

Hrvatski i europski pristup potresnoj otpornosti nepokretnih kulturnih dobara

Dražen Aničić

Ključne riječi

potres,
spomenik kulture,
kulturno dobro,
Europa, proračun,
konstrukcija,
zgrada,
ziđe

Key words

earthquake,
cultural monument,
cultural asset,
Europe, budget,
structure,
building,
walls

Mots clés

séisme,
monument historique,
bien culturel,
Europe,
budget, construction,
bâtiment,
maçonnerie

Schlüsselworte:

Erdbeben,
Kulturdenkmal,
Kulturgut, Europa,
Berechnung,
Konstruktion,
Gebäude,
Mauerwerk

D. Aničić

Stručni rad

Hrvatski i europski pristup potresnoj otpornosti nepokretnih kulturnih dobara

U radu je prikazano današnje stanje zakonskog uređenja protupotresne zaštite nepokretnih kulturnih dobara u Hrvatskoj. Opisana je i komentirana europska norma za popravak i pojačanje zgrada i nepokretnih kulturnih dobara u potresnim područjima (ENV 1998-1-4). Uspoređena je dosadašnja hrvatska praksa i europski zahtjevi. Zaključeno je da je obnova nepokretnih kulturnih dobara u Hrvatskoj bila u skladu s novim europskim zahtjevima pa za njihovu primjenu ne bi trebalo biti teškoća.

D. Aničić

Professional paper

Croatian and European approach to seismic resistance of immovable cultural assets

The current legislation for seismic protection of immovable cultural assets in Croatia is presented. The European standard for the repair and strengthening of buildings and immovable cultural monuments in earthquake regions (ENV 1998-1-4) is presented and commented. Present day practices in Croatia are compared with European requirements. In conclusion, it is stated that the reconstruction of immovable cultural assets undertaken so far in Croatia complies with the latest European requirements, and hence the implementation of such requirements should present no difficulties.

D. Aničić

Ouvrage professionnel

L'approche croate et européenne de la résistance aux séismes des biens immeubles culturels

L'article décrit l'état actuel de la législation de la protection sismique des biens immeubles culturels en Croatie. L'euro-norme (ENV 1998-1-4) relative à la réparation et au renforcement des bâtiments et des biens immeubles culturels dans les régions sismiques est également présentée et commentée. On compare la pratique actuelle en Croatie avec les exigences européennes. On conclut que la rénovation des biens immeubles culturels en Croatie a été conforme aux nouvelles exigences européennes et que la mise en place de ces dernières ne devrait pas poser de difficultés.

D. Aničić

Fachbericht

Kroatišer und europski pristup potresnoj otpornosti nepokretnih kulturnih dobara

Im Artikel ist der heutige Stand der Gesetzgebung für die antiseismische Schützung der Kulturgüter in Kroatien dargestellt. Beschrieben und kommentiert ist die europäische Norm für Reparatur und Verstärkung von Gebäuden und unbeweglichen Kulturgütern in seismischen Gebieten (ENV-1-4). Die bisherige kroatische Praxis wird mit den europäischen Forderungen verglichen. Man schliesst dass die Erneuerung der unbeweglichen Kulturgüter in Kroatien mit den neuen europäischen Forderungen übereinstimmt, so dass es für deren Anwendung keine Schwierigkeiten geben dürfte.

Autor: Prof. dr. sc. **Dražen Aničić**, dipl. ing. građ., redoviti član Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, Rakušina 1,

1 Uvod

Nepokretni spomenici kulture kao trajni znakovi graditeljskih, kulturnih i umjetničkih dometa određene sredine oduvijek su bili posebno zaštićeni, a trajanje takvih građevina organizirana su društva nastojala što je moguće više produljiti. Ipak, i spomenici kulture imaju ograničen vijek trajanja, jer su izloženi djelovanju prirodnih sila, ljudskom razaranju, pa je do našega doba preživio samo manji broj značajnih građevina prošlosti. Svako gradivo u građevini s vremenom gubi svoja dobra početna svojstva - stari. Od prirodnih sila koje svojim povremenim ili trajnim djelovanjem razaraju građevine mehanički i kemijski, u razdobljima koja su dulja od čovjekova životnog vijeka, jesu vjetar, potres i poremećaji u tlu, a u nekim područjima i mraz, led, kemijska djelovanja, živi organizmi itd. Potres razara strukturu građevine mehanički: razdvaja međusobne veze nosivih elemenata, uzrokuje trajne deformacije i pomake, ruši najslabije dijelove, a ponekad i cijelu građevinu. Kako graditi građevine otporne na potres? To pitanje i danas si postavljaju graditelji širom svijeta.

