

DRAŽEN ANIČIĆ* i VIKTOR STEINMAN**

SEIZMIČKO OJAČANJE KNEŽEVA DVORA U DUBROVNIKU

KRATAK SADRŽAJ

Prikazuju se konstrukterske mjere u sklopu obnove i ojačanja Kneževa dvora u Dubrovniku provedene s ciljem da se zgrada učini otpornom na djelovanje seizmičkih sila visokog intenziteta. Opisani su istražni radovi provedeni da se utvrdi raspored nosivih elemenata, kvaliteta materijala i način temeljenja. Dani su principi kao i detalji konstruiranja novih nosivih konstrukcija i prikazan način proračuna.

1. UVOD

Knežev dvor u Dubrovniku jedan je od kapitalnih spomenika kulture u Jugoslaviji. Prva zgrada Dvora građena je na današnjem mjestu od 1387—1420. Zbog eksplozija baruta i požara dio zgrade bio je 1435. uništen, pa se pristupilo gradnji za koju postoje podaci da je imala četiri krila sa kulama na uglovima i dvorištem (atrijem). Na jugoistočnoj kuli bio je zvonik sa satom, zgrada je imala prizemlje, djelomice polukat i dva kata. Na zapadnom pročelju između kula bio je trijem na stupovima sa gotičkim lukovima. Ova, tzv. Onofrijeva gradnja (prema graditelju Onofriu della Cavi) dovršena je 1443. Godine 1463. dolazi do eksplozije u oružani koja ruši dio glavnog pročelja, a drugi kat je izgorio. Novi graditelj Salvi di Michiele iz Firence obnavlja zgradu u da,

* Izvanredni profesor.

** Stručni savjetnik, Građevinski institut, Fakultet građevinskih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.

našnjem obliku. Lukovi ulaznog trijema su sada polukružni, drugi kat se više ne gradi, nema zvonička, a ugaone kule su niže. Potresi 1520 i 1639. djelimično su oštetili zgradu. U katastrofalnom potresu 1667, koji je ocijenjen intenzitetom X° MCS i spada, uz potrese u Lisabonu 1755 i Mesini 1908. u najsnažnije evropske potrese. Knežev dvor nije srušen, ali je teško oštećen. Glavni zidovi su se nagnuli iz vlastite ravnine, a dio atrija bio je srušen. U toku popravaka ugrađen je niz čeličnih spona, ponovo izgrađen atrij, a obnova je dovršena 1704. kada je izvedeno i reprezentativno barokno stubište u atriju. U toku austrijske vladavine u Dalmaciji (1814—1918) osim uvođenja novih čeličnih spona na zapadnom pročelju (1843) na Dvoru je izvršeno više grubih građevinskih zahvata koji su narušili konstruktivnu shemu zgrade. Godine 1952. pokušalo se popraviti stanje Dvora koji je bio zapušten. Rasterećena je i izolirana terasa oko atrija, obnovljena krovna konstrukcija, a nekim konstruktivnim mjerama nastojalo se ojačati konstrukciju. Kako su noviji potresi (1962. u Makarskom i 1968. u Crnogorskom primorju) ponovo upozorili da je sigurnost Kneževa dvora ugrožena, pristupilo se 1968. uz nastojanje Zavoda za zaštitu spomenika kulture u Dubrovniku istražnim radovima koji su završeni 1974. godine. Ovim radovima detaljno je utvrđeno stanje oštećenja, ispitana kvaliteta materijala, konstrukcija i temeljnog tla, provedena su mjerenja eventualnih pomaka na postojećim pukotinama, istraženi su uzroci oštećenja i dani načelni prijedlozi sanacije.

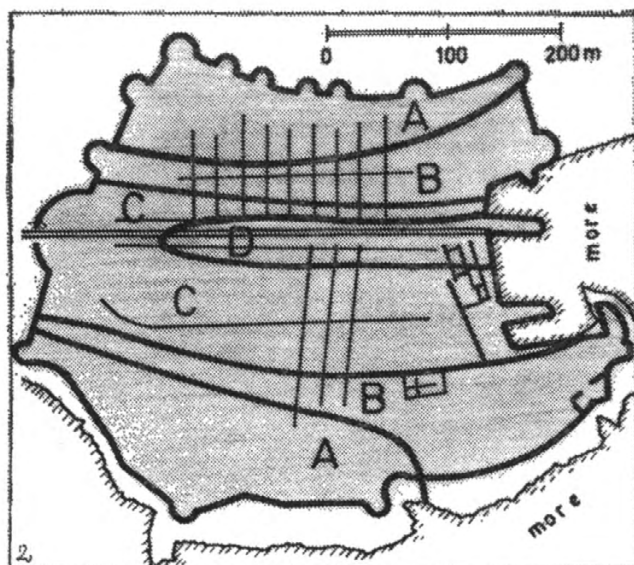
U potresu od 15. 4. 1979. u Crnogorskom primorju Knežev dvor je ponovno značajno oštećen. Došlo je do odvajanja nosivih zidova od stropnih konstrukcija i pregradnih zidova, javile su se nove pukotine u svodovima, a glavno pročelje nagnulo se za daljnjih nekoliko milimetara i sada je već na najistaknutijem mjestu nagnuto za 23 cm od vertikalne ravnine. U okviru planiranog seizmičkog ojačanja spomenika kulture u Dubrovniku, Kneževu je dvoru dan prioritet, pa je u 1981. načinjen glavni projekt sanacije, a radovi su započeli u proljeće 1982. godine.

2. NOSIVA KONSTRUKCIJA KNEŽEVA DVORA I NJENO NARUŠAVANJE

Konstruktivna shema zgrade, tj. raspored zidova i raspored i vrsta stropnih konstrukcija osnovni su činioci koji uz kvalitetu zidova odlučuju o globalnoj seizmičkoj otpornosti zgrade. Iz povijesnih podataka znamo da su se obje zapadne kule u više navrata dobro ponijele. Istočno krilo Dvora djelomično je organski spojeno sa jakim gradskim zidinama i nije u proteklom razdoblju doživljavalo velika oštećenja. Izrazito nepodesna bila je konstrukcija zapadnog pročelja između kula koje je od potresa 1667. nagnuto, kao i konstrukcija atrija (1520. oštećena, 1667. srušena).



