

Obnova zgrada AGG fakulteta u Kačićevoj ulici 26

PRIPREMILA:
Tanja Vrančić

Krajem proljeća 2023. započeli su radovi na obnovi zgrada Arhitektonskog, Građevinskog i Geodetskog fakulteta u Kačićevoj ulici 26 u Zagrebu jer su zgrade zadobile oštećenja u zagrebačkome i petrinjskome potresu

Investicija cjelovite obnove zgrada Arhitektonskog, Građevinskog i Geodetskog fakulteta u Zagrebu, u Kačićevoj ulici, vrijedna je nešto manje od 39,8 milijuna eura, a radovi će trajati oko 18 mjeseci. Za sva tri fakulteta, građevinski fakultet napravio je analizu i pripremio sve potrebne podloge za prijavu za cjelovitu obnovu.

Iz povijesti fakulteta u Kačićevoj 26

Na mrežnim stranicama triju fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koji su smješteni u zgradi u Kačićevoj 26 stoji kako se Tehnički fakultet sastojao se od šest odjela: arhitektonskog, građevno-inženjerskog, geodetsko-inženjerskog i kulturno-inženjerskog, strojarstvo-inženjerskog i elektro-inženjerskog, brodograđevno-inženjerskog i brodstrojarsko-inženjerskog te kemijsko-inženjerskog. Ti su odjeli bili podijeljeni između tri osnovna odsjeka: građevnog, strojarstva i kemijskog. Fakultet se od svojega osnutka mučio s problemima, prijetnjama ukidanjem te nedostatnim prostorom. Tek krajem tridesetih godina prošloga stoljeća konačno je dobio dozvolu za gradnju novih prostora u koje se 1940. useljavaju tadašnji arhitektonski, građevinski i geodetski odjel. Trebale su se graditi još tri zgrade za preostale odjele te bi tako Tehnički fakultet dobio svojevrni mali kampus, ali nakon Drugoga svjetskog rata ta je ideja napuštena i nije se realizirala.

S obzirom na raznovrsnost područja kojima se bavio Tehnički fakultet (imao je čak 39 zavoda), pojavila se ideja o njegovu

preustroju na manje cjeline. Godine 1956. Tehnički fakultet podijeljen je na četiri nova fakulteta: Arhitektonsko-građevinsko-geodetski, Strojarsko-brodograđevni, Elektrotehnički i Kemijsko-prehrambeno-rudarski fakultet (danas Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Prehrambeno-biotehnološki fakultet te Rudarsko-geološko-naftni fakultet).

[Odlukom od 26. rujna 1962. dolazi do podjele tadašnjeg Arhitektonsko-građevinsko-geodetskoga fakulteta na tri samostalna fakulteta](#)

Šest godina nakon podjele Tehničkoga fakulteta odlukom Sabora dolazi do podjele tadašnjeg Arhitektonsko-građevinsko-geodetskoga fakulteta na tri samostalna fakulteta. Odlukom Sabora od 26. rujna 1962. Arhitektonski fakultet postaje samostalna znanstvena i nastavna ustanova.

Studij građevinarstva započinje radom Tehničke visoke škole u Zagrebu 1. listopada 1919. Građevni odjel škole smjestio se na prvome katu preuređene zgrade bivše škole na Rooseveltovu trgu. Tehnička visoka škola prerasla je 1926. u Tehnički fakultet u sklopu Sveučilišta u Zagrebu. Kako je spomenuto, Tehnički fakultet je 1962. razdvojen u tri fakulteta i tako je nastao samostalni Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Građevinski fakultet se 1977. udružio s Institutom građevinarstva Hrvatske te je djelovao kao Fakultet građevinskih znanosti u sklopu novonastaloga Građevinskog instituta Hrvatske. Iste godine u sastav



Kompleks zgrada AGG fakulteta u Kačićevoj ulici u Zagrebu

Fakulteta ušle su i dvije postojeće više građevinske škole, koje su nastavile djelovati kao studij građevinarstva za stjecanje više stručne spreme. Po prestanku rada Građevinskog instituta 1. srpnja 1991. Građevinski fakultet ponovno djeluje kao samostalna ustanova u sklopu Sveučilišta u Zagrebu.