Spomenici kulture posebna su skupina pretežno starih zidanih građevina, građenih na nedostatnim znanstvenim i stručnim spoznajama prethodnih generacija. U sebi nose niz nepoznanica koje današnjem stručnjaku otežavaju procjenu "sigurnosti", "preostale nosivosti", "mehaničke otpornosti i stabilnosti", procjenu kakvoće gradiva, stupanj degradacije u vremenu, a time i donošenje odluke o mjerama koje valja poduzeti u procesu obnove. Ipak, i takve građevine imaju, neovisno o inženjerskoj spoznaji o njima, određenu otpornost na djelovanje potresa, pa će one potrese manje snage uglavnom preživjeti.

Po najnovijoj terminologiji u Zakonu o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara [1] ukinut je naziv spomenik kulture. Pod općim nazivom kulturna dobra svrstana su nepokretna kulturna dobra, pokretna kulturna dobra i nematerijalna kulturna dobra. Skupini nepokretnih kulturnih dobara, kojima se u ovome radu bavimo, po tom zakonu pripadaju:

- grad, selo, naselje ili njegov dio
- građevina ili njezini dijelovi, te građevina s okolišem
- tehnički objekt s uređajima i drugi slični objekti

te ostalo što ne smatramo građevinama (krajolici, perivoji, arheološka nalazišta i dr.).

Zakon, dakle, ne obuhvaća samo pojedine građevine ili njihove dijelove, već i naseljene cjeline (grad, selo, naselje). Pod neprimjerenim i nedovoljno preciznim nazivom "tehnički objekt" vjerojatno se mislilo na vrijedne inženjerske građevine (mostove, brane, ceste, industrijske hale...) koje valja zaštititi kao nepokretna dobra koja imaju određeno povijesno, tehničko ili drugo značenje).

Stajališta o potrebi i mogućim novim građevinskim zahvatima na spomenicima kulture s vremenom su se mijenjala. Prvo, krajnje stajalište, bilo je, da u nosivoj strukturi građevine ne treba ništa mijenjati poradi očuvanja izvorne supstancije (stajalište konzervatora), a sama činjenica da je spomenik preživio više stoljeća, dovoljna je potvrda njegove otpornosti i trajnosti. Drugo, krajnje stajalište, bilo je da nosivu strukturu u svakom pogledu valja prilagoditi suvremenim spoznajama inženjerske struke jer je javni interes društva postizanje ujednačene sigurnosti svih vrsta građevina.

Ni jedno od ovih krajnjih stajališta nije se u praksi moglo ostvariti. "Funkcionalna obnova" kojom bi se u staroj građevini uredila samo funkcija (obrotnički i instalaterski radovi) a ne i pojačao neprikladni nosivi sustav ne može se smatrati uspjelom. Vanjska djelovanja kojima je građevina izložena nisu zanemariva, gradiva s vremenom propadaju, a svako izvanredno djelovanje jest rizik za živote korisnika. "Cjelovita obnova" koja uključuje osim funkcionalne i potpunu građevinsku obnovu usklađivanjem nosivosti sa suvremenim zahtjevima često se ne može izvesti bez narušavanja izvornih arhitektonskih oblika te umjetničkih, povijesnih i drugih vrijednosti građevine pa je neprihvatljiva konzervatorima.

U nas je donedavno, umjesto krutoga "načelnog" usvajanja jednog od dvaju krajnjih pristupa, pri obnovi nepokretnih kulturnih dobara prevladavao srednji put – kompromisno rješavanje svakoga posebnog slučaja, na temelju sporazuma kompetentnih stručnjaka odgovornih za pojedine struke: arhitekata, konzervatora, inženjera konstruktora, a često se u ekipu, pri definiranju projektnog zadatka, uključivao i predstavnik investitora. Društvena kontrola projektiranih rješenja provodila se u postupku revizije (građevinskoj, konzervatorskoj) ali i "obranom" projekata pred višečlanim stručnim komisijama.

2 Hrvatski pristup

Novi Zakon [1] propisao je obvezu ustanova koje obavljaju poslove zaštite i očuvanja kulturnih dobara i vlasnika kulturnih dobara da osiguraju "uvjete radi zaštite i čuvanja kulturnih dobara za slučaj izvanrednih okolnosti (oružani sukob, potres, poplava, požar, ekološki incident i katastrofa ili druge izvanredne okolnosti)". Ova se odredba može tumačiti na više načina, a njezinu primjenu u idućem razdoblju bit će posebno zanimljivo pratiti. Ipak, valja istaknuti stajalište da je zaštita građevine - kulturnog dobra - postala zajednička obveza i briga države i vlasnika.

