.).

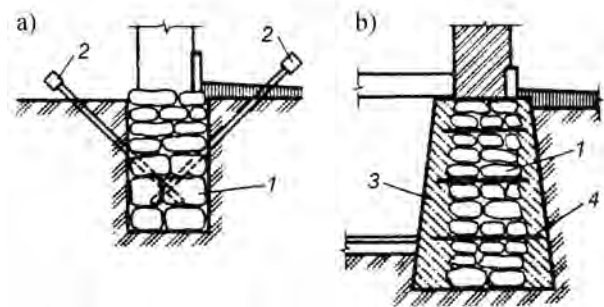
Negativni procesi u tlu su oni koji dovode do pogoršanja mehaničkih i deformacionih karakteristika. To su, uglavnom, sezonsko smrzavanje tla (u slučaju male dubine fundiranja) ili promena vlažnosti tla (usled prodora vode iz instalacija, promene nivoa podzemnih voda, poplava). U slučaju industrijskih objekata može se desiti da, u incidentnim situacijama, dođe do prodora agresivnih materija u tlo, što takođe može ugroziti temeljno tlo i same temelje.

U svakom slučaju, pre početka radova na rekonstrukciji, nadzidanju, dogradnji itd., za potrebe izrade projekta, obavezni su dodatni istražni radovi (bušotine, otkopavanje temelja, laboratorijsko ispitivanje uzoraka). Naravno, obim istražnih radova treba uskladiti sa konkretnom situacijom i potrebama.

Posle sprovođenja dodatnih istražnih radova, a u skladu sa predviđenim radovima na objektu, treba odrediti postojeće i novoprojektovano opterećenje na temelje. Na osnovu toga, treba oceniti potrebu za ojačanjem postojećih temelja, način i raspored ojačanja.

Ovde će biti navedeni samo neki načini ojačanja temelja, poznati iz literature ili iz prakse:

- ojačanje postojećih temelja;
- proširenje temelja;
- podbetoniravanje;
- izrada nove temeljne ploče ispod objekta;
- ojačanje pomoću šipova.



Slika 8. Ojačanje temelja: a) injektiranjem; b) betonskom oblogom; 1 – Postojeći temelj, 2 – Injektori, 3 – Betonska obloga, 4 – Ankeri

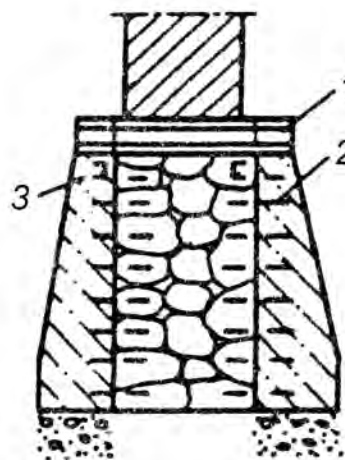
a) Ojačanje postojećih temelja se primenjuje u slučajevima kada nije prekoračeno dozvoljeno naprezanje na tlo u temeljnoj spojnici ali je sam temelj trošan, ispicao ili deformisan (npr. temelji od opeke, kamena i sl.). U takvim slučajevima se pristupa ili injektiranju postojećeg

temelja ili izradi obloge oko temelja od armiranog betona (slika 8).

Postupak injektiranja podrazumeva bušenje rupa u temelju, ugradnju injektora i samo injektiranje. Injekciona smesa se obično spravlja od rastvora cementa i vode i ona se pod pritiskom utiskuje u telo temelja.

Betonska obloga oko postojećeg temelja se izvodi nakon iskopa rova oko temelja, čišćenja površine, ugradnje ankera za vezu starog temelja i obloge. Debljina obloge ne treba da bude manja od 15cm a armira se konstruktivno, armaturnom mrežom. U nekim slučajevima se obloga može dodavati samo sa jedne strane.

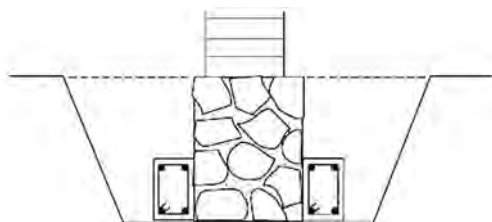
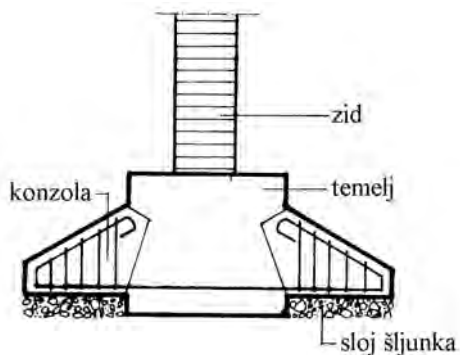
b) Proširenje temelja se primenjuje u slučajevima kada će dozvoljeno naprezanje na tlo u temeljnoj spojnici, u slučaju povećanja spoljašnjeg opterećenja, biti prekoračeno. Ponekad se proširenje temelja kombinuje sa ojačanjem temelja (slika 9).