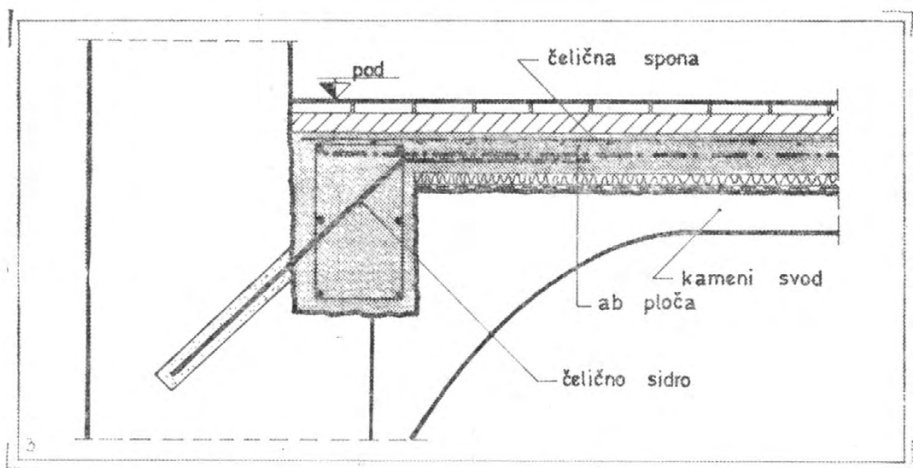
Skica 1. Knežev dvor u Dubrovniku



Skica 2. Seizmička mikrorejzonizacija Dubrovnika

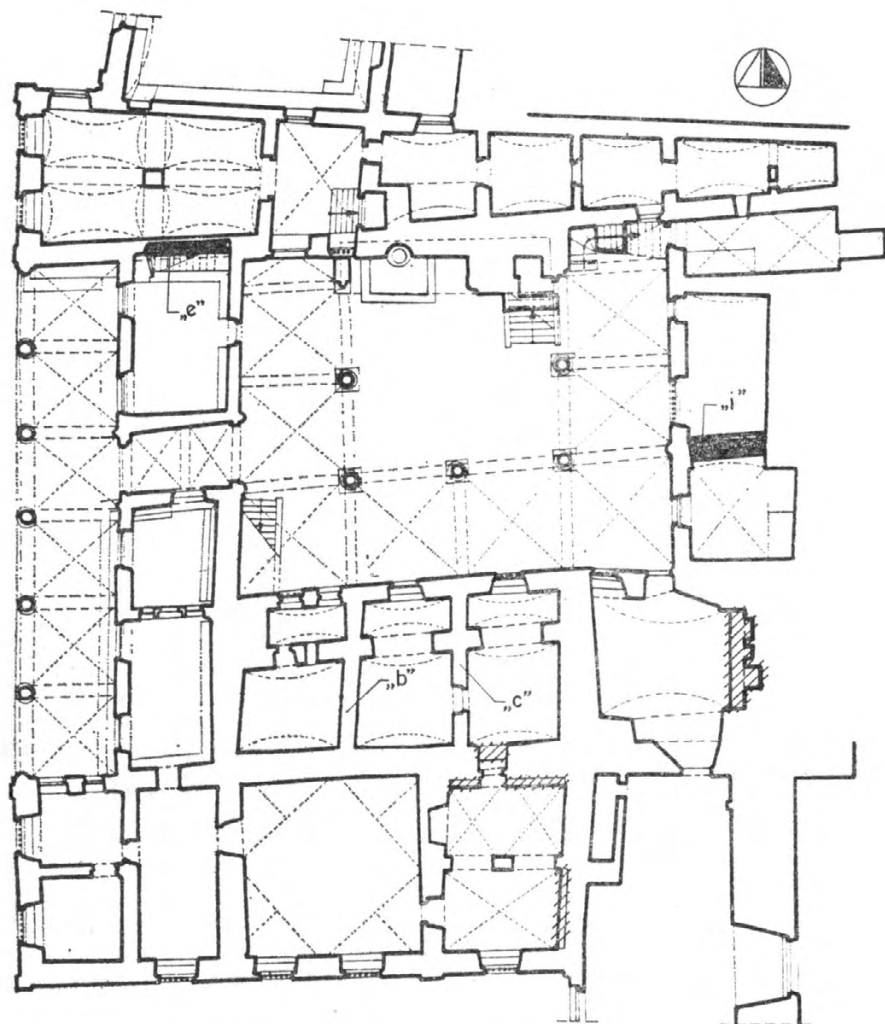
Južno krilo odupiralo se nepogodama do visine mezanina, a čini se da je nakon 1667. kat građen iznova.

Današnja konstruktivna shema Dvora znatno je nepovoljnija od ranije. Do toga je došlo zbog izbacivanja više konstruktivnih zidova i nelogičnih pregradnji. *Prizemlje* (sk. 4) ima relativno do-



Skica 3. Detalj veze novih serklaža i kamenih zidova

bru konstruktivnu shemu s jakim poprečnim i uzdužnim zidovima te pretežno masivnim stropovima. Slaba zona je stupored zapadnog pročelja. U mezaninu (sk. 5) nedostaju tri zida koji u južnom krilu čine okosnicu sistema. To je uzdužni unutarnji zid u produženju sjevernog zida južne kule (»a«) kao i oba poprečna zida prema atriju (sk. 4, »b« i »c«). Križni svodovi u južnom krilu prekidaju se s nejasnim razlozima, a jedan debeli zid (»d«) oslonjen je na svodu nad prizemljem. Stepenice za pristup u prostorije mezanina na glavnom, zapadnom, pročelju urezane su u južni zid sjeverne kule te ga znatno oslabljuju (»e«). U I katu (sk. 6) logične konstruktivne sheme više nema. Manjkaju zapadni zid jugoistočne kule (»f«) i sjeverni zid južne kule (»g«). Nedostaju unutarnji uzdužni zid južnog krila te dva poprečna zida prema atriju. Zapadno pročelje Dvora između kula leži na stupovima i lukovima. Jedina poprečna veza u nivou poda I kata na oko 30 m dugom potezu su željezne spone, a u nivou stropa nad I katom vezne grede krovnih nosača. Postojeći poprečni zidovi u I katu su pregrade građene od drvenih gredica s kamenom ispunom koje ne mogu ukrotiti zapadno pročelje (»h«). Spone u podu prvog kata su aktivirane, tj. zadržavaju nagnuto zapadno pročelje od daljnjih pomaka. Ovo stanje je nedopustivo. Lateralna krutost ovakvog prvog kata je neznatna i ovisna o normalnom prijanjanju morta i kamena, tj. o vlačnoj čvrstoći u sljubnici zida kao i o problematičnoj krutosti drvene stropne i krovne konstrukcije iznad prvog kata. S druge strane, upravo zapadno pročelje Dvora je njegov najvrijedniji element sa kulturno-povijesnog staništa.