Novi Zakon o gradnji [2] postavio je projektiranje, proračun, gradnju i održavanje novih i postojećih (pa i starih) građevina u skladu s načelima usvojenim u Europs-

koj uniji. Time je započelo i stvarno približavanje hrvatskoga građevinskog zakonodavstva europskom. Europska unija utvrdila je Smjernicom Vijeća 89/106/EEC o približavanju zakona, propisa i upravnih propisa država članica koji se odnose na građevne proizvode [3] šest bitnih zahtjeva kojima svaka građevina mora udovoljiti u predviđenom uporabnom vijeku uz redovitu uporabu i održavanje. Ti su zahtjevi:

- a) mehanička otpornost i stabilnost
- b) sigurnost u slučaju požara
- c) higijena, zdravlje i zaštita okoliša
- d) sigurnost pri uporabi
- e) zaštita od buke
- f) ušteda energije i očuvanje topline.

Imajući na umu da se pri obnovi nepokretnih kulturnih dobara ne mogu uvijek ispuniti svi navedeni bitni zahtjevi, jer se radi o građevinama građenim prije njihova donošenja, u Zakonu [2] predviđeno je da se u slučaju rekonstrukcije građevine upisane u Registar kulturnih dobara po Zakonu [1], može odstupiti od nekih bitnih zahtjeva za građevinu. Nije predviđeno da se odstupanje od propisanih bitnih zahtjeva može dopustiti i pri rekonstrukciji ostalih postojećih građevina koje nisu upisane u Registar nepokretnih kulturnih dobara. Suglasnost za odstupanje daje Ministarstvo graditeljstva (nakon posljednje reorganizacije ministarstava u veljači 2000. to je Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja) uz suglasnost Ministarstva kulture. Nedorečeno je u zakonu koji su to bitni zahtjevi od kojih se može odstupiti te koliko i kako se od njih može odstupiti. Slične odredbe nalaze se i u zakonu koji propisuje gradnju na području Dubrovnika [5].

Svaki projekt obnove nepokretnoga kulturnog dobra, osim ako projektom nisu ispunjeni svi bitni zahtjevi i ako to projektant nije u projektu izričito naveo, morat će, prema tome, prije dobivanja građevinske dozvole dobiti suglasnost ministarstva. Kojim će se kriterijima ministarstvo rukovoditi, koja će se i kolika odstupanja od bitnih zahtjeva dopuštati te koji će stručnjaci ocjenjivati veličinu tih odstupanja i njihovu dopustivost, valja riješiti naknadno. Današnji revidenti projekata mogu taj posao obaviti samo djelomično, jer je Zakonom određeno da su kontroli (reviziji) projekata podvrgnuta samo tri od šest bitnih zahtjeva (mekanička otpornost i stabilnost; zaštita od buke; ušteda energije i očuvanje topline). Za preostala tri zahtjeva ni nema imenovanih revidenata. Može li se provjera preostalih triju bitnih zahtjeva (sigurnost u slučaju požara; higijena, zdravlje i zaštita okoliša; sigurnost pri uporabi) kod nepokretnih kulturnih dobara povjeriti ovlaštenim inženjerima, ili se

odstupanje od ta tri bitna zahtjeva kod ovih građevina ne će ni kontrolirati? Koji bi stručni profil morali imati stručnjaci koji će provjeriti udovoljavanje bitnih zahtjeva: higijena, zdravlje i zaštita okoliša ili bitnih zahtjeva sigurnost pri uporabi? Nisu li potrebna znanja izvan okvira znanja kojima raspolažu arhitekti i građevinski inženjeri? Kakva je veza bitnog zahtjeva *zaštita okoliša* iz Smjernice 89/106/EEC sa drugim hrvatskim zakonima iz područja zaštite okoliša?

Izrada projekata obnove, ali i istražni radovi na nepokretnim kulturnim dobrima, ograničeni su Zakonom [1]. Odsada se projektiranjem obnove građevina koje su upisane u javnu knjigu pod nazivom Registar kulturnih dobara mogu baviti samo specijalizirane pravne i fizičke osobe koje imaju dopuštenje ministra kulture. Isto se odnosi na istraživanje i proučavanje kulturnih dobara. Uvjeti koji moraju biti ispunjeni za dobivanje dopuštenja propisani su Pravilnikom [4]. Dopuštenje se daje na vrijeme od pet godina, nakon čega valja zatražiti produženje, a tko dobije dopuštenje upisuje se radi evidencije u Upisnik ministarstva.

