

NOVA KNJIGA GRAĐEVINSKOG I ARHITEKTONSKOG FAKULTETA OSIJEK

# Konstruktivska pojačanja zidanih zgrada

PRIPREMIO:  
Dražen Aničić

**Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek izdao je znanstvenu knjigu i sveučilišni udžbenik *Konstruktivska pojačanja zidanih zgrada – metode i primjeri***

*Naslov djela: Konstruktivska pojačanja zidanih zgrada – metode i primjeri. Autori: izv. prof.dr.sc. Marijana Hadzima-Nyarko, dipl. ing.građ., izv.prof.dr.sc. Naida Ademović, dipl.ing.građ., dr.sc. Mario Jeleč, mag.ing.aedif. Nakladnik: Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Recenzenti: prof. dr.sc. Alen Harapin, dipl.ing.građ., Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, izv.prof.dr.sc. Davor Grandić, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet, Rijeka. Lektorica: Vesna Zobundžija, prof. Tisak i uvez: Grafika, d.o.o., Osijek. Godina izdanja: 2020. Format: B5, tvrdi uvez, 418 stranica. Cijena: 300,00 kuna (PDV uključen).*

Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek izdao je znanstvenu knjigu i sveučilišni udžbenik *Konstruktivska pojačanja zidanih zgrada – metode i primjeri*. Djelo je nastalo suradnjom stručnjaka Građevinskog i arhitektonskog fakulteta Osijek i Građevinskog fakulteta u Sarajevu i ima status sveučilišnog udžbenika temeljem odluke Sveučilišnog odbora za izdavačku djelatnost Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Knjiga iz tiska izlazi u pravom trenutku, neposredno nakon zagrebačkog potresa od 22. ožujka 2020. Gotovo sve zgrade u središtu Zagreba (Gornji i Donji grad) ali i mnoge u širem gradskom području grada zidane su konstrukcije iz razdoblja 18., 19. ili 20. stoljeća. Od više od 13 300 zgrada u zaštićenoj *Povijesnoj urbanoj cjelini Grad Zagreb* upisanoj u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske oštećena je polovina. Kako su oštećenja prijavljena na više od 24 000 zgrada

pred stručnjacima je izazovno dugoročno razdoblje utvrđivanja njihove otpornosti, projektiranja obnove i pojačanja.

Dosad na hrvatskom jeziku nije objavljena nijedna knjiga koja obrađuje pojačanja zidanih zgrada. Djelo sustavno obuhvaća svjetske i domaće znanstvene spoznaje do kojih se došlo istraživanjima u posljednjih četrdeset godina radi utvrđivanja potresne otpornosti zidanih zgrada i metode njihova pojačanja. Može se očekivati da će zbog svoje aktualnosti



i inovativnosti kao i nužnih radova kojima se stare zidane zgrade pojačavaju bilo do razine suvremenih zahtjeva bilo do moguće tehnički prihvatljive razine naići na dobar prijam širokog kruga čitatelja. Područje zidanih konstrukcija desetljećima je u građevnom konstruktorstvu bilo zanemareno. Pozornost stručnjaka bila je usmjerena na armiranobetonske i čelične konstrukcije iako su gotovo sve građevine prethodnih razdoblja bile zidane opekom ili kamenom. Tek pojavom novih oblika zidnih elemenata kao i razvojem novih softverskih modela kojima je moguće obuhvatiti i nelinearno ponašanje materijala što je od iznimne važnosti kod postojećih zidanih konstrukcija, raste i znanstveni interes za zidane konstrukcije. U proračunu nužno je uzeti u obzir i postojeća oštećenja te ih na prikladan način modelirati što je moguće jedino kada se modelira nelinearno ponašanje materijala. Izvanredna djelovanja poput potresa u zemljama južne Europe u prošlom i ovom stoljeću bila su uzrokom mnogobrojnih ljudskih žrtava upravo u zidanim zgradama pa je i to pridonijelo povećanom zanimanju struke za te građevine. Zaštita kulturnih dobara i povijesnih urbanih cjelina posebno je područje i interes i drugih struka osim građevinske. Normiranje u području projektiranja i proračuna novih zidanih konstrukcija na europskoj razini dobro je riješeno sustavom eurokodova, a zahtijevana svojstva sastavnih materijala također su normirana i određuju se sukladno odgovarajućim europskim normama. Te su europske norme preuzele i Hrvatska i Bosna i Hercegovina, dopunile ih vlastitim nacionalnim dodatcima i tako se uključile u cjeloviti europski sustav. Visokoškolsko obrazovanje budućih građevinskih inženjera obuhvaća podučavanje o gradnji novih zidanih građevina, pa je ta problematika uglavnom obuhvaćena dosad objavljenim sveučilišnim udžbenicima. Malo se, međutim, tijekom obrazovanja obrađuju pitanja obnove i pojačanja postojećih zidanih građevina koje u ukupnom građevnom fondu čine najveći dio – svojim brojem, veličinom ili kulturno-povijesnim značenjem. Te su građevine tijekom svog životnog vi-