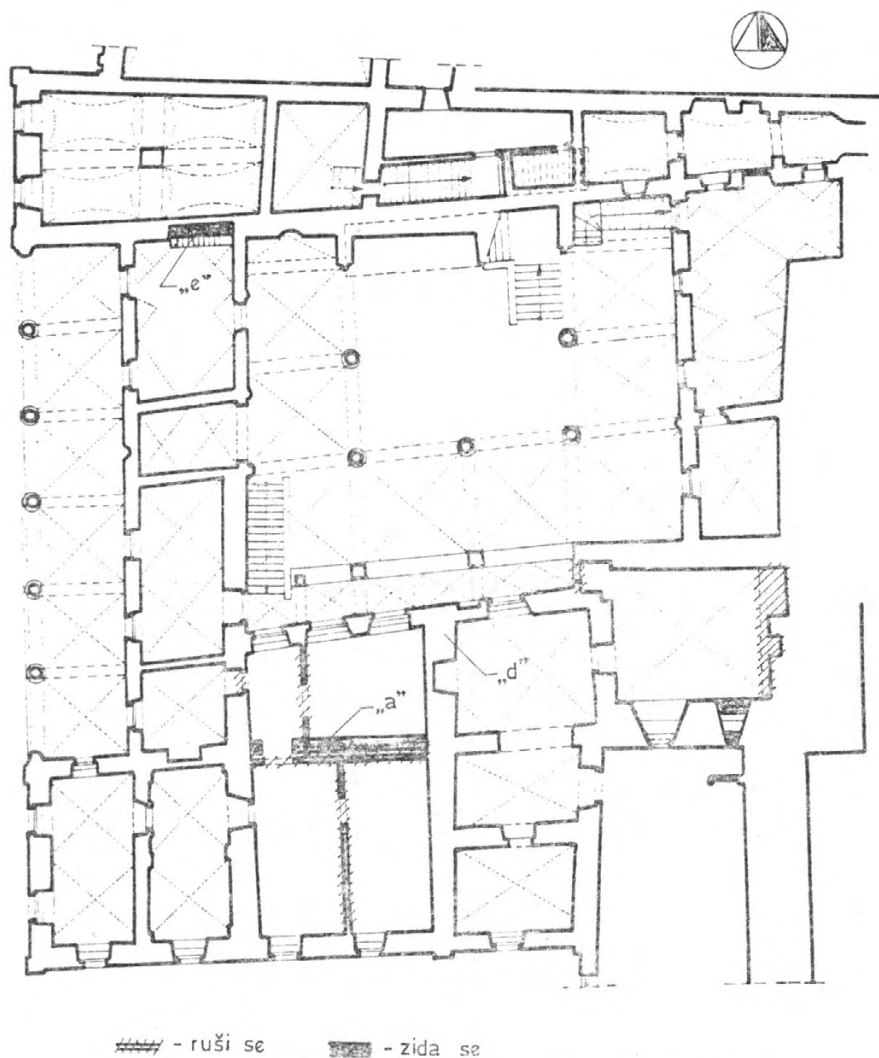


//// - ruši se ■ - zida se

Skica 4. Tlocrt prizemlja — zidanja i rušenja

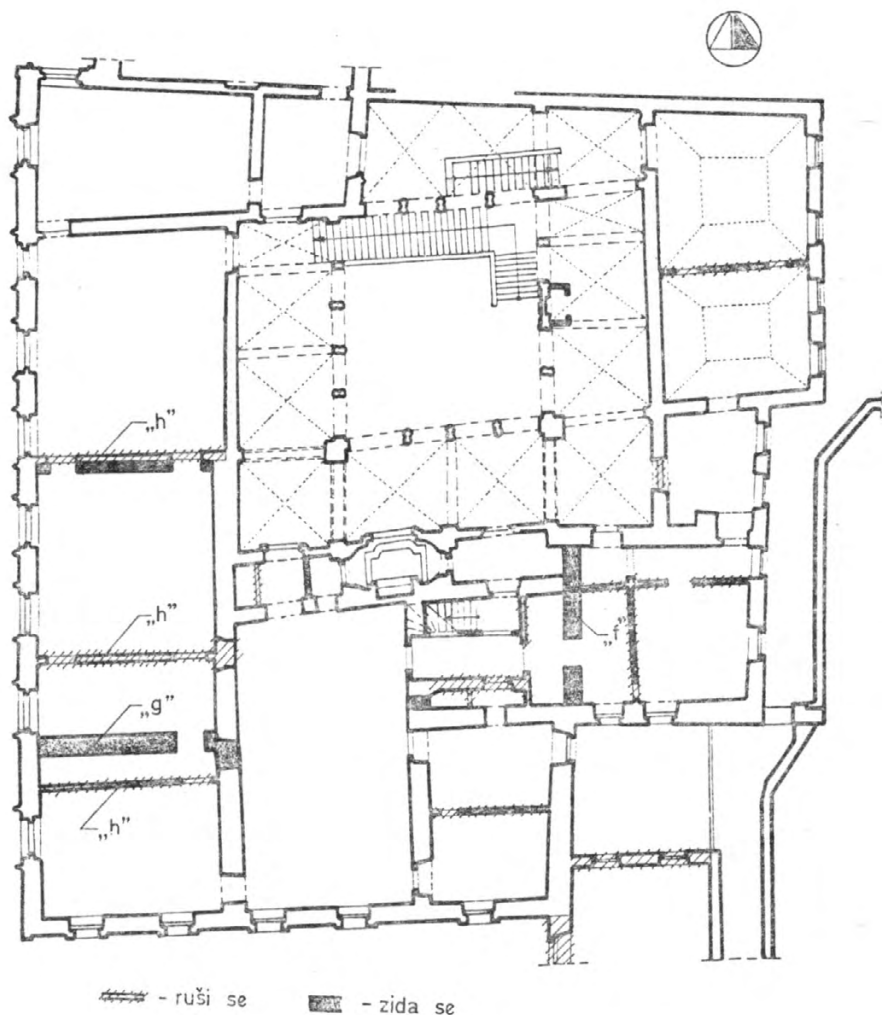
3. ISTRAŽNI RADOVI IZVEDENI U PERIODU 1968—74. i 1981.