Oba zakona, [1] i [2], ostavila su i danas u pogledu ispunjavanja prvoga bitnog zahtjeva (mekanička otpornost i stabilnost) dvojbu, jer su odlučivanje i dogovaranje o tome koji su to zahvati kojima se narušavaju pojedina svojstva građevine, pa se slijedom toga pojačanje građevine i ne može (čitaj: ne smije) provesti do "potrebnog stupnja seizmičnosti", prepustili nedovoljno definiranim koracima u procesu projektiranja i proračuna, ishoda suglasnosti određenih tijela uprave, pa i subjektivnoj ocjeni pojedinih sudionika u gradnji ili "stručnih povjerenstava". Ostaje nejasno hoće li u takvom postupku biti postignut željeni javni interes s obzirom na sigurnost građevine, tj. ne će li nakon takve obnove tijekom njezine daljnje uporabe doći će:

- a) rušenja građevine ili njezina dijela,
- b) deformiranja nedopuštena stupnja,
- c) nerazmjerno velikih oštećenja u odnosu prema uzroku zbog kojih su nastala,
- d) oštećenja na okolnim građevinama [2].

To nije isključeno ako se u procesu usuglašavanja dopustivih odstupanja nametnu stajališta stručnjaka "nekonstruktorskih" profila.

3 Europski pristup

3.1 Općenito

Reguliranje slobodnog prometa građevnih proizvoda i građenje koje se u Europskoj uniji osniva na Smjernici [3] bavi se novim proizvodima i novim građevinama.

Skupina europskih norma za proračun konstrukcija (ENV 1991 do ENV 1999) također obrađuje samo problematiku novih građevina. Te norme nisu izravno namijenjene procjeni i proračunu postojećih građevina, ali je dopuštena njihova primjena gdje je to moguće, i na te građevine.

Imajući na umu da pretežiti broj građevina uvijek čine starije građevine, izgrađene prema nekim prijašnjim znanjima, načelima i propisima, te da su proces njihova oštećivanja, a zatim i potreba obnove neprekinut proces, pri razradi europske norme za proračun potresno otpornih građevina, europski su se stručnjaci odlučili izraditi poseban dio norme u kojem će obraditi pitanja pojačavanja i popravka zgrada [6]. Idući razlog izrade ove norme jest i činjenica, da se i za nove građevine, projektirane na načelima novih norma, predviđa u potresu određeni, prihvatljivi stupanj konstrukcijskih oštećenja, pa je za takve zgrade bilo potrebno predvidjeti i odgovarajuću normu za njihovu obnovu.

Ta norma obuhvaća gotovo sva znanja o popravku i pojačavanju zgrada u potresnim područjima i temelji se na dugom iskustvu stručnjaka za građenje u potresnim područjima mediteranskih zemalja. Na oko 140 "kartica" teksta obrađena su mnoga teorijska i praktična pitanja obnove.

Kako su načelna stajališta navedena u toj europskoj normi bliska stajalištima koja zastupa autor ovog rada prema kojima je projektirao konstrukcijsku obnovu mnogih zidanih zgrada i kulturnih dobara, a nisu u suprotnosti s odredbama Zakona o gradnji [2], ovdje će se izložiti i komentirati samo oni dijelovi te norme koji se odnose na nepokretna kulturna dobra odnosno na zidane zgrade. Osim naziva "građevina" u daljem će se tekstu rabiti i naziv "zgrada", jer se tekst najvećim dijelom i odnosi samo na zgrade.

Norma [6] obrađuje pitanja osiguranja kriterija za procjenu ponašanja pojedinačnih postojećih zgrada u potresu, daje pristup pri odabiru potrebnih korekcijskih mjera i postavlja kriterije za projektiranje mjera popravka odnosno pojačanja. Pritom za nepokretna kulturna dobra odabrana konstrukcijska rješenja, metode i postupci moraju biti sukladni vrijednosti zgrade kao kulturnog dobra. Ova, u početku nedovoljno jasna formulacija, razrađuje se kasnije u ovom radu.

3.2 Prethodni istražni radovi

Prije početka izrade projekta obnove stare zgrade projektant će prikupiti što više podataka o njoj, provesti vlastiti vizualni pregled, a prema potrebi provesti će ili naručiti i istražne radove.

Opći podaci o zgradi uključuju uvid u razdoblje gradnje, eventualno u izvorni projekt, u primijenjene propise,

procjenu preostale ekonomske vrijednosti i podatke o provjeri kakvoće gradiva iz vremena gradnje, ako takvi postoje. Također će se prikupiti podaci o prethodnim popravcima ili pojačanjima, podaci o ponašanju zgrade u prijašnjim potresima ili drugim izvanrednim okolnostima, evidentiranim starim oštećenjima itd. Ponašanje u prijašnjim potresima jest podatak koji se može prikladno uzeti u obzir kao prirodni pokus na konstrukciji. Sve povijesne zapise o zgradi može projektant obnove "čitati" na svoj način, kako bi stekao što potpuniju sliku prije početka rada na projektu.

