



**DIAGNOSIS OF FIRE DAMAGED REINFORCED CONCRETE
CONSTRUCTION OF THE CROATIAN HOUSE
«HERZEG STJEPAN KOSACA» IN MOSTAR**

**DIJAGNOZA POŽAROM OŠTEAENE AB KONSTRUKCIJE
HRVATSKOG DOMA «HERCEG STJEPAN KOSAÇA» U MOSTARU**

Dario Almesberger,
Drago Krsnik

SER. CO. TEC. S.r.l.,
Piazza S. Giovanni 2, Trieste, Italia

Krešimir Šaravanja

IGH-MOSTAR d.o.o., Dubrovačka bb, Mostar, BiH

Key words: *Non-Destructive Testing, Fire, Reinforced Concrete Construction, SONREB-Method, Acoustics Tomography*

Abstract: *In July of 1996 a fire which lasted several hours destroyed wooden roof construction and badly damaged reinforced concrete construction of theatre hall of the Croatian House «Herzeg Stjepan Kosaca» in Mostar. After visual inspection of building and description of appeared damages with photo-documentation, numerous testing of reinforced concrete construction, consisted of framed reinforced concrete beams which bearing roof construction and concrete columns, have been carried out. Testing results of damaged construction elements have been compared with measured values on undamaged elements, which were far away from fire (zero zone). Finally, an economical justification of rehabilitation have been analysed and a proposal of rehabilitation technology have been given.*

Ključne riječi: Kontrola bez razaranja (KBR-metode), požar, AB konstrukcija, SONREB-metoda, zvučna tomografija

Sažetak: U srpnju 1996. godine požar koji je trajao više sati potpuno je uništio drvenu krovnu konstrukciju i znatno oštetio AB konstrukciju kazališne dvorane Hrvatskog doma «Herceg Stjepan Kosača» u Mostaru. Nakon vizuelnog pregleda objekta i opisa nastalih oštećenja s foto-dokumentacijom, izvršena su brojna ispitivanja AB konstrukcije, sastavljene od okvirnih AB nosača koji nose krovnu konstrukciju i betonskih stupova. Dobiveni rezultati ispitivanja oštećenih konstrukcijskih elemenata upoređeni su sa izmjerenim vrijednostima na neoštećenim elementima smještenim daleko od djelovanja vatre (nulta zona). Na koncu, analizirana je ekonomska opravdanost obnove i dat je prijedlog tehnologije sanacije.

1 UVOD

Objekt multimedijalnog karaktera izgraðen je 1951. godine i od tada je kao Radnièki dom, Dom kulture, Dom mladih i Hrvatski dom «Herceg Stjepan Kosaèa» dao neizbiv tragièki trag duhovnog razvoja grada Mostara i šire regije. Tijekom rata objekt je devastiran i ošteæen, uz skromne sanacije ratne štete i adaptacije prostora, uglavnom neodgovarajuæih rješenja i privremenog karaktera. U srpnju 1996. godine uslijed preoptereæenosti elektroinstalacija izgorjela je velika dvorana sa scenom, te kompletnom opremom i inventarom. Za potrebe privremene sanacije napravljen je drveni krov s limenim pokrovom.



Slika 1. Zgrada Hrvatskog doma «Herceg Stjepan Kosaèa» u Mostaru

U lipnju 1999. godine prije poætka sanacije objekta, Institutu graðevinarstva Hrvatske IGH-MOSTAR d.o.o. Mostar povjeren je zadatak izrade elaborata o stanju konstrukcije i ðavanje prijedloga sanacije, za koje potrebe je na temelju ugovora o dugoroènoj poslovno-tehnièkoj suradnji angažirana specijalistièka tvrtka SER.CO.TEC. iz Trsta, Italija.

Istražni radovi su izvedeni kontrolama bez razaranja (KBR metode) u karakteristiènim zonama gdje je konstrukcija jaèe ošteæena prema slijedeæem programu ispitivanja:

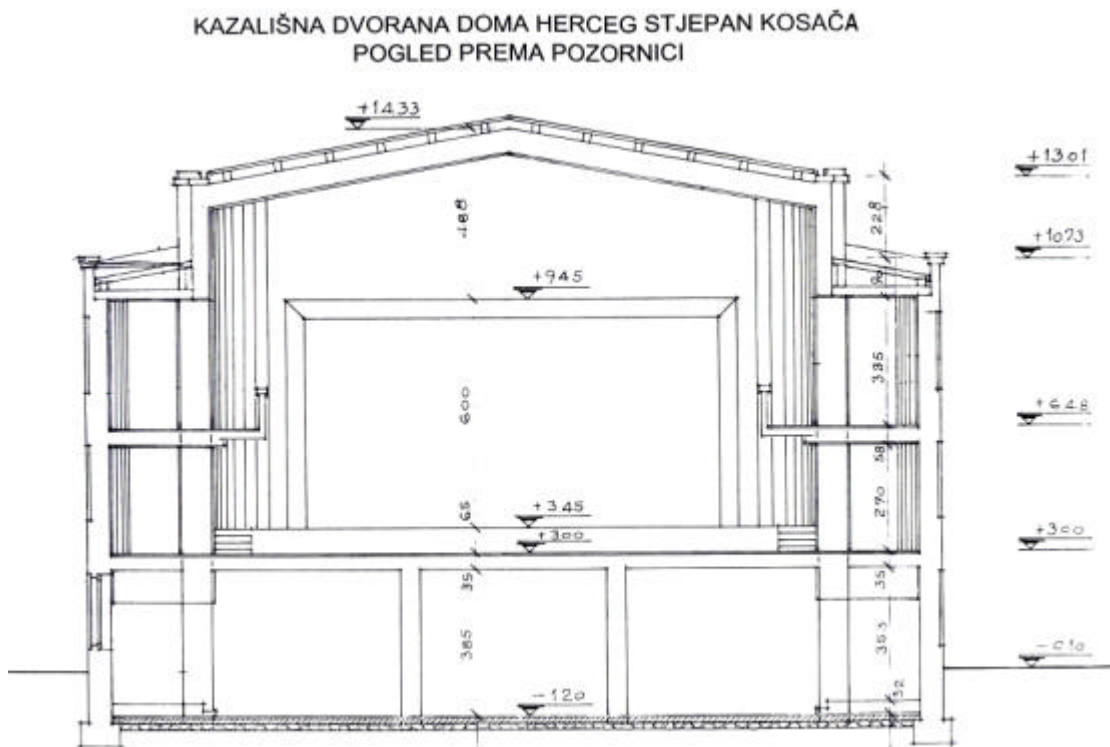
- vizuelni pregled objekta sa opisom nastalih ošteæenja i foto-dokumentacijom;
- analiza kvalitete betona primjenom kombinirane metode SONREB (ultrazvuk + sklerometar, prema normativima ASTM C 597 i ASTM C 805) sa primjenom osciloskopa i printera radi registracije i tiskanja ultrazvuènog vala;
- analiza pukotina-dubina i pukotinskih sustava primjenom ultrazvuka (ASTM C 805);
- analiza stanja korozije armature mjerenjem elektriènog potencijala (ASTM C 876);
- vanjske valjkastih uzoraka betona Ø 50 mm (UNI 8520) radi kemijske i mehanièke analize;
- mjerenje èvrstoæe betona pomoæu PULL-OUT metode (ASTM C 90);
- odreðivanje kolièine iona klora u uzorku betona u kemijskom laboratoriju Sveuèilišta

u Trstu (ENV 196 i ENV 197);

- određivanje tlačne čvrstoće valjkastih uzoraka betona Ø 50 mm u laboratoriju IGH - MOSTAR;
- izvođenje zvučne probe na okvirnom nosaču br. 2;
- analiza progiba okvirnih nosača.

Dobiveni rezultati ispitivanja oštećenih konstrukcijskih elemenata upoređeni su sa izmjerenim vrijednostima na neoštećenim elementima smještenim daleko od djelovanja vatre (nulta zona).

Provjera statičke stabilnosti, provjera seizmičke sigurnosti, kao i strukturalna analiza vršena je s dobivenim rezultatima mjerenja na gradilištu KBR metodama.



Slika 2. Poprečni presjek zgrade

2 DIJAGNOZA POŽAROM OŠTEĆENE AB KONSTRUKCIJE

2.1 Karakteristike djelovanja vatre na AB konstrukcije

U požaru se razvija temperatura od oko 1.000 °C na kojoj malo koji materijal zadržava svoje mehaničke karakteristike. Što se tiče armiranog betona treba posebno analizirati djelovanje vatre na beton i na čelik. Unutar samog betona u požaru nastaju naponi koji imaju tendenciju odvajanja cementne matrice od agregata. Zbog tih unutarnjih naprezanja nastaju pukotine koje omogućuju ne samo izravan kontakt plinova s armaturom, već i njihov prodor prema središtu betonskog presjeka. Zbog ovog efekta se beton ljušti. Treba napomenuti da agregat od vapnenca ima bolju otpornost prema vatri od silicijskih agregata.

Do temperature od 75 °C modul elastičnosti betona se bitno ne mijenja, a nakon toga znatno opada po linearnoj zakonitosti.