U geodetskoj nastavi nastale su važne promjene 1926. kada je Visoka tehnička škola ušla u sastav Sveučilišta u Zagrebu kao Tehnički fakultet s odgovarajućim odjelima. Taj se oblik nastave održavao sve do kraja 1946., kada su uvedena dva nova usmjerenja na Tehničkome fakultetu: geodetsko i melioracijsko usmjerenje, prema čijim se planovima i programima nastava održavala do 1948. Jedan je od važnijih događaja u razvoju organizacije geodetske nastave jest podjela Tehničkoga fakulteta 1956., kada su od bivših odjela stvorena četiri nova fakulteta, a 1962. osnovan je samostalni Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

O povijesti zgrada tehničkih fakulteta

O povijesti zgrade AGG fakulteta saznali smo najviše iz Konzervatorskog elaborata autora mr.sc. Alana Braun, dipl.ing.arh. i Marina Duić, mag.ing.arch. Nastala je

prema projektu suradnje arhitekta Milovana Kovačevića i Juraja Denzlera između 1937. i 1940. projektirana je i sagrađena zgrada tehničkih fakulteta u Kačićevoj 26. Katastarska čestica pravilnog je pravokutnog oblika od 9322 m². Dulja je stranica orijentirana u smjeru sjever-jug (paralelno s Kačićevom ulicom, približne duljine 133,20 m), a kraća u smjeru istok-zapad (paralelno s Ulicom Isidora Kršnjavog s južne strane / Klaičevom ulicom sa sjeverne strane, a duga je približno 107,70 m). Na toj se čestici nalazi i dvorišna zgrada Arhitektonsko-građevinsko-geodetskoga fakulteta izgrađena 1940. prema projektu arhitekta Vladimira Potočnjaka.

Prema projektu suradnje arhitekta Milovana Kovačevića i Juraja Denzlera između 1937. i 1940. projektirana je i sagrađena zgrada tehničkih fakulteta u Kačićevoj 26

Prema prvobitnome su projektu trebale biti sagrađene tri četverokatne zgrade položene u smjeru sjever-jug, ali radovi na drugoj zgradi prekinuti su 1942. jer je u veći dio prve zgrade uselila njemačka

vojska. U zgradi smještenoj uz Kačićevu ulicu od 1940. djelovali su arhitektonski, građevni i geodetski odjeli, a druga je zgrada (zapadno od glavne zgrade) po dovršetku 1946. dodijeljena Saveznoj tehničkoj školi. U toj drugoj zgradi sklopa Tehničkoga fakulteta izgrađenoj tijekom Drugoga svjetskog rata danas su smještene dvije srednje škole, a treća planirana zgrada sklopa nikada nije izgrađena. Današnja je organizacija fakulteta gotovo istovjetna nacrtima iz 1937. Najveća je promjena u prizemlju gdje su se "zamijenili" prostori uprave fakulteta (dekan, tajništvo, pisarnica i sl.), koji se sada nalaze na istočnoj strani, te trijem, tj. prostor hodnika koji se sada nalazi na zapadnoj strani. Ostali funkcionalni i konstruktivni elementi zadržani su. Nosivi sustav zgrade, odnosno njezinu konstrukciju karakteriziraju skeletna armiranobetonska konstrukcija i sitnobrežičasti armiranobetonski stropovi. Monumentalnim se stubištem pristupa prostoru vjetrobrana iz kojeg se još jednim stubištem ulazi u vestibul fakultetske zgrade. Iz toga prostora moguće je ravno (zapadno) otići u glavnu dvoranu, lijevo ili desno (južno ili sjeverno) iza staklenih stijena proći glavnim hodnikom ili glavnim stubištem promijeniti etažu. U prizemlju sjeverno od glavnoga stubišta nalazi se nastavnički trakt.



Pogled na gradilište glavne zgrade AGG fakulteta u Kačićevoj 26





Kompleks zgrada AGG fakulteta u Kačićevoj ulici u Zagrebu

Godine 1962. dograđeno je sjeverno krilo zgrade, a u proteklih dvadesetak godina izvedeno je više intervencija: 1954. uređen je tavanski prostor za geodetski i arhitektonski odjel, a 1960. dograđen je četvrti kat na terasi sjevernoga krila zgrade. Rekonstrukcija velike dvorane, ulaznoga trakta, vjetrobrana i dogradnja sanitarija u prizemlju te rekonstrukcija potkrovlja odnosno uređenje studijskoga arhiva i knjižnice Arhitektonskoga fakulteta izvedeni su 2005., a između 2008. i 2010. rekonstruirani su crtaonica na trećemu katu i dio sutereana u sjevernoj dilataciji. Također, u proteklih je dvadesetak godina zamijenjen dobar dio vanjske stolarije.

Tehnički je fakultet 1940. započeo radove na dvorišnoj zgradi s dva unutarnja atrija, za razliku od dotadašnjih nacrti gdje su dvorišne zgrade prikazane kao nizovi lamela. Taj je projekt u lipnju 1941. izmijenjen u tlocrtu i na pročelju. Povećan je ulazni prostor, pregrađene su dvorane na istočnome dijelu prvog kata, a u nekoliko manjih dvorana drugačije su podijeljeni prozorski otvori.