Da bi se došlo do odgovora na pitanje koje mjere poduzeti da bi se Knežev dvor očuvao od daljnjeg propadanja i ojačao za djelovanje jakih potresa, poduzeti su u periodu 1968—74. istražni radovi. Voditelji ovih radova bili su od početka svjesni činjenice da će opseg istražnih radova biti ograničen financijskim



Skica 5. Tlocrt mezanina — zidanja i rušenja

sredstvima i tehničkim mogućnostima te da će i nakon završetka tih radova ostati dosta nepoznanica koje će se riješiti ili u toku izrade glavnog projekta ili u toku samog izvođenja radova na ojačanju Dvora. Slična situacija postojala je i kod sanacije drugih starih objekata, pa su s mogućnošću iznenađenja upoznati svi sudionici u radovima na Dvoru. Posebno ograničenje planiranim građevinskim zahvatima predstavlja potreba da se sa povijesno-



Skica 6. Tlocrt I kata — zidanja i rušenja

-umjetničkog stanovišta sagleda svaki novi nalaz do kojega se dođe u toku istražnih radova ili radova na ojačanju i da se takav nalaz obradi i donese odluka o njegovoj prezentaciji, uklanjanju, restauraciji i sl.

Istražnim radovima u Dvoru riješeno je pitanje sastava temeljnog tla pod zgradom, djelomično su istraženi oblik, dimenzije i dubina temeljenja; kroz višegodišnji period pratilo se širenje pukotina, a utvrđene su i neke karakteristike nosivih kon-

strukcija. Na osnovu tih podataka kao i proračuna izrađen je načelni prijedlog sanacije koji je i bio osnova za izradu glavnog projekta 1981. Temeljno tlo ispod Kneževa dvora istraženo je sondažnim bušenjem tla do osnovne stijene na 5 bušotina, a način temeljenja na deset sondažnih jama. Utvrđeno je da je dubina osnovne stijene od 13—27 m ispod nivoa pločnika, a da se tlo iznad stijene sastoji od slabo zbijenih pijeskova i glina srednje i visoke plastičnosti.

Nivo podzemne vode je oko 1,5 m ispod površine ulice, a radi se o slatkoj a ne morskoj vodi. Nivo podzemne vode je oko 0,75 m iznad morske razine.

Temelji ispod zidova i stupova su trakasti. Kvaliteta im znatno varira, pa su neki izvedeni od grubo klesanog kamena dobro povezanog očuvanim vapneno-glinenim mortom, dok su drugi od naslaganih nepravilnih komada kamena sa vezivom neznatne ili nikakve čvrstoće (ispod stupova atrija). Nije utvrđena neka zakonitost u oblicima temelja, pa će se stvarno stanje znati tek nakon potpunog otkopavanja, kad se započne s radovima na sanaciji.

Pukotine u Dvoru su mnogobrojne i raznovrsne. Ima ih u nosivim i pregradnim zidovima, u svodovima, od kojih su neki vrlo plitki i velikih raspona. Nekoliko stupova atrija i dva na glavnom pročelju imaju također pukotine. Preko više takvih pukotina u Dvoru postavljene su mesingane markice na kojima se kroz petogodišnji period pratilo eventualno širenje pukotina. Utvrđeno je da se pukotine ne šire, a da se manji pomaci unutar pojedinih perioda mjerenja mogu pripisati temperaturnim dilatacijama.

Fotogrametrijskom snimkom glavnog pročelja utvrđeno je da u nivou vijenca (pod I kata) postoji horizontalni otklon od vertikalne. Pročelje je nagnuto prema ulici za 22 cm na najistaknutijem mjestu. Ova deformacija posljedica je potresa iz 1667. g. Spone okomite na glavno pročelje pridržavaju ga od daljnjih pomaka i poda. Fotogrametrijsko snimanje ponovljeno je nakon potresa 15. IV 1979.

Vertikalne nosive konstrukcije Dvora su zidovi čija debljina varira od 45—100 cm. Zidovi su troslojni. Dva vanjska sloja su od klesanog kamena, a srednji od drobljenog kamena dobro ispunjenog vapnenim mortom. Istraživanje sastava i ocjena čvrstoće zidova provedeni su na ograničenom broju mjesta jer se Dvor u toku istražnih radova koristio. Položaj zidova u tlocrtima pojedinih katova pokazuje velike nepravilnosti i nelogična uklanjanja pojedinih zidova, pa će uspostavljanje logične nosive scheme biti prvenstveni zadatak konstruktera.

Da bi se utvrdila stvarna posmična otpornost jednog starog zida, dio zida je oslobođen na dvije vertikalne i na jednoj horizontalnoj plohi, a zatim je po drugoj (donjoj) horizontalnoj plohi

taj dio zida posmaknut pomoću hidrauličkih presa. Time se uz poznate geometrijske odnose i poznatu silu sloma moglo dobiti veličinu posmične čvrstoće zida, vrijednost neophodnu za provedbu statičkog proračuna.

Horizontalne nosive konstrukcije su drveni grednici i kameni svodovi. Zbog višekratnih pregradnji nad svodovima ima negdje i do 0,5 m nasipa, a pojedini lukovi i svodovi južnog dijela zgrade prekidaju se u nelogičnom slijedu. Svodovi su izvedeni od lakog i šupljikavog vapnenca (sedre) čija je debljina u tjemenu svega 25—27 cm. Drveni grednici su u dobrom stanju. Iznad prostorija velikih raspona izveden je roštiljni sistem glavnih i sekundarnih greda. Stanje krovišta ocijenjeno je kao zadovoljavajuće jer je ono rekonstruirano 1952.