Armatura u betonu znatno gubi svoje mehaničke karakteristike kod temperature preko 550 °C, pri čemu se znatno povećava koeficijent dilatacije čelika u odnosu na koeficijent dilatacije betona, pa dolazi do savijanja armature i odbacivanja zaštitnog sloja betona, nakon

èega vatra izravno djeluje na armaturu, èime poèinje njeno rapidno deformiranje. Za koje æ vrijeme plinovi temperature od 550 °C doprijeti do armature ovisi od debljine zaštitnog sloja betona.

Osim opisanih fizièkih pojava, u betonu dolazi i do kemijske reakcije za vrijeme požara. Iako teorijski w/c faktor ima vrijednost od samo 0,33 («kemijska voda»), redovito se zbog lakše ugradljivosti betona primjenjuje veæi w/c, a višak vode se naziva «fizièka voda», koja se u požaru zajedno sa apsorbiranom vodom pretvara u paru, koja se oslobaða izazivajuæi «prasak», koji se u literaturi naziva «spalling» (the splitting away of concrete), kada dolazi do odvajanja i odbacivanja zaštitnog sloja betona od armature. Armatura izravno izložena vatri mijenja svoju kemijsku strukturu, što dovodi do smanjenja njezine èvrstoæe pa je potrebno iz tih zona uzeti uzorke èelika i podvrgnuti ih ispitivanju u laboratoriju.

2.2 Vizuelni pregled objekta

AB konstrukciju kazališne dvorane Hrvatskog doma «Herceg Stjepan Kosaèa» u Mostaru èine okvirni AB nosaèi koji nose krovnu konstrukciju, betonski stupovi i AB cerklaži prvog i drugog kata. Požar u srpnju 1996. godine trajao je više sati, te je potpuno uništio drvenu krovnu konstrukciju i znatno oštetiò AB konstrukciju (okviri i stupovi).

Drvena konstrukcija je obnovljena, a AB okviri su ispitivani.

AB okvirni nosaè se sastoji od 2 tlaène grede «T» presjeka 60x15+40x20 cm, armirane uzdužnom glatkom armaturom 7 x " 20 mm, i jedne vlaène grede pravokutnog presjeka 40x30 cm, armirane uzdužnom glatkom armaturom 10 x 20 mm, s vilicama " 8 mm na razmaku 35-45 cm (Slika 2.). Zaštitni sloj betona je varirao od 2 do 3 cm, a na pojedinim mjestima bile su vidljive vilice.

Grede su betonirane na licu mjesta vrlo lošim betonom, vjerojatno proizvedenim ruèno ili u maloj mješalici.

Razvijena temperatura u požaru od oko 800-1.000 °C je «ispekla» beton, tako da je on na površini porozan, friabilan i niske èvrstoæe. Površina betona je izbrazdana manjim i veæim pukotinama, a zaštitni sloj betona kod veæine konstruktivnih elemenata je bio odvojen od armature ili je veæotopao.

Stupovi su imali na više mjesta odvojenu uzdužnu (glavnu) armaturu, iako su vizualno dobro izgledali. Beton stupova je bio manje ošteæen jer su bili obloženi žbukom debljine 2-3 cm, koja je zaštitila površinu betona od izravnog utjecaja vatre.

Na više mjesta u visini prizemlja gdje je vatra najviše gorjela i tinjala došlo je do ljuštenja i pucanja («spalling») materijala. U tim zonama naðena su mjesta gdje se kamen vapnenac pretvorio u vapno za vrijeme požara, odnosno gašenja požara vodom i oborinskom vodom.

2.3 Ispitivanje konstrukcije kontrolama bez razaranja (KBR metodama)

Znaèajan razvitak primjenjene fizike, elektronike i drugih znanstvenih disciplina doveli su do pojave veæeg broja KBR metoda koje omogućavaju neposredna ispitivanja materijala ugraðenih u objekte, uz smanjenu potrebu za klasiènim ispitivanjem uzoraka izvaðenih iz samih objekata. Dakle, primjenom KBR metoda mogu se bez ošteæenja betonske konstrukcije analizirati i njene karakteristike.



Slika 3. Unutrašnjost kazališne dvorane

Položaj i promjer uzdužne i poprečne armature, kao i debljina zaštitnog sloja betona, određeni su pomoću digitalnog ultrazvučnog aparata PROFOMETAR 3. Sonda ultrazvuka se kretala po površini betona do dobivanja maksimalne vrijednosti točno iznad tražene šipke armature.

Analiza stanja korozije armature mjerenjem električnog potencijala, prema američkoj i talijanskoj normi ASTM C 876 i UNI 9747, vršena je mjeračem električnog potencijala korozije između čelične armature i galvanskog članka postavljenog na površinu betona marke CONTROLS S-58-E 50. Prema američkoj normi vrijednost od 350 mV predstavlja donju granicu opasnosti od korozije, tako da se za veće vrijednosti s 90 % sigurnosti može tvrditi da je na armaturi izražen proces korozije.