U lipnju 1954. prema projektu arhitekta Jurja Denzlera i u suradnji s arhitekticom Senom Sekulić Gvozdanović te statičarom Ivanom Glogoljom nadograđen je spojni trakt s dvorišnom zgradom. Ta je nadogradnja izvedena u armiranobetonskome skeletnom sustavu, a novi su prozori bili drveni s dvostrukim ostakljenjem. Interna komunikacija između laboratorija u prizemlju i malih praktikuma na prvome katu bila je planirana preko željeznoga spiralnog stubišta. Novoprojektirana površina iznosila je otprilike 430 m².

Profesor Juraj Denzler u veljači 1958. izradio je projekt nadogradnje drugoga kata dvorišne laboratorijske zgrade. Kat je u

punim gabaritima u južnome dijelu zgrade prema Ulici Isidora Kršnjavog, a u sjevernom se dijelu uvlači prema sredini kako bi i dalje očuvao dotok prirodnog osvjetljenja. Sačuvani su i nacrti koji na drugome katu prikazuju i most koji spaja prvi međupodest sporednoga trokrakog stubišta između drugoga i trećega kata glavne, četverokatne zgrade fakulteta i novoprojektirani drugi kat dvorišne laboratorijske zgrade. Projektant mosta je Eugen Erlih, a most je izgrađen krajem pedesetih godina prošloga stoljeća, što odgovara vremenu nadogradnje drugoga kata dvorišne zgrade (1958.).

U svibnju 1996. nadograđena su još dva kata prema projektu profesora Borisa Krstulovića i njegovih suradnika Mladena Pandura i Željka Blagaja.

Zatečeno stanje glavne zgrade nakon potresa

Nakon potresa 2020. bila je planirana cjelovita obnova zgrade u kojoj su smje-

šteni nastavni i uredski prostori Arhitektonskoga, Građevinskoga i Geodetskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Zgrada u kojoj su smješteni Arhitektonski, Građevinski i Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu u konstrukcijskome smislu podijeljena je na pet dilatacija

Zgrada je u konstrukcijskome smislu podijeljena na pet dilatacija, a prema obliku može se podijeliti na dvije cjeline. Prva cjelina obuhvaća prve četiri dilatacije, pravokutnog je oblika, dimenzija oko 125 × 16 metara, a proteže se u smjeru sjever-jug duž Ulice fra Andrije Kačića Miošića. Sastoji se od sedam katova (suteren, prizemlje, četiri kata i potkrovlje), osim četvrte dilatacije koja ima šesti kat te se u njoj nalaze nastavni i uredski prostori te knjižnica. Visina vijenca je oko 28,2 m, a sljemena oko 30,7 m. Druga cjelina (dilatacija 5) pravilnog je T-oblika, sastoji se od nastavka ulaznoga hola koji je pravokutnoga oblika i dimenzija oko 35 × 12,5 m, proteže se u smjeru istok-zapad i vodi do glavne predavaonice (amfiteatra) u prizemlju koja je orijentirana prema jugu. Glavna je predavaonica tlocrtnih dimenzija oko 18 × 20 m. U sutereanu i na prvome katu druge cjeline nalaze se nastavni i uredski prostori, a u sute-



Oštećenja zgrada AGG fakulteta u Kačićevoj ulici



Dilatacije glavne zgrade Arhitektonsko-građevinsko-geodetskoga fakulteta

renu ispod glavne predavaonice nalazi se studentska menza.

Glavni ulaz u zgradu je s istočne strane, iz Kačićeve ulice, a osim toga zgrada ima još šest ulaza u razini prizemlja (ispod glavnoga ulaza u suterenskoj etaži kao veza s dvorišnom zgradom, četiri su ulaza iz Klaićeve ulice, i to iz svakog dvorišta po jedan, te ulaz u sjevernu dilataciju glavne zgrade). Središnji ulazni hal nastavlja se na glavni ulaz u zgradu i ponavlja se u smanjenome opsegu na svim katovima zgrade, a na njega su izravno vezani glavno stubište i dizalo. Sporedno stubište nalazi se u južnome dijelu građevine, a iz njega omogućen je pristup dvorišnoj zgradi preko spojnoga mosta kojemu se pristupa s podesta između prvoga i drugoga kata glavne zgrade.

Konstrukcija zgrade je armiranobetonska okvirna konstrukcija, a okviri su na

osnome rasponu od 4 m u smjeru sjever-jug na prve četiri dilatacije i u smjeru istok-zapad na petoj dilataciji. Uz okvirnu konstrukciju postoji manji dio betonskih zidova oko dizala i oba stubišta koji ograničeno sudjeluju u prijenosu horizontalnog opterećenja. Pregradni zidovi su izvedeni od opeke, a vanjski su zidovi kompozit od betona i zidanog zida.