jeka doživjele veće ili manje pregradnje, bile su oštećene prirodnim nepogodama ili ljudskim djelovanjem, a svojstva njihova građevnog materijala degradirala su tijekom vremena zbog učinaka vlage, starenja ili izvanrednih djelovanja. Stare zgrade čak i neoštećene djelovanjem potresa zato ne zadovoljavaju suvremene europske zahtjeve u pogledu otpornosti na danas normirana djelovanja pa se njihova obnova i pojačanje čini nužnim korakom u produljenju njihova životnoga vijeka. Posebno se to odnosi na građevine koje su zaštićena kulturna dobra i one oštećene nedavnim potresom.

Autori ovog djela odlučili su obraditi u svijetu malo obrađenu tematiku obnove i konstrukcijskih pojačanja zidanih zgrada, objediniti mnogobrojne rezultate suvremenih svjetskih istraživanja razasute u publicistici teško dostupnoj prosječnom inženjeru i dati vlastiti doprinos povezivanjem suvremenih metoda obnove i pojačanja s normativnim zahtjevima. Ovo djelo omogućuje čitatelju uvid u najnovije stanje znanja (engl. *state-of-the-art*) obrađenog područja i nadilazi opseg izlaganja prema satnici predviđenoj za zidane konstrukcije. Ono zato čitatelju, studentu ili inženjeru projektantu, pruža cjelovit uvid i otvara nove vidike o tome kako za zidanu građevinu provjeriti njezinu sadašnju uporabljivost i otpornost na propisana djelovanja ali i kako ju pojačati da bi zadovoljila suvremene sigurnosne zahtjeve. Stoga se ovo djelo u području zidanih konstrukcija može smatrati pionirskim. Kako sličnog djela na ovim prostorima nema može se očekivati da će ono poslužiti mnogim stručnjacima u regiji.

Dvije autorice ovog djela bave se više godina specifičnim područjem nosivih konstrukcija - zidanim konstrukcijama kao dijelom svog akademskog i profesionalnog djelovanja, a u uglednim su svjetskim znanstvenim časopisima o zidanim konstrukcijama objavile više radova. Stoga je neupitno da su za pripremu ovog djela bile potpuno kompetentne. Treći autor mladi je znanstvenik, dobitnik nagrade Hrvatskog saveza građevinskih inženjera za najbolji doktorat u 2019. godini (nagrada je dodijeljena na Hrvatskom

graditeljskom forumu 2020), koji se autoricama pridružio kao ambiciozni suradnik. Djelo je rezultat uspješne prekogranične suradnje građevinskih eksperata u području zidanih konstrukcija i moglo bi biti poticaj za slične akademske suradnje. Djelo je strukturirano tako da se na kraju svakog poglavlja navodi upotrijebljena znanstvena literatura i mjerodavni propisi i norme. Upotrijebljeno stručno nazivlje strogo slijedi nazivlje prihvaćeno u hrvatskim prijevodima europskih norma za projektiranje konstrukcija. Mjerne jedinice u cijelosti su usklađene s normom. U prva četiri od ukupno deset poglavlja obrađena su svojstva zida: komponente zida (zidni elementi i mort), mehanička svojstva (tlačna, posmična i vlačna čvrstoća te čvrstoća na savijanje), deformacijska svojstva (modul elastičnosti, modul posmika, radni dijagram, puzanje, skupljanje i toplinski koeficijent). Potom su obrađeni normirani postupci proračuna vertikalne i horizontalne nosivosti zida za uobičajene kombinacije djelovanja.