Načelnim prijedlogom sanacije predviđeno je uspostavljanje kontinuiteta zidova po visini zgrade na mjestima gde je on prekinut ranijim pregradnjama. Kao najugroženiji dio zgrade ocijenjeno je zapadno krilo zbog nagruća glavnog pročelja i njegove vrlo slabe veze sa ostalim nosivim sistemom. Potez između sjeverne i južne kule dug je 22 m, i glavno, zapadno pročelje je na tom potezu potpuno slobodno pa se lako deformira u smjeru okomito na vlastitu ravninu. Zbog toga je predloženo da se u nivou stropova nad mezaninom i prvim katom izvede horizontalna rešetkasta konstrukcija koja će povezati pročelja sa kulama i zidovima u srednjem dijelu zgrade. Predloženo je da pojasi i vertikale ove »rešetke« budu armiranobetonski serklaži, a dijagonale od okruglog betonskog željeza, ukrštene, tako da silu uvijek preuzima samo vlačna dijagonala.

Kao ugrožena ocijenjena je i zona atrija, pa je predviđeno ukrućenje atrija u nivou podova sistemom armiranobetonskih serklaža postavljenih u udubine križnih kamenih svodova.

Ostali zidovi povezali bi se serklažima čija se krutost u ravnini stropne konstrukcije povećava čeličnim ukrštenim dijagonalama.

4. PROJEKT OJAČANJA KONSTRUKCIJE KNEŽEVA DVORA

Projektanti ojačanja konstrukcije Dvora od početka su smatrali primarnim da se nosiva konstrukcija Dvora dovede u takvo stanje koje prema današnjim saznanjima osigurava povoljnije ponašanje zgrade u potresu nego li je to bilo dosada. Apsolutna zaštita zgrade od oštećenja u najjačim potresima nije tehnički izvediva uz razumne troškove. Seizmički proračun treba biti samo orijentacija o redu veličine sila koje se javljaju i koje treba preuzeti novim i postojećim nosivim elementima. U nastavku prikazat će se koji su konstruktivni zahvati poduzeti da bi se postigla zadovoljavajuća seizmička otpornost i kako je proveden seizmički proračun.

4.1. Konstruktivni zahvati

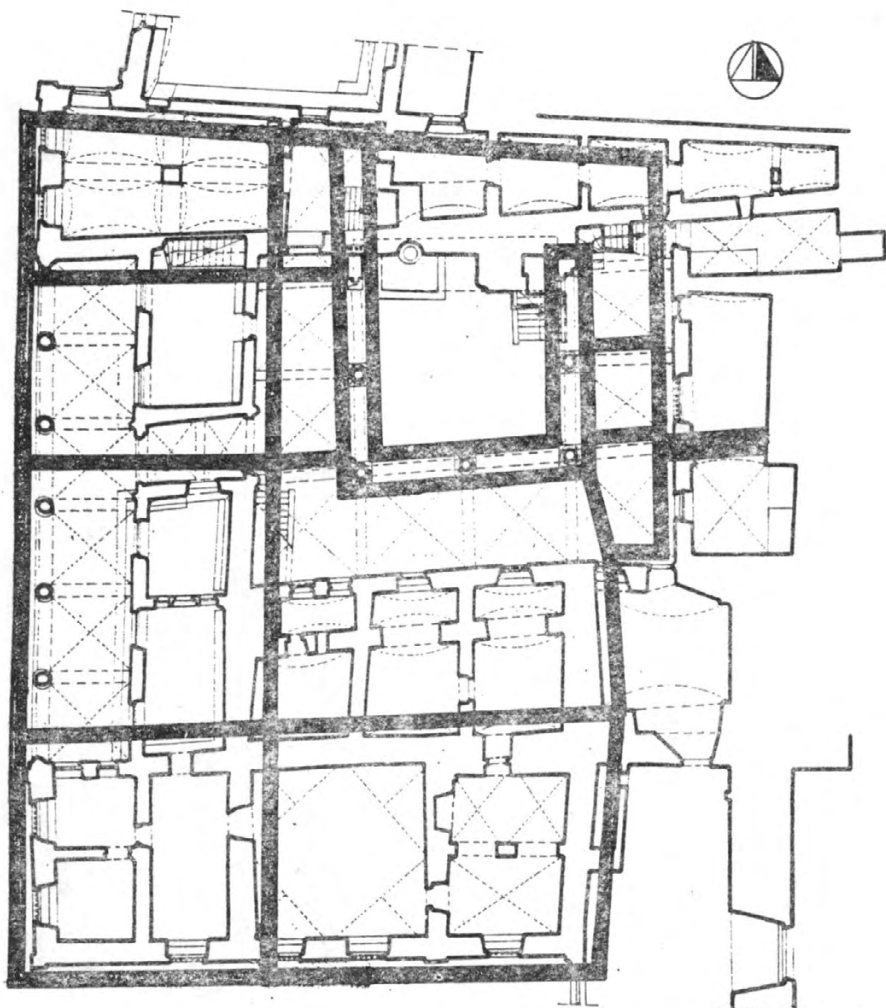
Izvedba novih zidova od kamena predviđena je na mjestima gdje su ih ranije graditelji uklonili. U nivou prizemlja to je zid »i« (skica 4) koji postoji u višim katovima i zid »e« unutar kojeg su danas postavljene stepenice za lokalnu vezu sa prostorijama u mezaninu. U mezaninu (sk. 5) produžuje se iz prizemlja zid (»a«) koji povezuje logično obje južne kule. U prvom katu zida su nedostajući zid jugozapadne kule (»g«) i zid (»f«) u jugoistočnoj kuli. Povezanost novih i starih zidova postiže se čeličnim sidrima koja mogu preuzeti posmične sile na spoju dvaju zidova.

U okviru konstruktivnih zahvata u zidovima predviđena su i neka rušenja, prvenstveno pregradnih i obložnih zidova. U toku istražnih radova utvrđeno je da su neki kameni zidovi radi smanjenja vlage u prostorijama obloženi zidovima — maskama, od opeke, koje se sada uklanjaju. Također se uklanjaju pregradni zidovi u I katu okomiti na glavno (zapadno) pročelje (sk. 6 »h«) zbog njihove potpune neadekvatnosti za slučaj potresa (okviri od drvenih gredica sa ispunom od kamena).