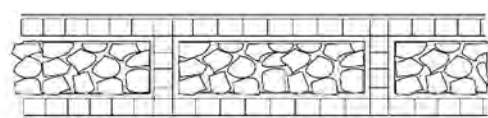
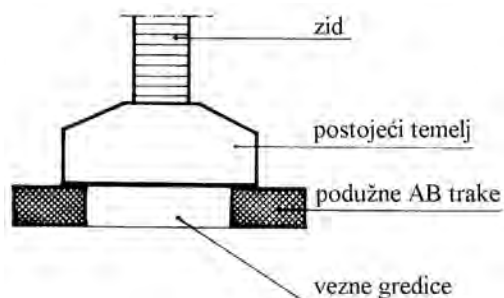
Slika 9. Kombinovano ojačanje i proširenje temelja; 1 – Oslonjača greda, 2 – Ankeri, 3 – Proširenje temelja

Pri ovakvom načinu ojačanja temelja treba imati na umu činjenicu da u temeljnoj spojnici ispod postojećeg temelja već postoji naprezanje. Dodatno opterećenje će se prenositi na ukupnu širinu (postojeću i novu) tako da će doći do povećanja i postojećeg naprezanja. Pored toga, pri ovakvom postupku ojačanja, obavezno treba obezbediti zajednički “rad” starog i novog dela temelja ubušivanjem odgovarajućih ankera (uglavnom su to ankeri od rebraste armature koji se pomoću smesa za ankerovanje vezuju za postojeći temelj), slika 10.

c) Podbetoniravanje temelja se primenjuje upravo sa ciljem da se ukupno opterećenje ravnomerno prenese na temeljnu spojnicu. Dakle, ispod postojećeg temelja se izvodi novi temelj od armiranog betona sa povećanom širinom (slika 11). Logično je da se novi temelj (odnosno potkopavanje i podbetoniravanje) ne može izvesti odjednom, nego u kampadama (slika 12) Kampade su obično dužine oko 1.0m i izvode se “na preskok”, pri čemu između iskopa i betoniranja dve susedne kampade treba da protekne najmanje tri dana. Posebno važno kod ovog postupka je da se obezbedi intimno i potpuno naleganje postojećeg temelja na novoizvedeni. Ugrađivanje novog betona treba sprovesti sa posebnom pažnjom, podbi-

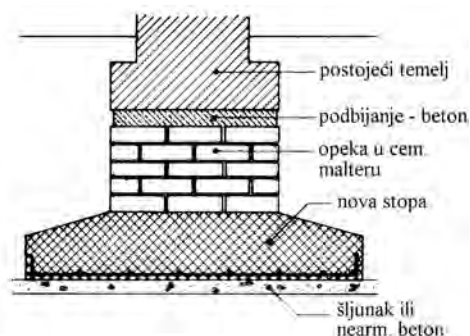
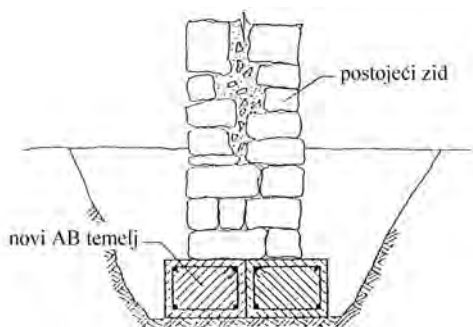