Nakon potresa na zagrebačkome području u ožujku 2020. te Sisačko-moslavačkoj županiji u prosincu 2020. zgrada je zadobila oštećenja konstrukcije koja su detaljno dokumentirana u elaboratu ocjene postojećeg stanja građevinske konstrukcije iz prosinca 2021. U Elaboratu ocjene postojećeg stanja građevinske konstrukcije za građevinu Sveučilište u Zagrebu, Arhitektonski, Građevinski i Geodetski fakultet – GLAVNA ZGRADA provedena je analiza nosivosti postojeće

konstrukcije za svaku dilataciju zasebno. Elaborat su izradili Mario Todorić, dipl. ing. građ., s kolegama Miroslavom Duvnjakom, mag. ing. aedif., Ivanom Dragičevićem, mag. ing. aedif., i Petrom Todorićem, mag. ing. aedif., iz tvrtke *Toding d.o.o.* Na temelju provedene analize primjenom proračunskoga spektra odziva za povratno razdoblje od 225 godina, a prema graničnome stanju znatnoga oštećenja (ZO), zaključeno je da otpornost postojeće konstrukcije na djelovanje potresa dilatacija D1 i D2 iznosi oko 55 posto otpornosti zahtijevane propisom. Što se tiče dilatacije D3, ta je otpornost 35 posto, kod dilatacije D4 45 posto, a kod dilatacije D5 33 posto. Zato je građevina pogodna za obnovu uz neophodne mjere na ojačanju konstrukcije svih pet dilatacija.

Izvorni nedostaci nosive konstrukcije

Glavni je nedostatak nosive konstrukcije velika vitkost nosivoga sustava armiranobetonskih okvira koji ne pružaju dostatnu otpornost konstrukcije na horizontalno djelovanje potresa. U izvješću o istražnim radovima na konstrukciji glavne zgrade Arhitektonsko-građevinsko-geodetskoga fakulteta utvrđeno je da je poprečna armatura ugrađena na prevelikim razmacima koji kao i promjer poprečne armature ne zadovoljavaju suvremene propise. Uzdužna armatura stupova također je ugrađena u maloj količini. S obzirom na detalje armiranja koji nisu adekvatno riješeni, okvirna konstrukcija ne posjeduje potrebnu duktilnost. Pretpostavlja se da će postojeći zidovi od opeke otkazati pri potresima nižih intenziteta te će sve utjecaje preuzeti okvirna konstrukcija. Zidovi od opeke vrlo



Ispitivanje betona sklerometrom



Ispitivanje armature stupa



Mjesto ispitivanja armature u prizemlju



Jedna od brojnih građevinskih sonda postavljenih za ispitivanje zida



su visoki te njihovo urušavanje predstavlja opasnost. Uz navedeno kod dilatacije 5 javljaju se nepovoljni torzijski efekti zbog nepravilnosti tlocrta, a nepravilnost zgrade vidljiva je i po visini, osobito zbog kose ploče velike predavaonice.

Glavni je nedostatak nosive konstrukcije velika vitkost nosivoga sustava armiranobetonskih okvira koji ne pružaju dostatnu otpornost konstrukcije na horizontalno djelovanje potresa

Na temelju prethodno izrađenih elaborata, snimka izvedenog stanja, snimka oštećenja i istražnih radova napravljen je kontrolni proračun na temelju kojeg je dana ta ocjena postojećega stanja nosive konstrukcije zgrade nakon potresa. Proračun za potrebe ocjene postojećega stanja nosive konstrukcije na seizmičko djelovanje provedni su primjenom spektra odziva. Iz rezultata se može zaključiti da se kod velikog broja elemenata redovito pojavljuje veliko prekoračenje sile od potresa za zahtijevanu razinu (razina III.). Kritični su elementi stupovi okvirnoga sustava i raspoređeni su po svim katovima u oba smjera. Kod proračuna uzet je u obzir faktor ponašanja 1,5, što je relativno mala vrijednost, ali i opravdana ponajprije zbog nedostatka poprečne armature u stupovima. Ipak je stupovima omogućena ograničena duktilnost. Na temelju analize međukatnih pomaka za 55 posto seizmičke otpornosti zahtijevane propisom (razina III.), što odgovara $ag/g = 0,1$, te zahtijevane prora-

čunske armature stupova određena je postojeća otpornost konstrukcije.

U skladu s konzervatorskim uputama neophodno je sačuvati postojeći južni

zabatni zid u osi 1. Postojeći zabatni zid izveden je kao i ostatak vanjskih zidova od dva sloja. Vanjski sloj je izveden od nearmiranog betona debljine 20 cm



Skinute obloge (gore) i stolarija (dolje) na glavnoj zgradi

dok je unutarnji opeka debljine 12 cm. Projektom obnove planira se uklanjanje unutarnjega sloja zida debljine 12 cm te izvedba novoga armiranobetonskog zida debljine 30 cm s unutarnje strane. Kako se radi o tankome postojećem zidu koji ima malu krutost na savijanje izvan ravnine, neophodno je novi armiranobetonski zid povezati s postojećim vanjskim zabatnim zidom.