Povezanost zidova u horizontalnom smislu postiže se horizontalnim dijafragmama i sistemom roštiljno ukrštenih greda u 3 nivoa: u nivou temelja (sk. 7) te u nivoima stropova nad mezaninom i prvim katom (sk. 9 i 10). *Temelji* se povezuju armiranobetonskim gredama postavljenim neposredno ispod pločnika uz postojeće kamene temelje (sk. 7). Ove grede dimenzije 30/80 cm povezane su s kamenim temeljima sidrima. Sidra, 1Ø20 mm na svaki dužni metar temelja postavljaju se u prethodno izbušene rupe u temelju i zalijevaju epoksidnom smolom. Na dijelu gdje su temelji najslabiji, ispod stupova atrija, nove se armiranobetonske grede izvode obostrano. Grede raznih smjerova na mjestima križanja dobro su međusobno povezane armaturom.

U nivou stropa nad mezaninom izvodi se prva horizontalna dijafragma (sk. 9). U zapadnom krilu zgrade tlocrtne dimenzije 7,7 x 22 m to je sistem serklaža i ukrštenih dijagonala položenih iznad križnih kamenih svodova. Reaktivne sile se iz ove horizontalne »rešetke« predaju u sjeverozapadnu i jugozapadnu kulu u kojima se izvode armiranobetonske ploče. Atrij se u ovom nivou učvršćuje sistemom međusobno okomito postavljenih čeličnih spona. Sve nove konstrukcije ostaju posjetiocu Dvora nevidljive jer se nalaze unutar debljine postojećih stropova. Veza novih i kamenih dijelova postiže se kao i kod temelja sidrenjem pomoću sidara zalivenih epoksidnom smolom.

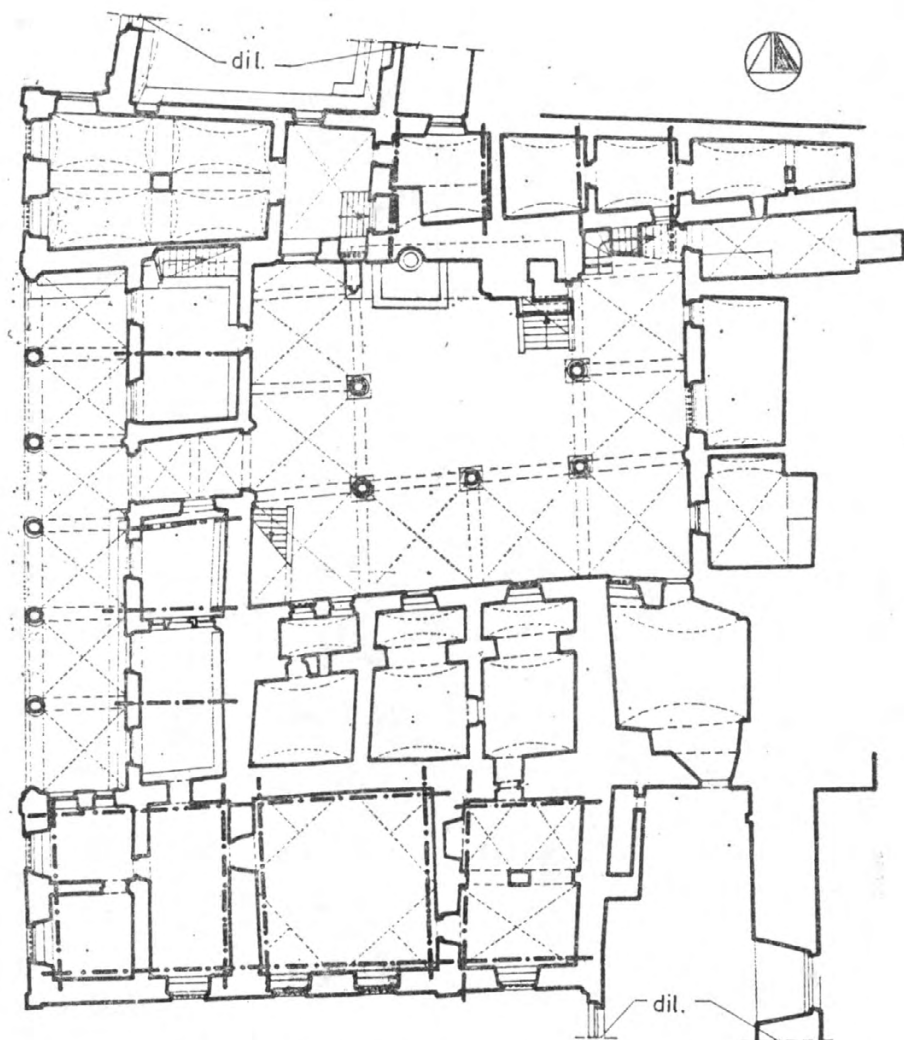
U nivou stropa nad I katom (sk. 10) izvodi se druga horizontalna dijafragma. Kako se između zapadnih kula nalazi jedinstveni prostor I kata bez nosivih (poveznih) zidova okomito na zapadno pročelje, radi pridržavanja tog pročelja od naginjanja



Skica 7. Plan oplate u nivou temelja

prema ulici projektirana je vrlo kruta dijafragma. Jedan od uvjeta kod određivanja dimenzija te dijafragme bili su pomaci. Sistemom sidara ova dijafragma prenosi reaktivne sile u armiranobetonske ploče nad kulama. U nivou stropa nad I katom ostvaren je zatvoreni prsten armiranobetonskih serklaža kojim su međusobno potpuno povezana sva četiri krila zgrade i atrij.