Površinska čvrstoća betona mjerena je pomoću Schmidt-ovog čekića (sklerometra) standardnog tipa «N» prema američkoj, talijanskoj i engleskoj normi ASTM C 805, UNI 9189-88, BS 1881. Dobiveni rezultati su dobra mjera ujednašenosti kvalitete površinskog sloja betona, ali ne i potpuno pouzdan pokazatelj čvrstoće betona.

Također, kvaliteta betona je analizirana primjenom ultrazvuka prema američkoj, talijanskoj i britanskoj normi ASTM C 597, UNI 9524, BS 1881 ultrazvučnim instrumentom UBE ELECTRONICS s ugrađenim mini računalom i piezoelektričnim sondama VERNITRON frekvencije 55 kHz i Ø 55 mm. Ispitivanje kombiniranom metodom ultrazvuk-sklerometar provedeno je na svim karakterističnim mjestima konstrukcije.

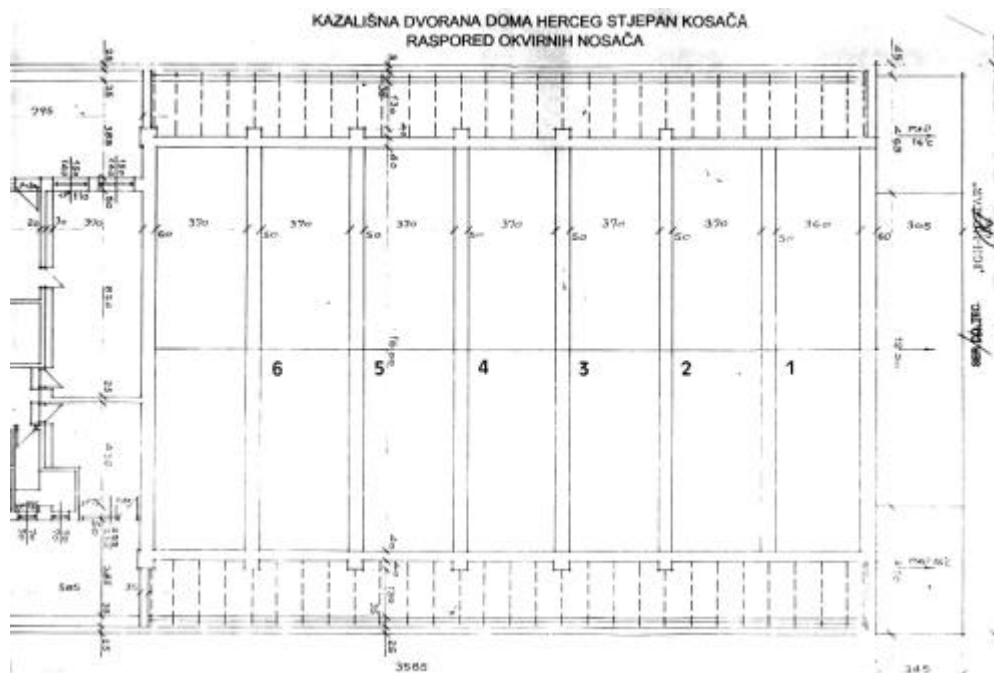
Mjerenje čvrstoće betona metodom PULL-OUT marke FISCHER prema američkoj i talijanskoj normi ASTM C 90, UNI 9536 omogućila je izravnim putem određivanje tlačne čvrstoće na ispitanom mjestu konstrukcije. Mjerenje je pouzdano jer rezultat ne ovisi o pripremi površina, karbonatizaciji betona i vlazi u betonu.

Prema talijanskoj normi UNI 8520 bušilicom marke BUNKER vađeni su mikrovaljci Ø 50 mm, što se ne ubraja u razornu metodu jer se ne oštećuje armatura, a mjesto uzimanja uzorka je naknadno zapunjeno epoksidnim mortom. Prethodno se mjesto vađenja uzorka

odredilo pakometrom da bi se izbjegla mjesta na kojima se nalazi armatura. Osim određivanja korelacijskog faktora radi primjene metode ultrazvuka, izvađeni uzorci betona su ispitivani i kemijski radi utvrđivanja prisutnosti iona klora u betonu, što je posljedica požara u prostorijama sa predmetima od plastike.

2.4 Ispitivanje AB nosača

U dvorani je bilo ukupno 6 slobodnih okvirnih AB nosača (Slika 4). Zbog problema premeštanja skele ispitivani su okvirni nosači br. 2, 3, 4, 5 i 6.