3.3 Procjena stanja zgrade

Procjena stanja se sastoji od provjere potresne otpornosti postojeće oštećene ili neoštećene zgrade, uzevši u obzir nepotresna i potresna djelovanja za vrijeme predviđenog vijeka trajanja zgrade. Ova procjena može biti dvojaka: može služiti za donošenje odluke u potrebnim zahvatima u konstrukciji zgrade radi izrade projekta njezina pojačanja i popravka ili za odlučivanje o sveobuhvatnoj obnovi čitavih gradskih područja (urbanih jezgara) radi ublažavanja budućeg potresnog rizika. U drugom se slučaju procjenjuju odabrane tipične zgrade neke veće cjeline.

Jedan od načina procjene potresne otpornosti (nosivosti) pojedine zgrade jest proračun. U takvom je proračunu načelno dopustivo prikladno izmijeniti brojčane vrijednosti djelovanja i koeficijente sigurnosti u odnosu prema onima koji vrijede za nove zgrade imajući na umu kraći preostali uporabni vijek zgrade, manju nesigurnost u odnosu prema stalnom opterećenju i ispitivanjem utvrđena svojstva. No, kod kulturnih dobara bit će teško definirati preostali uporabni vijek, jer je redovito želja svih da on bude "neograničeno dug". Međutim, numerički pristup kojim se primjenom norme dokazuje valjanost konstrukcijskog pojačanja zgrade ne smije se provesti na štetu kvalitativne provjere kojom se ustanovljuje i/ili uklanjaju njezini glavni konceptijski nedostaci.

Za procjenu stanja skupine sličnih zgrada često se rabi metoda procjene oštetljivosti. Radi se o procjeni potresnog rizika, tj. predviđanju novčanog ekvivalenta štete kao posljedice potresa. Šteta ovisi o potresnoj opasnosti (o jačini i učestalosti potresa), o oštetljivosti zgrade i o izloženosti (u vezi s "vrijednošću" promatranih zgrada te mogućim posljedicama za ljudske živote).

Pri određivanju "kulturne vrijednosti" zgrada razlikuju se:

- a) *zgrade-spomenici*, tj. pojedinačne zgrade koje imaju važnu "kulturnu vrijednost" pa je potrebno zajamčiti njihovu potpunu zaštitu uključujući arhitektonska, konstrukcijska i oblikovna svojstva te gradivo;
- b) *povijesne cjeline zgrada*, tj. zgrade koje se nalaze u području koje ima "kulturnu vrijednost" u cjelini

(povijesna gradska područja) iako pojedinačna zgrada sama za sebe nema vrijednost. U tom se slučaju zaštita odnosi na opći karakter načina gradnje koji je tipičan za cijelo područje.

Pri određivanju dopustive oštetljivosti ne može se uzimati u obzir samo konstrukcijska sigurnost, odnosno potencijalna šteta na konstrukcijskim elementima, nego se moraju imati na umu i moguće posljedice "kulturne štete" (šteta na freskama, opremi i dr.).

3.4 Smanjenje potresnog djelovanja

Za neke se stare zgrade umjesto potresnog djelovanja propisanog za nove zgrade može primijeniti umanjeno djelovanje. Ovo je dopustivo:

- a) ako se unaprijed zna da je preostali vijek trajanja zgrade kraći od srednjeg povratnog perioda jakog potresa,
- b) ako se veliki broj zgrada neke urbane cjeline želi pojačati za buduće djelovanje potresa ili obnoviti nakon oštećenja u potresu ali samo do neke razine, koju država (društvo) još može ekonomski podnijeti, iako je ta razina ispod one propisane (europskom) normom i
- c) ako se radi o zgradi-spomeniku kod koje bi primjena propisanoga računskog ubrzanja uzrokovala takve konstrukcijske zahvate koji bi sa stajališta zaštite spomeničkih svojstava bili neprihvatljivi.

3.5 Prilagodba parcijalnih koeficijenata za svojstva gradiva

Računske vrijednosti za novogradnje osnivaju se na karakterističnim čvrstoćama gradiva utvrđenim u normama. Kod primjene za već izgrađene građevine te se vrijednosti mogu rabiti [6], ako su ispunjena sva tri navedena uvjeta:

- a) postoji izvorni projekt i dokumentacija o izvedbi
- b) nema znakova neprikladnosti ili promjena u čvrstoći gradiva
- c) postoje rezultati ispitivanja *in situ* koji potvrđuju prethodne pretpostavke.