Na etaži trećega i četvrtoga kata uklanja se postojeći stup u osi 2/C te se umjesto njega planira nova armiranobetonska greda dimenzija 70/80 cm. Prilikom izvedbe neophodno je pridržavati se pravilnoga redoslijeda izvođenja uz obavezno podupiranje cijele zone zahvata. Između treće i četvrte osi planirani su uklanjanje postojećega stropa i izvedba novoga armiranobetonskoga stubišta.

Ciljna razina ojačanja građevinske konstrukcije

Izmjenom i dopunom Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (NN 7/2022) definirane su razine obnove građevinskih konstrukcija nakon potresa. Prema njemu, obnova mora biti izvedena na razinu III. – pojačanje konstrukcije.

Razinom obnove III. treba postići indeks znatnoga oštećenja konstrukcije (IZO) od najmanje 0,75. U toj razini obnove osim provjere graničnoga stanja znatnoga oštećenja obvezna je provjera graničnoga stanja ograničenoga oštećenja prema HRN EN 1998-3 za potresno djelovanje

određeno za potres s poredbenom vjerojatnosti premašaja od 10 posto u 10 godina (poredbeno povratno razdoblje 95 godina) i faktor važnosti za zgrade prema HRN EN 1998-1.

Indeks znatnoga oštećenja konstrukcije (IZO) omjer je proračunske potresne otpornosti i zahtjeva za konstrukciju za granično stanje znatnoga oštećenja. Proračunska potresna otpornost jest vrijednost potresnoga djelovanja iskazanog kao vršno ubrzanje tla tipa A za koje konstrukcija doseže granično stanje znatnoga oštećenja. Zahtjev za konstrukciju za granično stanje znatnoga oštećenja poredbeno je potresno djelovanje koje se iskazuje kao poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A za poredbeno povratno razdoblje od 475 godina (vjerojatnost premašaja 10 posto u 50 godina).

Stanje oštećenja konstrukcije je u HRN EN 1998-3 definirano trima graničnim stanjima (GS): GS blizu rušenja (BR), GS znatnoga oštećenja (ZO) i GS ograničenoga oštećenja (OO). Za potresno djelovanje izrađeno je više razina složenosti numeričkih modela i proračuna pa je u skladu s time uzeto u obzir i više modela opterećenja. Za građevinu je korištena vrijednost vršnoga ubrzanja od 0,18 g koja odgovara povratnome periodu od 225 godina. Spektralna je krivulja definirana spektrom tipa 1 i tipom tla C.

Projekt obnove zgrade za cjelovitu obnovu izradila je glavna projektantica Ana Alar, dipl.ing.arh., projektant Mario Todorčić, dipl.ing.građ. sa suradnicima Miroslava

vom Duvnjakom, mag.ing.aedif., Ivanom Dragičevićem, mag.ing.aedif. i Petrom Todorčićem, mag.ing.aedif. iz tvrtke Toding d.o.o.

Koncept rješenja mjera ojačanja građevinske konstrukcije

Koncept rješenja ukrućivanja konstrukcije jest izgradnja novoga nosivog sustava koji bi preuzeo većinu potresnih sila, a istodobno rasteretio postojeću okvirnu konstrukciju. Time bi se znatno smanjili pomaci i spriječilo oštećivanje pregradnih zidova. Predloženi koncept obnove ne zahtjeva ojačanje stupova i greda, već se pomake konstrukcije nastoji zadržati na relativno niskim vrijednostima i ujednačiti ih kako stupovi pri potresu ne bi došli do iskorištenja duktilnosti.

Pojačanje konstrukcije zgrade na seizmička djelovanja ostvarit će se dodavanjem novih armiranobetonskih zidova na mjestima gdje je to iz arhitektonskih razloga moguće

Pojačanje konstrukcije zgrade na seizmička djelovanja ostvarit će se dodavanjem novih armiranobetonskih zidova na mjestima gdje je to iz arhitektonskih razloga moguće. Svi novoizvedeni zidovi moraju imati kontinuitet po visini i moraju biti temeljeni na novim temeljima. Armatura



Trodimenzionalni prikaz numeričkog modela zgrade sa svim nosivim elementima



Pogled na gradilište na 5. katu glavne zgrade

novih zidova mora prolaziti u kontinuitetu kroz grede postojećih okvira.