Slika 4. Raspored okvirnih nosača u kazališnoj dvorani

Nosač br. 2 ispitan je u 5 karakterističnih zona (1, 3, 4, 5 i 6), jer je skela bila postavljena paralelno s nosačem. Ostali okvirni nosači ispitani su u dvjema karakterističnim zonama (5 i 6), lijevo od pozornice gdje je pretpostavljeno da je intenzitet vatre bio najveći.

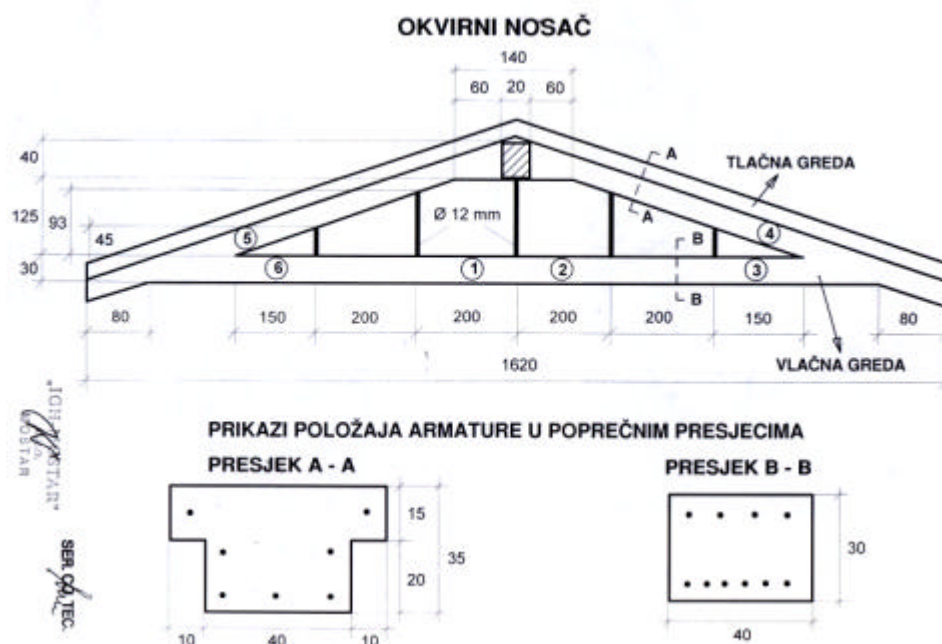
Tokom ispitivanja okvirnih nosača br. 3, 4, 5 i 6 skela je bila postavljena okomito na nosače s lijeve strane pozornice.

U nastavku su dati rezultati ispitivanja za svaku karakterističnu zonu u tablicama i grafičkim prikazima.

Na nosaču br. 1 potpuno je bio odvojen zaštitni sloj betona koji se nalazio u blizini kutne uzdužne armature. Zbog visoke temperature došlo je do narušavanja veze (prionljivosti) između čelika i betona (zbog različitog koeficijenta dilatacije materijala), što je dovelo do podvajanja spomenutog nosača u dva potpuno različita konstruktivna elementa. Posebno je bila opasna dijagonalna pukotina na lijevoj tlačnoj gredi, koja se protezala po cijelom presjeku. Zbog oslabljene veze čelik – beton i prisutne pukotine nosač je mogao na tom mjestu kolapsirati.

Na nosaču br. 3 zaštitni sloj betona u blizini uzdužne armature je bio potpuno odvojen. Površinski dio betona je bio «izgoren» (porozan, friabilan i bez čvrstoće). Vizuelnim pregledom ustanovljeno je da armatura nije korodirala.

Nosač br. 4 je također imao odvojen zaštitni sloj betona u blizini kutne uzdužne armature. Površinski dio betona je bio «izgoren». Na temelju vizuelnog pregleda, armatura nije bila jače korodirana.