Vertikalni presek zida

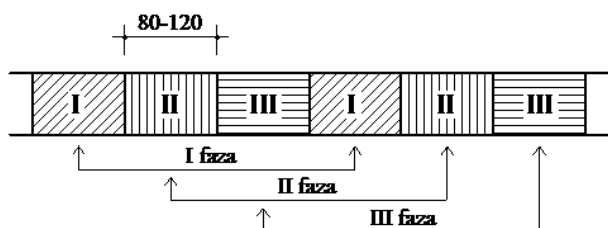


Horizontalni presek zida kroz novu AB gredu

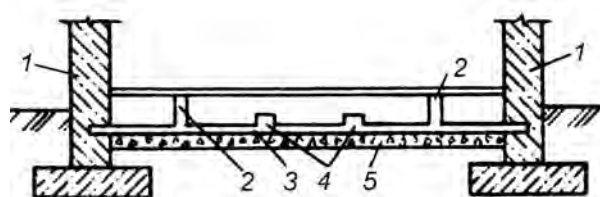
Slika 10. Primeri proširenja temelja



Slika 11. Primeri podbetoniranja temelja



Slika 12. Šematski prikaz podbetoniranja u kampadama

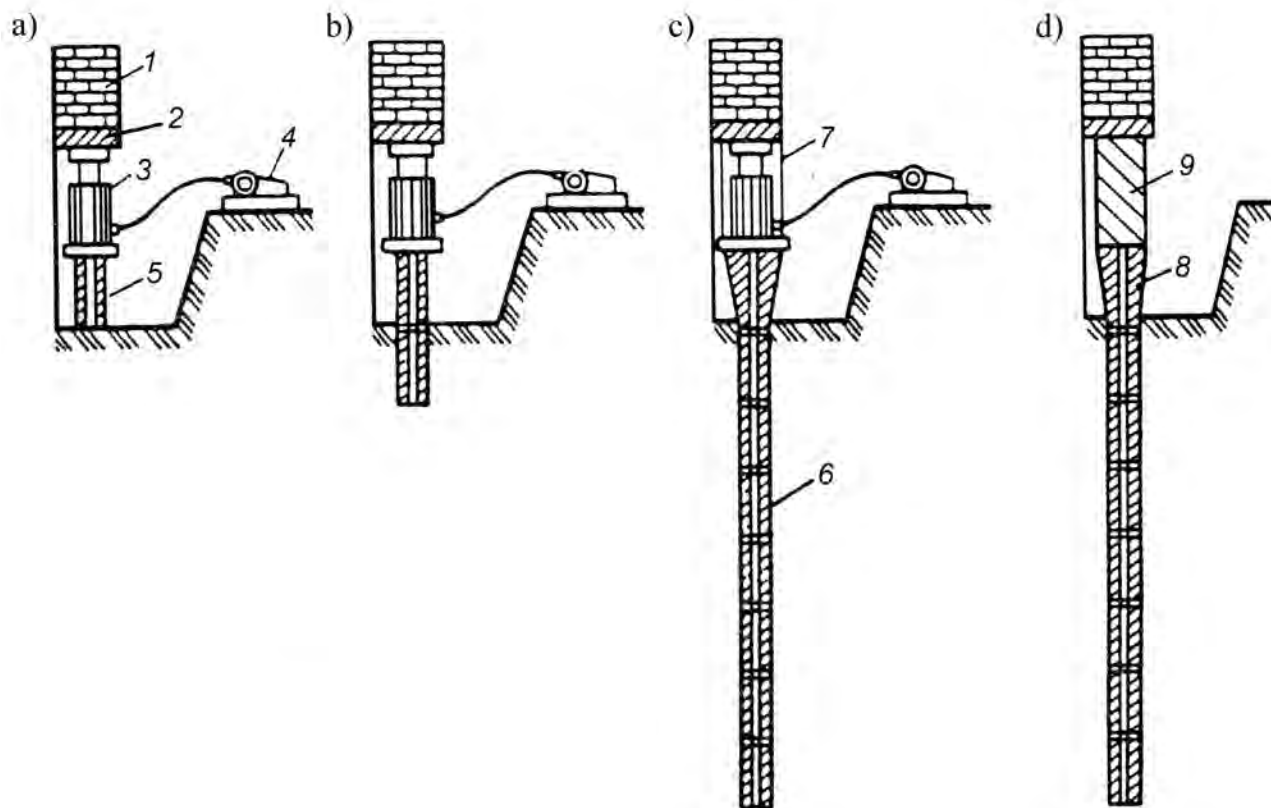


Slika 13. Primer ojačanja temelja izradom nove temeljne ploče; 1 – Postojeći temelj, 2 – Glavne grede, 3 – Nova ploča, 4 – Sekundarne grede, 5 – Zbijen šljunak

janjem, koristeći suhu mešavinu betona. Ukoliko se ne izvrši kvalitetno podbivanje – ugradnja betona moguće je da će se na zidovima objekta pojaviti pukotine usled dodatnog sleganja.