Ako su znatno oštećeni, pregradni se opečni zidovi planiraju zamijeniti zidovima od laganih materijala. Ako se pojedini pregradni zidovi mogu uklopiti u arhitektonsko oblikovanje, a nisu znatnije oštećeni, mogu se zadržati uz uvjet vertikalnosti po katovima. Nije dopušteno uklanjati po vertikali samo zid jedne etaže. Ako se procijeni da se on ostavlja u izvornome stanju, potrebno ga je zadržati po cijeloj vertikali. Novi armiranobetonski zidovi planirani su u oba ortogonalna smjera, u debljinama od 30 i 40 cm, a na pozicijama prema grafičkim priložima u sklopu projekta. U zoni postojećega stubišta između osi 11 i 13 istražnim je radovima utvrđeno da su postojeći poprečni zidovi betonski, bez armature. S obzirom na to da se u toj zoni planiraju novi protupotresni armiranobetonski zidovi koje nije moguće izvesti pored postojećih, planira se njihovo uklanjanje. Kako se postojeće stubište trenutačno oslanja na postojeće betonske zidove, planiraju se i uklanjanje postojećega oštećenog stubišta i izvedba novoga armiranobetonskog koje će imati isti sustav oslanjanja kao i postojeće. Dodatni je razlog i izvedba novoga čeličnog okna dizala unutar zone stubišta koje je potrebno izvesti.

Između osi 3 i 5 arhitektonskim se rješenjem planira novo stubište te je u tome području neophodno ukloniti sitnorebričasti strop te izvesti nove protupotresne armiranobetonske zidove na koje će se osloniti konstrukcija stubišta. U zoni ruba uklanjanja otvora za novo stubište planirana je nova armiranobetonska greda za prihvat novih armiranobetonskih krakova stubišta.

Sanacija krovne konstrukcija u sklopu potkrovlja nije planirana. Potrebno je

zadržati postojeću konstrukciju koja ima odgovarajuću krutost. Na lokalnim dijelovima krovne konstrukcije potrebno je krojenje krovne konstrukcije radi prilagodbe novoprojektiranome stanju.

Na vrhu postojećega centralnog stubišta planirana je izvedba dodatnoga čeličnog stubišta s nadozidom. Konstrukcija i detalji spajanja s postojećom konstrukcijom prikazani su unutar elaborata. Čelična konstrukcija nadogradnje na četvrtome katu nije planirana za sanaciju. Postojeći sustav horizontalnih i vertikalnih spregeva dostatan je za prenošenje seizmičkih opterećenja na stropnu konstrukciju iznad trećega kata.

Svi novoizvedeni zidovi moraju imati kontinuitet od temelja do krova zgrade i moraju biti temeljeni na novim temeljima ili na pojačanim postojećim. Armatura novih zidova mora prolaziti u kontinuitetu kroz grede postojećih okvira. Predloženi koncept obnove ne zahtijeva ojačanje stupova i greda, već se pomake konstrukcije nastoji zadržati na relativno malim vrijednostima i ujednačiti ih kako stupovi pri potresu ne bi došli do iskorištenja duktilnosti.

Kod rješenja obnove potrebno je omogućiti razvoj željenoga mehanizma otkazivanja. To podrazumijeva pojačanje pojedinih elemenata koji dosežu granično stanje znatnoga oštećenja prije dosezanja maksimalne nosivosti zgrade.



Radovi na ojačavanju zidova



Detalj gradilišta uz stubište glavne zgrade (pomoćno)

Unutar volumena velike predavaonice neće se intervenirati, već će intervencije biti samo s vanjske strane. Također, dosadašnji slobodni prostor unutar zgrade neće se promijeniti, već se novi armiranobetonski zidovi planiraju u osima gdje već postoje zidovi ili su to fasadne osi. Sustav novih armiranobetonskih zidova ravnomjerno je raspoređen u tlocrtu. Zidovi su međusobno povezani stropnim pločama. Sustav zidova volumena 1 i volumena 2 također je povezan novim gredama koje se dodaju unutar krovne konstrukcije velike predavaonice. Tako povezani zidni sustav čini kompaktnu i krutu cjelinu.

Posljedica djelomičnoga diskontinuiteta konstrukcije između volumena te nepravilnosti konstrukcije po visini i u tlocrtu jest neujednačen odgovor konstrukcije. Zbog toga se u razini krovne konstrukcije, a uz rub velike predavaonice dodaju grede koje povezuju cijelu strukturu u razini krova. Nove grede prolaze kroz postojeće krovne nosače te se sidre u rubne zidove koji se izvode pri obnovi.

Uz građevinu su planirana dva čelična stubišta s armiranobetonskim zidovima u kontaktu sa zemljom te armiranobetonskom temeljnom pločom. Dimenzije, geometrija i detalji konstrukcije prikazani su unutar poglavlja stubišta u ovome

elaboratu. Na evakuacijskome čeličnom stubištu planirana je staklena obloga i zato treba pravilno izvesti pridržanje obloge, odnosno omogućiti vertikalni rad (pomak) obloge.