Ako jedan od navedenih uvjeta nije udovoljen, mora se načiniti procjena čvrstoće gradiva, bilo ispitivanjem, bilo usporedbom s normama koje su bile na snazi u vrijeme građenja. Kod starih tradicionalno građenih zidanih konstrukcija dopušteno je uzeti nazivne vrijednosti čvrstoće gradiva kao računске čvrstoće. Nazivne se vrijednosti u tom slučaju temelje na prethodnom iskustvu ili određenim prijašnjim ispitivanjima čvrstoće zida na građevini.

3.6 Prilagodba parcijalnih koeficijenata za djelovanja

Zgrade se na djelovanje potresnih sila proračunavaju "standardnom" metodom, tj. metodom jednakovrijednih statičkih sila u kojoj se sposobnost plastičnog deformiranja, prigušenja i prekobrojnost nosivih elemenata uzima u obzir s pomoću faktora ponašanja q ili dinamičkim proračunom konstrukcije koja se ponaša nelinearno. U oba se slučaja pri proračunu postojećih (starih!) zgrada upotrebljavaju veće vrijednosti parcijalnog koeficijenta za djelovanja, čime se uzima u obzir neprikladnost ili nesigurnost modela proračuna. Posebno se, ako se radi i o oštećenim konstrukcijama, s povećanim koeficijentima uzima u obzir i neprikladnost računskog modela za oštećenu konstrukciju, s obzirom na to da se računski modeli uvijek odnose na neoštećene konstrukcije. Prednost pri proračunu zidanih zgrada valja dati statičkim metodama jer su jednostavnije za modeliranje, a daju dovoljno dobar uvid u ponašanje građevine.

3.7 Modeliranje i proračun

Pri računskom modeliranju konstrukcija postojećih građevina moraju se uzeti u obzir moguće promjene krutosti konstrukcijskih elemenata u odnosu na izvorne. Također se, pri odabiru faktora ponašanja građevine, mora uzeti u obzir i moguća promjena duktilnosti zbog prethodnih potresa ili trajnih degradacija konstrukcije. Radi što bolje procjene vlastitih perioda vibracija zgrade moraju se razmotriti još i prethodna oštećenja i radovi kojima je tijekom vremena mijenjan nosivi sustav. Izmjere konstrukcije moraju se uzeti po stvarno izvedenom stanju, a ne po projektu jer odstupanja katkada mogu biti znatna. Za što realniji model važna je i procjena krutosti stropova u vlastitoj ravnini (krutost dijafragma) te uzimanje te krutosti u obzir pri proračunu konstrukcije na prikladan način.

Posebna opasnost pri modeliranju zgrade jest primjena metode konačnih elemenata, kod koje se prividno s velikim brojem konačnih elemenata i složenim proračunom dobiva veća točnost [7]. Pri tome se zaboravlja da temeljne postavke pri primjeni ove metode kod zidanih konstrukcija uz odvojeno modeliranje zidnih elemenata i veziva (morta) mogu biti načelno pogrešne, jer je ponašanje opterećenog zida u naravi potpuno drugačije od modelom pretpostavljenog. Nedopustivo je djelovanja rastavljati razmjerno krutostima "skeleta" od morta i "skeleta" od zidnih elemenata, jer se time ne zanemaruje samo volumenska deformabilnost zida koja je odlučujuća za njegovu nosivost, nego i veza prionljivosti koja postoji između dvaju gradiva. Rezultati proračuna dobiveni takvim postupkom nemaju nikakvog utemeljenja na fizikalnim svojstvima i ponašanju zida u potresu.

Iduće je ograničenje što je metoda osnovana na teoriji elastičnosti, pa se naprezanja dobivena iz reznih sila mogu uspoređivati samo s proizvoljno određenim "dopuštenim naprezanjima". Time se izbjegava primjena danas jedino propisane europske metode, metode graničnih stanja. Ipak, velike grafičke mogućnosti suvremenih računalnih programa valja upotrijebiti za otkrivanje onih dijelova nosive konstrukcije koji su najosjetljiviji (najoštetljiviji), a što se grubljim modeliranjem bez takvih programa ne može ustanoviti.