Slika 5. Poprečni presjek AB nosača



Slika 6. Ispitivanje okvirnog nosača br. 2

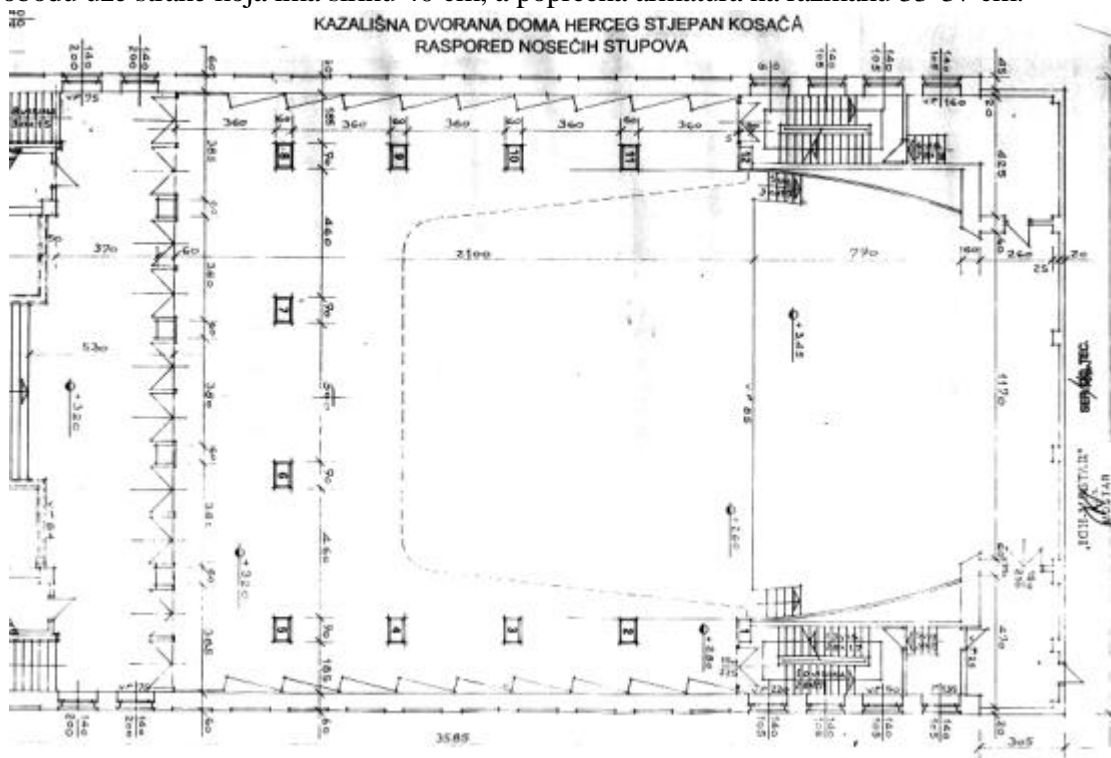
Nosači br. 5 i 6 su imali odvojeni zaštitni sloj betona u blizini glavne uzdužne armature. Na površini nosača br. 5 beton je bio «izgorio» i nije imao odgovarajuću čvrstoću. Armatura nije jače korodirala prema vizuelnom pregledu. Površinski dio betona nosača br. 6 je bio u manjoj mjeri «izgorio» nego kod ostalih nosača, vjerojatno zbog veće udaljenosti od požara.



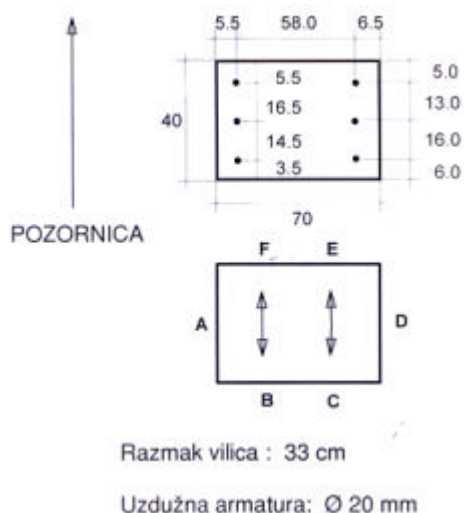
Slika 7. Dijagonalna pukotina na okvirnom nosaču br. 7

2.5 Ispitivanje AB stupova

Kazališna dvorana ima ukupno 12 nosivih stupova, presjeka 70x40 cm, koji su bili obloženi vapnenom žbukom debljine 2-3 cm, koja je za vrijeme požara imala funkciju izolatora topline i zaštitila betonske stupove od većeg razaranja. Glavna uzdužna armatura raspoređena je samo po obodu uže strane koja ima širinu 40 cm, a poprečna armatura na razmaku 33-37 cm.



Slika 8. Raspored stupova u kazališnoj dvorani



Slika 9. Tlocrt stupa

Ispitivanja su vršena na visini od oko 1,10-1,40 m od poda.

Stup br. 2 (Slika 9) se nalazi u blizini desnog sporednog ulaza, gdje je intenzitet vatre bio prilično izražen, što je bilo vidljivo iz ljuštenja i pucanja kamena obližnjeg zida. Zbog visoke temperature došlo je do dilatacije uzdužne armature i odvajanja zaštitnog sloja betona na kutu stupa.

Stup br. 11 nalazi se u blizini lijevog sporednog ulaza, gdje je intenzitet vatre bio nešto slabiji, tako da je sloj vapnene žbuke ostao na površini betona.