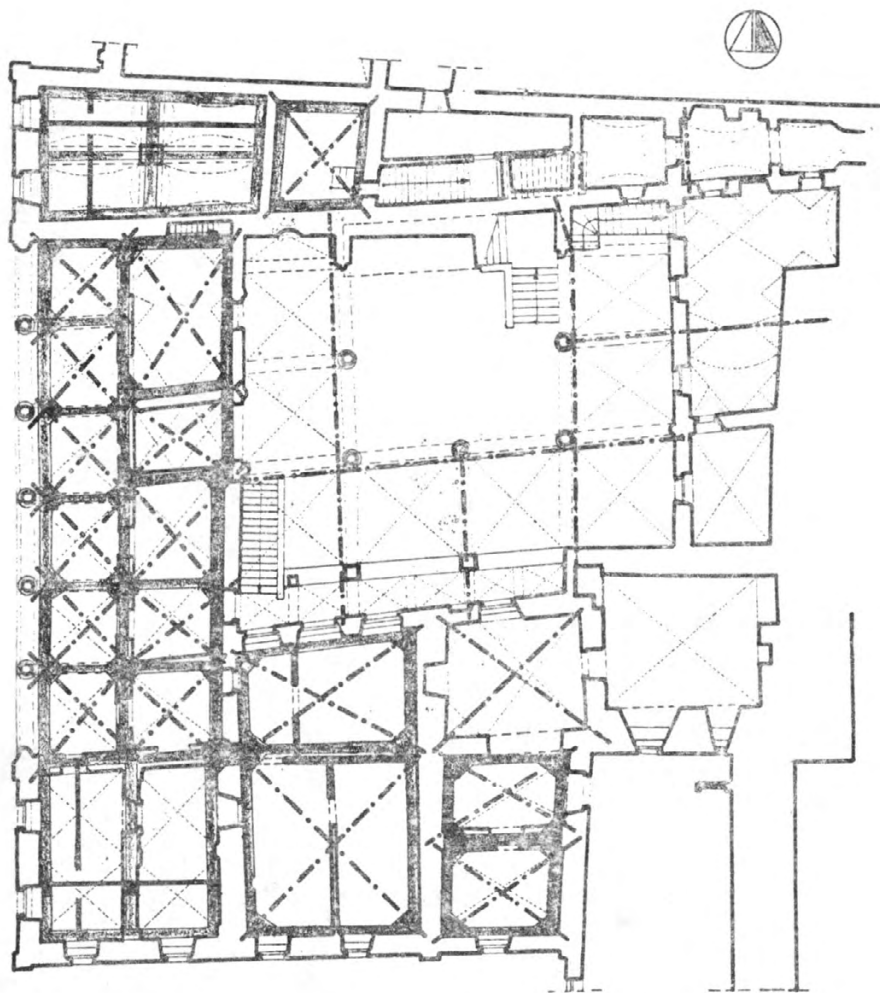
Međuprozorski stupci glavnog (zapadnog) pročelja u I katu pojačavaju se na strani prostorije 5 cm debelim slojem torkreta u obliku vertikalnih korita koja povezuju obje horizontalne di-



Skica 8. Spone u nivou stropa nad prizemljem

jafragme. Time je postignuta dodatna zaštita ovog najvrijednijeg dijela zgrade.

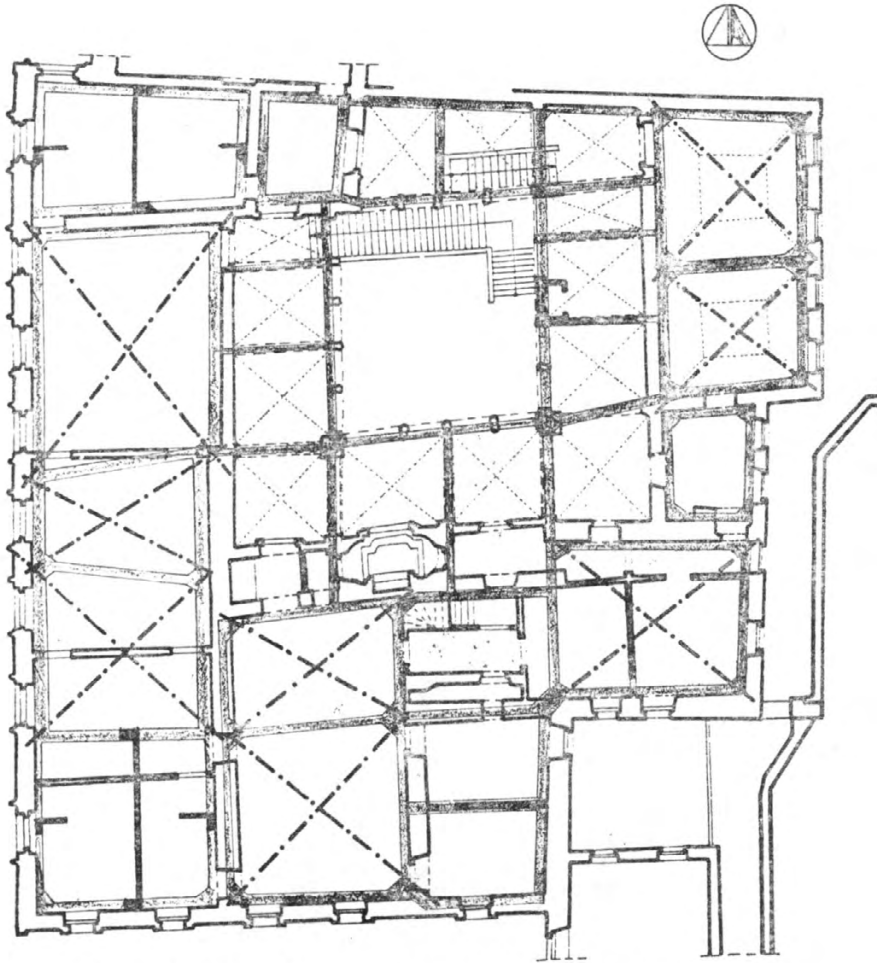
Seizmičke dilatacije izvode se na dva mjesta: na spoju Dvora sa zgradom općine i na spoju Dvora sa novijom prigradenom zgradom na jugu, iznad vrata »od porta« (sk. 8). Neizvedivo je bilo seizmičko dilatiranje sjevernog zida Dvora od kazališta, jer se radi o jednom jedinstvenom zidu za obje zgrade, kao i dilatiranje Dvora od dijela zidina, na kojima Dvor u svom istočnom krilu »sjedi«.