Peto poglavlje posvećeno je ponašanju zidanih zgrada u potresnim područjima. Pokazano je da zidane zgrade u RH i BiH čine pretežiti dio ukupnoga fonda zgrada. Nakon prikaza razaranja zgrada u potresima u prethodnim razdobljima pokazane su suvremene karte potresnih područja s prikazom poredbenih ubrzanja temeljnog tla iz kojih proizlazi da u obje države gotovo i nema teritorija na kojem djelovanje potresa ne treba uzeti u obzir. Da su zidane zgrade pri potresu naročito osjetljive pokazuju njihova oštećenja pokazana slikovnim prilozima i tekstom. Ako se prije potresa želi ustanoviti moguća oštetljivost fonda zidanih zgrada provodi se procjena oštetljivosti za što su u ovom poglavlju opisane metode, a razredba oštećenja provodi se sukladno Europskoj makroseizmičkoj ljestvici (EMS-98). Uočeni mehanizmi slomova zida evidentiraju se terenskim pregledima nakon potresa i analiziraju laboratorijskim i teorijskim istraživanjima. Šesto poglavlje obrađuje ocjenjivanje i obnovu zidanih zgrada. Navode se temeljni zahtjevi koje građevina mora ispuniti prema važećoj zakonskoj regulativi koja za potresna područja upućuje na

primjenu prihvaćenih europskih norma niza EN 1998. Kod pojačanja postojećih zgrada koje tim normama ne udovoljavaju upućuje se na razredbu ovisnu o razini znanja o konstrukciji (ograničeno, uobičajeno ili potpuno), a kriteriji odlučivanja o opsegu zahvata mogu se donijeti na osnovi numeričkih ili drugih pokazatelja. Specifično se postupa sa zgradama koje su kulturna dobra jer se tu zahtijevaju suradnja i stajališta stručnjaka drugih profila i dopuštaju odstupanja od normativnih zahtjeva za nove zgrade.

Sedmo poglavlje opisuje načela i metode konstrukcijskih pojačanja. Nakon prikaza tipičnih slomova zida obrađene su metode povećanja nosivosti i duktilnosti zida izvedbom vertikalnih i horizontalnih serklaža, pojačanje stupova, stropova, krovništa i temelja, pri čemu je naglašena nužnost učinkovitog povezivanja vertikalnih i horizontalnih nosivih elemenata. Tradicijske metode obuhvaćaju oblaganje zida mlaznim betonom, ferrocementnim oblogama i armiranje žbuke. Opisani su postupci izvedbe i očekivani učinci pojačanja. Razmotreno je injektiranje pukotina cementnim i epoksidnim emulzijama, ugradnja središnje jezgre u zide i

vertikalno prednapinjanje kao posebno prikladna metoda pojačanja visokih štavnih struktura poput tornjeva, zvonika i dimnjaka.

Od suvremenih metoda pojačanja navodi se pojačanje čeličnim limovima, a zatim kompozitnim materijalima u obliku lamela ili plahti proizvedenih od polimera armiranih ugljičnim, staklenim ili aramidnim vlaknima. Na kraju poglavlja pregledno su navedene prednosti i nedostatci opisanih metoda pojačanja.

U osmom poglavlju prikazani su rezultati provjere otpornosti za nekoliko metoda pojačanja zida koji su uspoređeni s otpornošću istovjetnog nepojačanog zida. Odbrana su dva tipična nosiva zida od šupljih zidnih elemenata – jedan duljine 4,0 m, drugi duljine 1,0 m, oba katne visine, pa su za njih proračunane granične vrijednosti vertikalne i horizontalne sile i momenta savijanja. Potom je svaki zid pojačan na neki od ranije detaljno opisanih načina pojačanja i tako analiziran kao omeđeno zide, armirano zide, zide s jezgrom, zide pojačano mlaznim betonom i zide pojačano lamelama od polimera armiranog ugljičnim vlaknima. Numerički i grafički vrlo pregledno pokazana je učinkovitost svake

metode pojačanja u odnosu na nepojačani zid što je svakom projektantu vrijedan podatak pri odlučivanju o metodi koju pri pojačanju planira primijeniti.

Deveto poglavlje obrađuje cjeloviti seizmički proračun jedne suvremene zidane sedmerokatnice i jedne četverokatnice. Sedmerokatnica je proračunana primjenom sofisticiranog računalnog programa dok je četverokatnica proračunana primjenom pojednostavnjenih normiranih postupaka. Nakon provedenog detaljnog proračuna sedmerokatnice pri čemu je uzeta je u obzir nelinearna zakonitost materijala zida, predložene su mjere pojačanja ugradnjom novih konstrukcijskih elemenata.

Deseto poglavlje na dvama primjerima zidanih zgrada koje su ujedno i kulturna dobra odnosno građevine spomeničke baštine, na jednom samostanu s crkvom i zvonikom i na jednoj džamiji detaljno obrađuje metode njihove obnove i pojačanja primjenom suvremenih tehničkih postupaka.

**Napomena:**

Prilog je pripremio

Prof. dr. sc. Dražen Aničić, dipl.ing.građ.

emeritus, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske

**Naručivanje narudžbenicom na:**  
**Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek**  
**Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek**  
**ili na e-mail: mhadzima@gfos.hr**