Slika 10. Ispitivanje stupa br. 2



Slika 11. Ispitivanje stupa br. 11

2.6 Izvođenje zvučne tomografije na nosaču br. 2

Zvučne probe zasnivaju se na analizi širenja zvučnog impulsa od 5 do 20 kHz kroz beton. Prilikom ispitivanja možemo promatrati brzinu, amplitudu i frekvenciju zvučnog vala. Ova tehnologija omogućuje dobivanje prečišćenih signifikantnih oscilograma. Najveću poteškoću predstavlja obrada primljenih podataka, ali ni to nije prevelika prepreka zbog velikih tehničkih mogućnosti današnjih računala.

Ispitivanje je provedeno samo na nosaču br. 2 jer je skela bila postavljena po cijeloj dužini vlačne grede. Akcelometri PIEZOTRONICS postavljeni su na približno jednakim udaljenostima, a zvučni impuls je proizveden udarcem čekića mase 1 kg. Udarac je proizveden u osi svakog akcelometra sa suprotne strane grede od mjesta njegova postavljanja. Registracija signala je izvršena višekanalnim digitalnim analizatorom marke GOULD.

Analizom rezultata zaključeno je da se zvučni val odmah prigušuje jer je beton porozan i na više mjesta odvojen zaštitni sloj betona, s tim da je beton desne strane nosača (gledano prema pozornici) bio nešto kvalitetnijer se udarcem čekića u osi akcelometra br. 4 (Slika 4.) uspio registrirati signal i u položaju akcelometra br. 2. Prilikom izvođenja udarca čekićem u osi akcelometra br. 1 zvučni val se jedva zamjećivao na poziciji akcelometra br. 2. Najbolje stanje betona registrirano je u neposrednoj blizini akcelometra br. 3.

2.7 Kemijska analiza uzoraka betona

Visoka temperatura izaziva u betonu mehaničke i kemijske promjene, koje se obično ne dešavaju odmah, već nakon izvjesnog vremena i vezane su za vrstu materijala koji je gorio. Izgaranje plastičnih materijala proizvodi kloride, a izgaranje određenih boja dovodi do pojave nastanka sulfata. Ovi štetni produkti izgaranja sadržani u dimu prodiru duboko u beton i tokom vremena razaraju čeličnu armaturu i beton. Proces razaranja je ubrzan ako se beton nalazi u vlažnoj okolini (kapilarna vlaga, kondenzacija, prokišnjavanje i dr.) jer se za vrijeme isparavanja sulfatne i kloridne soli kristaliziraju, povećavajući volumen i na taj način razaraju strukturu betona.

Analiza prisustva klorida vršena je u laboratoriju Sveučilišta u Trstu prema europskim normama ENV 196 i ENV 197. Dobiveni rezultati o sadržaju klorida dodatno su provjereni mikroprocesorom JONALYZER ORION mod. 901, a sadržaj sulfata provjeren je neizravnom kontrolom sa ATOMIC SPECTROSCOPY LABORATORY.

Analizom rezultata primjećeno je da je u blizini uzorka br. 11 (stup br. 11) gorjelo mnogo PVC materijala jer je sadržaj iona klora na granici dopuštenog.