Dvorišna zgrada

Analizom otpornosti postojeće konstrukcije zaključeno je kako konstrukcija nema dovoljan kapacitet nosivosti na seizmič-



Radovi na dvorišnoj zgradi

ka djelovanja za traženu razinu obnove. Koncept rješenja ukrućivanja konstrukcije izgradnja je novoga nosivog sustava koji bi preuzeo većinu potresnih sila, a istodobno rasteretio postojeću okvirnu konstrukciju. Time bi se znatno smanjili pomaci i spriječilo oštećivanje pregradnih zidova. Predloženi koncept obnove ne zahtijeva ojačanje stupova i greda, već nastoji zadržati pomake konstrukcije na relativno malim vrijednostima i ujednačiti ih kako stupovi pri potresu ne bi došli do iskorištenja duktilnosti. Zato će se konstrukcija zgrade pojačati dodavanjem novih armiranobetonskih zidova na mjestima gdje je to moguće. Svi ti novi zidovi imat će kontinuitet po visini i biti temeljeni na novim temeljima. Armatura novih zidova prolazit će u kontinuitetu kroz grede postojećih okvira. Kako bi se što manje arhitektonski utjecalo na prostor, planirana je sanacija zidova izvedenih 1996. tako što će se s obje strane u koju će biti ugrađena armatura biti postavljena nova obloga, a potom će biti provedeno spajanje kroz postojeći zid. Oštećeni pregradni opečni zidovi bit će zamijenjeni ako su znatno oštećeni, i to zidovima od laganih materijala.

Novi armiranobetonski zidovi planiraju se u oba ortogonalna smjera. Iznad otvora unutar planiranog novog AB zida neophodno je izvesti gredu u cijeloj visini



Radovi na ojačavanju temelja glavne zgrade

nadvoja kako bi se spojili odsječci zida te zid s postojećom okvirnom konstrukcijom.

Temeljna konstrukcija

Prilikom projektiranja osnovnoga objekta temeljna je konstrukcija temeljena u sloju šljunka. Kako bi se realiziralo projektno rješenje ojačanja postojeće konstrukcije novim armiranobetonskim zidovima, potrebno je predvidjeti odgovarajuće teme-

lje u tim zonama. Sanacija konstrukcije 1996. izvedena je plitkim temeljenjem na razini poda prizemlja temeljnim trakama. Temeljnim trakama obuhvaćeni su postojeći stupnjaci. S obzirom na to da se ispod novih armiranobetonskih zidova pojavljuju veliki momenti, temelji su opterećeni tlačno-vlačnim naprezanjima u zonama rubova zidova.

Kako bi se izveli novi temelji, na koti postojećih temelja devastiran je veći dio

postojeće podne ploče suterena da bi se napravio široki iskop na takvoj dubini. Pritom su spojene postojeća i nova temeljna konstrukcija. Predviđeno rješenje izvedbe temelja jest *jet grouting* metoda poboljšanja tla za osiguranje tlačnih naprezanja i armaturna šipka u sredini pilota za prihvatanje vlačnih naprezanja. Na sustav takvoga dubokog temeljenja izvodi se nova temeljna konstrukcija debljine 100 cm, čija je gornja kota jednaka gornjoj koti postojeće podne ploče prizemlja.

Obilazak gradilišta

Gradilište smo obišli početkom srpnja 2023., a njime su nas proveli Dragan Kovač, dipl. ing. građ., iz tvrtke *Capital Ing d.o.o.*, i Miroslav Duvnjak, mag. ing. aedif., iz tvrtke *Toding d.o.o.*

Tada se intenzivno radilo na temeljima. Postojeća temeljna konstrukcija izvedena je na dubini od oko četiri metra od postojećega poda suterena. Prilikom projektiranja osnovne građevine temeljna je konstrukcija temeljena u sloju šljunka. Kako bi se realiziralo projektno rješenje ojačanja postojeće konstrukcije novim armiranobetonskim zidovima, u tim su zonama planirani odgovarajući temelji. Prilikom izvedbe temeljne konstrukcije neophodan je bio temeljni iskop na razi-



Detalj mlaznog injektiranja temelja tehnologijom *jet grouting*

nu od -5,54 m. Kako bi se izvelo odgovarajuće temeljenje konstrukcije za prihvat seizmičkih sila, izvedeno je temeljenje u zoni istih materijala u kojoj su i postojeći temelji (šljunak). S obzirom na to da se ispod novih armiranobetonskih zidova pojavljuju veliki momenti, temelji su opterećeni tlačno-vlačnim naprezanjima u zonama rubova zidova.

Kako bi se izveli novi temelji na koti postojećih temelja, trebalo je ukloniti veći dio postojeće podne ploče suterena kako bi se na takvoj dubini napravio široki iskop. Pri tome bi bilo potrebno spojiti postojeću i novu temeljnu konstrukciju. Na temelju analize takvih rješenja zaključuje se kako je zahvat vrlo složen i zahtjevan. Zbog toga je planirano rješenje izvedbe *jet grouting* metode poboljšanja tla za osiguranje tlačnih naprezanja i armature šipke u sredini pilota za prihvat vlačnih naprezanja. Na sustav takvoga dubokog temeljenja izvodi se nova temeljna konstrukcija debljine 100 cm, čija je gornja kota jednaka gornjoj koti postojeće podne ploče suterena.