Skica 9. Plan oplate i spone u nivou stropa nad mezaninom

4.2. Seizmički proračun

Nakon što je zgrada konstruktivnim zahvatima povezana u cjelinu te osiguran prijenos inercionih sila u zidove koji ih preuzimaju u vlastitoj ravnini (a ne okomito na nju), seizmičkim je proračunom trebalo pokazati koja je granična otpornost zgrade. Zaključeno je da bi »točan« proračun predstavljao samo nepotrebno gomilanje brojaka »proizvedenih« na netočnim postavkama. Od ulaznih podataka moglo se maksimalnu vrijednost akceleracije ocijeniti na $a = 0,45$ g, no za određivanje vremena tra-



Skica 10. Plan oplate i spona u nivou stropa nad I katom

janja potresa i spektralni sastav bile su moguće samo bolje ili lošije »spekulacije«. Ova vrijednost je ujedno u dobrom skladu sa ukupnim seizmičkim koeficijentom $K = 0,30$, koji se prema novim seizmičkim propisima (1981) dobiva za spomenike kulture od kamena u IX zoni intenziteta MCS skale, kada se seizmički proračun provodi metodom ekvivalentnog statičkog opterećenja. Odnos $a/K = 1,5$ odgovara duktilitetu koji se može očekivati kod krutih kamenih konstrukcija.

Granična nosivost zida opterećenog horizontalnom silom u vlastitoj ravnini ovisna je o kvaliteti zida i vertikalnom opterećenju zida. Kvaliteta zida utvrđena je posebnim ispitivanjem u

okviru istražnih radova te ocjenom čvrstoće morta. Tako je utvrđeno da se može računati s graničnom vrijednošću kosog glavnog vlačnog napona $\sigma_n = 18 \text{ N/cm}^2$. Vertikalno opterećenje utvrđeno je računom te je u nivou prizemlja na nekoliko različitih mjesta iznosio $\sigma_0 = 30\text{--}40 \text{ N/cm}^2$. Granična nosivost dobiva se po izrazu

$$H_{n,\max} = \tau_0 \cdot F = F \cdot \frac{\sigma_n}{1,5} \sqrt{1 + \sigma_0/\sigma_n}, \text{ gđe je}$$

F — površina zida.

Kako je površina zidova za oba smjera (N—S, E—W) gotovo jednaka, dobivena je ukupna granična nosivost zidova Dvora za svaki smjer $H_{\max} = 26 \text{ MN}$. Ukupna masa zgrade iznosi G — 7770 tona (77,7 MN), pa ukupni seizmički koeficijent pri dostizanju čvrstoće zidova iznosi $K = H_{\max}/G = 26/77,7 = 0,335$. Globalni koeficijent sigurnosti za djelovanje normativnih seizmičkih sila iznosi $K_{gl} = 0,335/0,30 = 1,12$.

Iz navedenih numeričkih odnosa zaključeno je da Knežev dvor nema zadovoljavajuću sigurnost za preuzimanje normativnih seizmičkih sila za IX seizmičku zonu čak i uz pretpostavku krutih stropnih dijafragmi, ali se za djelovanja takvih sila neće značajnije oštetiti. Potres koji odgovara intenzitetu VIII^o, zgrada bi nakon ojačanja morala izdržati bez oštećenja jer je globalni koeficijent sigurnosti dovoljno velik ($K_{gl} = 0,335/0,15 = 2,23$).

Da su gore navedena razmatranja ipak samo orijentaciona, govori i podatak da je zgrada Dvora u toku svoga vijeka preživjela (nakon 1667) dva potresa intenziteta IX^o, osam potresa intenziteta VIII^o i veliki broj umjerenih potresa. Pri tome se nije srušila, a oštećenja su bila umjerena. Projektirana ojačanja pridonijet će bitno povoljnijem ponašanju zgrade jer će se postići dobra međusobna povezanost zidova.

5. ZAKLJUČAK

Zaštita spomenika kulture je stalan i dugoročan zadatak svakog društva. Seizmičkim ojačanjem dovedena je nosiva kamena konstrukcija Kneževa dvora u Dubrovniku u stanje da se može suprostaviti djelovanju jakih potresa. Rekonstrukcijom ostalih funkcija u sklopu arhitektonskog projekta, zgrada će se dovesti u najbolje moguće stanje, kako bi u narednim godinama u potpunosti udovoljila predviđenim potrebama.

6. ZAHVALA

Mnogobrojne institucije i pojedinci angažirali su se da otpočne spašavanje i seizmičko ojačanje spomenika kulture u Du-

brovniku. Naročito veliku pomoć pružili su S. Manestar, S. Šuvar, B. Letunić i J. Jelovac. U istražnim radovima na Kneževom dvoru nesebično su se angažirali D. Beritić, V. Kovačević, V. Macan i E. Portolan. Arhitektonski projekt izradio je APZ »Plan«, Zagreb (P. Kušan), a konstruktorski projekt Građevinski institut, (autori ovog članka). Dio istražnih radova sufinancirali su Građevinski institut, Zagreb, Zavod za zaštitu spomenika kulture i prirode, Dubrovnik, SIZ-III za znanstveni rad SRH i Jugoslavensko-američki odbor za naučnu i tehnološku suradnju, Beograd.

BIBLIOGRAFIJA

1. Steinman, V., Drnjević, B., Istražni radovi na Kneževom dvoru u Dubrovniku s načelnim prijedlozima sanacije, knjiga I/II, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 1974., 01-3552/74.
2. Petrovski, J., Jurukovski, D., Bojadžiev, M., Definisanje osnovnih frekvencija na objektu Knežev dvor u Dubrovniku merenjem ambijent-vibracija, IZIIS, Skopje, 1981, 81—34, Feb. 1981.
3. Aničić, D., Steinman, V., Knežev dvor Dubrovnik, Glavni projekt sanacije, konstruktorski projekt, Građevinski institut, Zagreb, 1981., 21-641/81.
4. Aničić, D., Seizmička ojačanja spomenika kulture u Dubrovniku, Simpozij »Kulturna baština Balkana i seizmički problemi«, Crnogorska akademija nauka i umjetnosti, Budva, 15—16. 4. 1982.

Dražen ANIČIĆ
Viktor STEINMAN

EARTHQUAKE STRENGTHENING OF HISTORICAL MONUMENTS IN DUBROVNIK

Summary

Structural design of the earthquake strengthening of the Prince's Palace in Dubrovnik is presented. Research work done to find out the layout of the bearing structure the quality of materials and type of foundations are described. Principles as well as structural details of new bearing structures and seismic calculation are given. The Prince's Palace is a historical stone-built building from the 15th century.