Kod zidanih zgrada proračun se može provesti primjenom statičkih metoda temeljenih na nelinearnoj ovisnosti sila-deformacija svih konstrukcijskih elemenata koji prenose horizontalne sile. Proviđi se to postupkom korak po korak, smanjujući krutosti elemenata s povećanjem horizontalnog opterećenja i postupnim isključivanjem elemenata kojih je nosivost iscrpljena. Pri tome se elastoplastično ponašanje pojedinih elemenata uzima na konzervativan način (na strani sigurnosti). Takav se način proračuna naziva "proračun postupnim guranjem" (engl. *push-over analysis*).

Najjednostavniji je onaj postupak u kojem se provede približna procjena nosivosti zgrade na djelovanje horizontalnih sila (za ukupnu konstrukciju ili za svaki kat posebno) i podaci usporede s računskim potresnim silama koje odgovaraju najvećoj vrijednosti elastičnog spektra odziva.

4 Načela protupotresne zaštite nepokretnih kulturnih dobara

Temeljni je cilj potresne zaštite zgrada da se zaštite osobe i neke materijalne vrednote (vrijednosti koje se mogu izraziti novcem). Kod kulturnih dobara taj se cilj proširuje i na zaštitu "kulturnih vrijednosti". Stoga postoji potreba za drugačijim pristupom, definicijama i metodama. Osim zadovoljavanja odredaba propisanih za postizavanje potresne otpornosti novih građevina, valja uzeti u obzir i odredbe koje se odnose na obnovu (pojačanje) postojećih zgrada i stajališta kojima se čuvaju arhitektonska, umjetnička, estetska, oblikovna i druga svojstva kulturnoga dobra.

U Hrvatskoj postoji dugogodišnje iskustvo u obnovi kulturnih dobara u potresnim područjima. Veliki zahvati izvedeni su na desetinama zgrada najviše spomeničke kategorije u Dubrovniku i drugdje [8, 9]. Projektirana je obnova više od 40.000 m² zgrada najrazličitijih namjena. Od toga je do 1990. bila obnovljena otprilike polovica. Tijekom rada postizana je redovito zadovoljavajuća suglasnost između arhitekta, konzervatora i konstruktora o opsegu konstruktorskih radova kojima se ne narušavaju "kulturne vrijednosti" ili arhitektonska skladnost zgrada. Iako bez formalne potpore u tadašnjim zakoni-

ma i tehničkim propisima, primijenjena su načela koja su petnaest godina kasnije (1996.) publicirana kao usuglašena europska stajališta o obnovi nepokretnih kulturnih dobara u europskoj prednormi [6].

Razina sigurnosti nepokretnoga kulturnog dobra utvrđuje se za situaciju očekivanoga najvećeg potresa (za promatrani uporabni vijek koji je znatno dulji negoli za obične zgrade) i koji uzrokuje samo popravljivu štetu a ne i golemu umjetničku štetu. Kada postoji spor između konstrukcijske sigurnosti i arhitektonske/umjetničke cjelovitosti može se provesti neka vrsta proračuna (procjene) troškova i dobitaka (engl. *cost-benefit analysis*) gdje je dobitak povećana sigurnost zgrade, a trošak je gubitak arhitektonske cjelovitosti. U takvim slučajevima dvije skupine mjerodavnih specijalista moraju razmotriti ova pitanja i donijeti zajedničku odluku.

Na zgrade-spomenike ili povijesne cjeline zgrada primjenjuju se odredbe koje vrijede za obične zgrade samo ako one ne daju negativne učinke na očuvanje spomenika. Tehnika zahvata koja se predlaže mora udovoljiti zahtjeve očuvanja primjenom ovih kriterija:

- a) učinkovitost - zahvat mora biti učinkovit, a njegova učinkovitost mora se dokazati kakvoćom i količinom
- b) skladnost - zahvat mora biti u skladu s izvornom konstrukcijom i gradivima sa kemijskog, mehaničkog, tehnološkog i arhitektonskog stajališta
- c) trajnost - u zahvatu se moraju rabiti gradiva i tehnike za koje je pokazano da imaju trajnost usporedivu s onima u zgradi. Zahvati kraćeg trajanja su prihvatljivi ako je predviđena povremena zamjena.
- d) reverzibilnost (zamjenjivost) - zahvati moraju biti što je više moguće reverzibilni, tako da se mogu ukloniti ako u budućnosti dođe do druge odluke.