Jet grouting mlazno injektiranje jest metoda poboljšanja tla kojom se određeni volumen tla pretvara u zemljani mort, pri čemu se razbija struktura tla pomoću visokoenergetskoga mlaza tekućine. Normalna veličina tlaka koja se koristi za *jet grouting* približno je 500 bara, a pri tome je brzina injekcijskog mlaza oko 300 m/s (1080 km/h). Za *jet grouting* postoje četiri vrste postupka. Odabir najpogodnijeg ovisi o tipu tla, vrsti primjene te fizičkim karakteristikama mlaznoinjektiranog tijela koje je potrebno za određenu primjenu.

Kada se *jet grouting* izvodi jednofluidnim postupkom, injekcijska se smjesa pod velikim brzinama upumpava u okolno tlo. Na taj način nastaju stupovi promjera 0,6 – 1,2 m. Postupak se može uspješno primijeniti u šljuncima, pijescima i prahovima, dok je u glinama manje učinkovit. Dvofluidnim postupkom istodobno se injektiraju i injekcijska smjesa i zrak koji povećava učinkovitost injektiranja. Mogu se postići promjeri do 1 m u zbijenim tlima i do 1,8 m u rahlim. Kod trofluidnoga postupka injekcijske smjese zrak i voda istodobno se pumpaju u tlo. Na taj se



Dio inženjerskog tima koji radi na obnovi Arhitektonskog, Građevinskog i Geodetskog fakulteta

način mogu postići kvalitetniji stupovi većega promjera (0,9 – 1,5 m). Trofluidno injektiranje najučinkovitiji je sustav za koherentna tla.

Jet grouting izvodi se po fazama. Najprije se buši bušačim šipkama s nosačem mlaznica i bušačom krunom. Mlaz smjese podupire sam postupak i održava stijenke bušotine oko šipki radi lakšeg povrata suspenzije za bušenje. Zatim se izvodi rezanje. Razaranje strukture tla započinje na najdubljem dijelu predviđenoga mlaznoinjektiranog stupa pod kutom od 90° u odnosu na bušaču os pomoću visokoenergetskoga tekućeg mlaza. Višak smjese, tj. zemljanog morta (voda – tlo – cement), teče uz prstenasti otvor bušotine na površinu. Nakon toga izvodi se mlazno injektiranje – kod svih postupaka, istodobno s razaranjem tla, dodaje se cementna suspenzija pod tlakom koja se u području rada (*in situ*) optimalno mijenja zbog turbulencija stvorenih samim postupkom. Tako izvedeni mlaznoinjektirani stupnjaci svojom visokom razinom gustoće podupiru zapunjeni prostor do vlastitoga učvršćenja te imaju statički povoljnija svojstva.

Od posljednjeg obilaska gradilištu radovi su odmakli i završeni su radovi na temeljima. Trenutačno se ojačavaju zidovi trećega kata na svih pet dilatacija.

Dodaju se novi armiranobetonski zidovi na mjestima gdje je to moguće iz arhitektonskih razloga. Svi ti novi zidovi imaju kontinuitet po visini i temeljeni su na novim temeljima. Njihova armatura prolazi u kontinuitetu kroz grede postojećih okvira. Istodobno se zamjenjuju i vidljivo oštećeni pregradni zidovi od opeke, i to zidovima od laganih materijala.

Ugovor s izvođačem radova potpisan je 9. veljače 2023., izvođač je uveden u posao 11. ožujka 2023. te su s tim datumom započeli radovi na obnovi. Predviđeni kraj radova je listopad 2024. Projektant je konzorcij tvrtki *Ing4studio d.o.o.* i *Toding d.o.o.* Izvođač je konzorcij u kojemu su *Kamgrad d.o.o.* i *Ing-grad d.o.o.* Radove nadzire tvrtka *GI grupa*, a voditelj je projekta tvrtka *Capital Ing d.o.o.* Na kraju treba napomenuti da je na gradilištu svakoga dana između 120 i 140 radnika.

LITERATURA

- [1] Braun, A., Duić, M.: Konzervatorski elaborat, veljača 2022.
- [2] Todorčić, M., Duvnjak, M., Dragičević, I., Todorčić, P.: Elaborat ocjene postojećeg stanja građevinske konstrukcije, prosinac 2021.
- [3] Alar, A., Todorčić, M., Duvnjak, M., Dragičević, I., Todorčić, P.: Projekt obnove zgrade za cjelovitu obnovu zgrade, travanj 2022.