2.8 Analiza rezultata ispitivanja

- Rezultati ispitivanja KBR metodama obrađuju se i ocjenjuju na isti način kao i rezultati kontrolnih uzoraka. Ako je dobivena karakteristična tlačna čvrstoća niža od uvjetovane marke betona, kontrolira se statički račun i sigurnost konstrukcije dokazuje prema utvrđenoj karakterističnoj čvrstoći;
- Ugrađeni beton je vrlo loše kvalitete, agregat nema adekvatan granulometrijski sastav, sadrži nečistoće, a upotrebljeni cement je niske marke;
- Armatura ugrađena u grede i stupove je zadržala svoje mehaničke karakteristike jer nije bila izložena izravnom djelovanju vatre. Pretpostavlja se da nije bila izložena utjecaju temperature više od 550 °C kada čelik mijenja svoju kristalnu strukturu i trajno gubi oko 30 % svoje čvrstoće. Uzorci armature nisu uzeti da se ne ugrozi većekritično stanje nosača;
- Zbog niske tlačne čvrstoće uzorci betona (mikrovaljci > 50 mm) su se drobili već prilikom njihovog vađenja, tako da su isti korisćteni samo za kemijsko ispitivanje. Čvrstoća betona je ustanovljena pomoću PULL-OUT metode;
- Na temelju ispitivanja kvalitete ugrađenog betona KBR metodama (ultrazvuk, sklerometar, pull-out i analiza mikrovaljaka) može se zaključiti da je površinski dio betona (zašćitni sloj) u većini slučajeva oštećen;
- Na mjestima gdje je beton «izgorio» došlo je do narušavanja veze (prionljivosti) između čelika i betona zbog različite dilatacije ovih materijala kod povišene temperature (iznad 100 °C). U tom slučaju prenose se na čelik tangencijalna naprezanja od glavnog naprezanja. Kad nastupi klizanje šipke unutar betona, bit će napon jednakomjerno razdjeljen po čitavoj šipki samo preko krajnjih kuka. U biti imamo dva potpuno različita konstruktivna elementa. Na svim tim mjestima potrebno je obnoviti zašćitni sloj betona radi ponovnog uspostavljanja pronljivosti;
- Ispitivanja kontrolama bez razaranja (KBR metode) pokazuju daje unutarnji dio betona u gredama sačuvao svoju prvotnu čvrstoću od 20-25 MPa;
- Referentna vrijednost brzine prolaza ultrazvućnog vala kroz zdravi beton izmjerena na stupu br. 5 ispod žbuke, gdje beton nije bio izložen djelovanju vatre, iznosila je $V_d=3.100$ m/s, što je niska brzina, pa je i «zdravi» beton loše kvalitete. Analizom vrijednosti brzina vala mjerenih na pojedinim konstruktivnim elementima ustanovljeno je da su svi nosači imali oštećenja velikog intenziteta (brzine $V_d < 1.488$ m/s), dok su oštećenja stupova bila srednjeg intenziteta (2.170 m/s $< V_d < 2.697$ m/s);
- Na pozicijama mjerenja nosača B-B, C-C i E-E, koja su u neposrednoj blizini kutne armature, ultrazvućni val je potpuno prigušen, što pokazuje da je na tim mjestima zašćitni sloj betona odvojen;
- Zvućna proba je potvrdila rezultate dobivene ultrazvukom prema kojima je zašćitni sloj armature oštećen i na pojedinim mjestima odvojen od armature. Gledajuć prema pozornici, lijeva strana nosača je oštećenija od desne tako da su daljnja ispitivanja na preostalim nosaćima vršena samo sa lijeve strane u akarakteristićnim zonama br. 5 i 6;
- Sve izmjerene vrijednosti elektrićnog potencijala korozije armature su niže od propisane granice od 350 mV, pa je zaključeno da u tom trenutku na konstrukciji nije bio u toku proces korozije većeg intenziteta;

- Kemijska analiza uzoraka pokazala je da samo stup br. 11 ima povećani sadržaj klora u betonu. Situacija još nije opasna, ali stupove treba zaštititi i ojačati;
- Za pojedine konstruktivne elemente ustanovljeno je sljedeće:
 - a) Okvirni nosač br. 2 imao je na tlačnoj gredi dijagonalnu pukotinu po cijelom presjeku. Kako je beton slabe kvalitete, a nakon požara je došlo do smanjenja pronljivosti «čeli-beton», ovo oštećenje je označeno kao potencijano opasno za sigurnost krovne konstrukcije;
 - b) Ostali nosači su imali odvojeni zaštitni sloj betona u blizini kutne armature;
 - c) Betonski stupovi su u boljem stanju nego grede. Postojeći sloj žbuke od 2-3 cm zaštitio je površinu betona od izravnog utjecaja vatre;
 - d) Zidovi od klesanog kamena su također bili zaštićeni slojem žbuke od 2-4 cm, koji je smanjio štetno djelovanje vatre. Veće oštećenje kamena očitovalo se u blizini stupa br. 2, gdje je zbog jačeg požarnog opterećenja došlo do ljuštenja i pucanja kamena;
- Progibi greda uzrokovani su već u toku izgradnje prilikom skidanja oplate, a povećani su prilikom relaksacije čelika koju je prouzročio požar;
- Požar je gašen vodom koja je dodatno oštetila kamen i beton. Naglo hlađenje vodom izazvalo je različita unutarnja naprezanja u betonu i kamenu koja se prouzrokovala formiranje pukotina u konstruktivnim elementima;
- Preporučeno je izvođenje dinamičke (vibracione) probe sa vibrodinom i akcelometrima nakon izvedene sanacije, radi ocjene otpornosti zgrade na eventualne potrese i kontroliranja simulirane dinamičke probe statičkog modela konstrukcije na elektronskom računaru.

2.9 Zaključna razmatranja

U završnom poglavlju elaborata analizirana je ekonomska opravdanost obnove i dat je prijedlog tehnologije sanacije.

Kazališna dvorana Hrvatskog doma Herceg Stjepana Kosača obnovljena je i svečano otvorena u travnju 2001. godine.

3 LITERATURA

- (1) D. Almesberger i dr.: Dijagnoza i sanacija požarom oštećene armirano-betonske konstrukcije kazališne dvorane Doma “Herceg Stjepana Kosača” u Mostaru (BiH), Elaborat, Mostar-Trieste, 1999.