Zahtjev za skladnošću zahvata u nekim situacijama uzrokuje rasprave između konzervatora i konstruktora. Konzervator je sklon ovaj zahtjev tumačiti kao nužnost uporabe samo tradicionalnih tehnika gradnje i tradicionalnih gradiva. U takvom se razmišljanju na cement kao sastojak produžnoga morta za zidanje gleda kao na neprijatelja, a upotreba betona i armiranoga betona je gotovo svetogrđe. Ipak: dopušten je nehrđajući čelik! Razvijaju se tzv. teorije o "nekompatibilnosti" tradicionalnih i novih gradiva iako za njih nema dokaza. Sumnja se u kemijsku agresivnost novih gradiva. Zaboravlja se da su tijekom stoljeća generacije graditelja ugrađivale u zgrade njima raspoložive materijale, a graditelji "ugrađivali" znanja koja su bila raspoloživa tijekom njihova života. Zašto se onda danas suprotstavljati namjeri da se pri obnovi konstrukcije kulturnog dobra u njega ugrade danas raspoloživa gradiva i znanje ?

Zašto promatrati samo "skladnost" zahvata na razini nosive konstrukcije što je često promatraču nevidljivo? Zašto onda ne zahtijevati "sklad s izvornom građevinom" sprječavanjem uvođenja drugih suvremenih dostignuća dvadesetog stoljeća: električne struje, telefona, centralnog grijanja, klimatizacije, vodovoda, kanalizacije, izolirajućih stakala, plastične i metalne stolarije, lakiranih podova, sanitarija i keramike, hidranata, javljača požara, televizijskih i satelitskih antena, kontrolnih kamera ... ?

Zahtjev za reverzibilnošću (mogućnošću zamjene) novougrađenih elemenata jedan je od redovitih i velikih "kamenja spoticanja" u raspravama između (konzervativnih) konzervatora i konstruktora. Konzervatori ga tumače kao obvezu da se svaki dodani konstrukcijski element može u budućnosti razgraditi (ukloniti) kako bi se ugradili neki novi ili kako bi se omogućili istražni konzervatorski radovi u budućnosti. Strogo poštivanje ovog zahtjeva katkad se tumači tako rigorozno da konstruktoru preostaje ugrađivati samo čelične elemente spojene vijcima! Nešto manje kruto tumačenje ovog zahtjeva svodi se na to da je dopušteno ugrađivati suvremene mate-

rijale, ali da mora biti moguće zamijeniti ih ako oni u budućem potresu budu oštećeni ili uništeni.

5 Zaključak

Nepokretna kulturna dobra ogledalo su civilizacije naroda. Njihovu očuvanju društvo mora posvećivati dužnu pozornost. Sadašnje stanje kulturnih dobara ne zadovoljava zbog niza čimilaca naslijeđenih iz prošlosti. Kako se gotovo cijela Hrvatska nalazi u potresnim područjima u kojima se mogu javiti potresi velike razorne moći, protupotresnoj sigurnosti kulturnih dobara, uz zaštitu svih njihovih drugih svojstava treba prići na znanstvenoj osnovi te primjenom tehnika i znanja kojima vladaju hrvatski stručnjaci.

Nova europska stajališta o načinu protupotresne zaštite nepokretnih kulturnih dobara u cijelosti su sukladna s već primijenjenim načelima u Hrvatskoj. Stoga će njihovo prihvaćanje, pošto se u nas donesu nove norme za proračun konstrukcija, proteći bez teškoća. Time se ostvaruje i strateški cilj hrvatske politike - ostvarivanje punopravnog članstva u Europskoj uniji [10].

LITERATURA

- [1] Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, "Narodne novine" 69/99
- [2] Zakon o gradnji, "Narodne novine" 52/99
- [3] Directive 89/106/EEC, Council Directive od 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member State relating to construction products, Official Journal No L 40/12, 11.2.89, EC
- [4] Pravilnik o uvjetima za fizičke i pravne osobe radi dobivanja dopuštenja za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, "Narodne novine" 129/99
- [5] Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o obnovi ugrožene spomeničke cjeline Dubrovnika ("Narodne novine" 128/99)
- [6] ENV 1998-1-4:1996, Proračun konstrukcija otpornih na potres. Dio 1-4: Opća pravila. Pojačanje i popravak zgrada
- [7] Despot Z., Lazarević D., Projekt obnove palače Đorđić, Građevinar 50(1998),12, 709-717
- [8] Knežević Snješka, ur., Obnova Dubrovnika 1979-1989, Zavod za obnovu Dubrovnika, Dubrovnik, 1989
- [9] Anicic D., Repair and Retrofit of Building Structures, State-of-the-art report, Proceedings, 10th European Conference on Earthquake Engineering, Aug.28-Sep.2,1994, Vienna, Duma (ed.), Balkema, Rotterdam, 1995, Vol. 3, pp 2199-2208
- [10] Plan integracijskih aktivnosti Republike Hrvatske, Vlada RH, Ured za europske integracije, Zagreb, 1999.