d) Izrada nove temeljne ploče ispod objekta se može primeniti u pojedinim slučajevima, ukoliko osnova objekta nije suviše velika i ukoliko je omogućen pristup u podrumski ili prizemni deo objekta. Ovakav način ojačanja treba primeniti i onda kada je dopunsko opterećenje

na temelje suviše veliko i kada druge metode ne mogu da se primene. Novu temeljnu ploču treba projektovati tako da ona prihvati celokupno novo opterećenje ali je obavezno treba, na odgovarajući način, povezati sa postojećim temeljima. Na slici 13 je pokazan jedan primer ojačanja izradom nove temeljne ploče. Primenjena je ploča sa rebima, postavljena na dubini od oko 75 cm od donje ivice postojećih temelja. Sama ploča je po obodu uštemovana u zidove u dubinu ne manjoj od 30 cm. Debljina ploče,



Slika 14. Šematski prikaz ojačanja temelja izvođenjem "Mega" šipova; 1 – Nosioci zid, 2 – Podložna greda, 3 – Hidraulička presa, 4 – Pumpa, 5 – Prvi segment cevi, 6 – Izveden šip, 7 – Podmetač, 8 – Završni element, 9 – Beton

dimenzije greda i potrebna armatura se određuju proračunom, a važno je proveriti i lokalni napon pritiska na postojeći zid. Ukoliko je to potrebno, s obzirom na dubinu štemovanja zida, da ne bi došlo do narušavanja njegove nosivosti i stabilnosti, može se primeniti i betoniranje u kampadama.

e) Ojačanje pomoću šipova se relativno često primenjuje na različite načine. Moguće je, na primer, izvesti šipove pored postojećih temelja pa, nakon toga, povezati šipove sa postojećim temeljima. Međutim, ponekad nije moguće primeniti neku metodu izrade šipova (npr. šipove tipa "Franki" zbog vibracija pri pobijanju). U praksi se najčešće primenjuje metoda izrade šipova pod nazivom "Mega" šipovi. Oni se izrađuju od segmenata čeličnih cevi koje se pomoću hidrauličkih presa utiskuju u tlo neposredno ispod postojećeg temelja. Postupak izrade ovakvih šipova, kao prvo, zahteva iskop jame ispod postojećeg temelja dubine oko 1.5 m, dužine i širine oko 1.2 m (da bi se omogućio rad rukovaocu opreme). U jamu se spušta prvi segment cevi i hidraulička presa. Presom se cev utiskuje u tlo, strogo vodeći računa o vertikalnosti. Treba napomenuti da se u slučajevima kada je postojeći temelj trošan ili nedovoljne čvrstoće (temelji od kamena ili opeke) iznad prese postavlja podmetač u vidu čeličnog profila ili montažne betonske gredice. Kada je prvi segment utisnut, postavlja se drugi segment, zavaruje se po obimu za prvi i presom se nastavlja utiskivanje. Postupak se ponavlja do dostizanja potrebne dubine ili

sile u šipu. Dubina utiskivanja se određuje proračunom a sila se kontroliše pomoću manometra. Kada je dostignuta zahtevana dubina ili sila utiskivanja, unutrašnjost cevi se popunjava sitnozrnim betonom. Nakon toga se vrši tzv. "kajlovanje", postupak koji obezbeđuje da se postignuta sila u šipu, bez prevelikih gubitaka, prenese i na postojeći temelj iznad šipa. Postoje različiti načini "kajlovanja", izvođači koji su prilagodili svojim tehnologijama izvođenja je osnovni uslov da se postignuta sila ne izgubi nakon uklanjanja prese. U svakom slučaju, nakon "kajlovanja" se ceo prostor između temelja i dna prvobitno iskopane jame popunjava betonom. Na slici 14 je šematski prikazan postupak izvođenja "Mega" šipa. Treba dodati da je primena "Mega" šipova efikasan i pouzdan način ojačanja temelja. Svakako, potrebna je odgovarajuća oprema, obučena radna snaga i iskustvo na ovakvoj vrsti poslova.

Pri rešavanju problema nedovoljne nosivosti temeljnog tla, umesto ojačanja postojećih temelja, moguće je izvršiti ojačanje samog tla, odnosno povećati njegovu nosivost. Ovakav postupak se sastoji u injektiranju tla u zonama ispod i oko postojećih temelja, sa ciljem povećanja mehaničkih i deformacionih karakteristika, samim tim smanjenja stišljivosti i/ili vlažnosti postojećeg tla. Injektiranje se može, u zavisnosti od sastava tla, vršiti mešavinom cementa i vode sa različitim vodocementnim faktorom, natrijum silikatom – tečnim staklom (silikacijacija), bentonitom itd. Ovakvi postupci se, u našoj praksi, često zajedničkim imenom nazivaju "jet grouting". Za

ove postupke je, takođe, potrebno imati odgovarajuću opremu, obučenu radnu snagu i iskustvo na izvođenju.

6. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

1. Zidane zgrade su, u opštem slučaju, vrlo ranjive pri delovanjima zemljotresa, pogotovo ako su još i nadzidane, što se posebno ispoljava pri delovanjima zemljotresa maksimalnih intenziteta. Seizmička otpornost postojećih zidanih zgrada se mora ocenjivati na osnovu sagledavanja i analize postojećeg konstrukcijskog sistema i stanja objekta. Ako se pokaže da postojeći objekat nije pravilno konstruisan ili izveden, trebalo bi predvideti odgovarajuće ojačanje tog objekta, bez obzira da li predviđene intervencije formalno zadovoljavaju ili ne zadovoljavaju sve odredbe *Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima* (Sl. list SFRJ br. 31/80, 49/82 i 29/83).

2. Za aseizmičnost zidanih zgrada od presudnog značaja je prisustvo „krutih“ međuspratnih konstrukcija. Zbog toga je, ako se predviđa nadogradnja nekog objekta, obavezno formiranje međuspratnih konstrukcija koje su u stanju da obezbede ravnomernu raspodelu seizmičkih uticaja na vertikalne elemente konstrukcije.

3. Pri nadogradnji zidanih objekata, posebnu pažnju treba posvetiti postojećim vertikalnim nosećim elementima konstrukcije – zidanim zidovima. U zavisnosti od tipa zidova, kvaliteta materijala od koga su izvedeni, nivoa vertikalnog i horizontalnog opterećenja ili njihovih eventualnih oštećenja, treba predvideti odgovarajuće ojačanje tih zidova.

4. Postojeći temelji zidanih objekta, u slučaju nadogradnje, moraju da prihvate, kako postojeće, tako i dodatno vertikalno opterećenje. To dodatno opterećenje potiče od mase nadograđenog dela, ali i od seizmičkih uticaja. Zbog toga se stanju temelja, proračunu i izvođenju potrebnih ojačanja, mora posvetiti dužna pažnja.

LITERATURA

[1] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (Sl. list SFRJ 31/81, 48/82, 29/83, 21/88, 52/90).

- [2] 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)
- [3] Ačić, M., Ačić, V.: Procena štete na zgradama od zemljotresa očekivanog intenziteta, *Savremeno graditeljstvo*, naučno-stručni časopis za graditeljstvo Republike Srpske, broj 07 – 2011. god.
- [4] Ostojić, D., Stevanović, B., Muravljev, M.: Zemljotresna oštećenja i primenjeni postupci sanacije i ojačanja nadograđenih stambenih zidanih zgrada u Kraljevu, *Savremeno graditeljstvo*, naučno-stručni časopis za graditeljstvo Republike Srpske, broj 07 – 2011. god
- [5] Aničić D., Fajfar P., Petrović B., Szavits-Nossan A., Tomažević M.: *Zemljotresno inženjerstvo – visokogradnja*; Građevinska knjiga, Beograd, 1990.
- [6] Muravljev M., Stevanović B.: *Zidane i drvene konstrukcije zgrada*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2003.
- [7] Petrović B.: *Odabrana poglavlja iz zemljotresnog građevinarstva*, Građevinska knjiga, Beograd, 1985.
- [8] Dimitrijević M.: *Statičko konstruktivni problemi u zaštiti graditeljskog nasleđa*, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- [9] Альбрехт Р.: *Дефекты и повреждения строительных конструкций*, Стройиздат, Москва, 1979.
- [10] EVROKOD 8: Proračun zidanih konstrukcija, Deo 1-1: Opšta pravila za armirane i nearmirane zidane konstrukcije, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2009.
- [11] *Building construction under seismic conditions in the Balkan region. Vol. 5: Repair and strengthening of reinforced concrete, stone and brick-masonry buildings*. UNDP UNIDO project rer/79/015, Vienna, 1983.
- [12] С.Б. Ухов: *Механика грунтов, основания и фундаменты*, Москва, “Высшая школа”, 2004.
- [13] Ostojić, D., Pakvor, A.: *Osnovni aspekti nadogradnje stambenih i javnih zgrada*, Simpozijum JUDIMK “Nadogradnja stambenih i javnih zgrada”, Zbornik radova, strana 255-260, Beograd, 2000. god.