

Др СТАНИША ИВАНОВИЋ

ЗНАЧАЈ, СТАЊЕ И РАЗВОЈ СЕИЗМОЛОГИЈЕ У ЦРНОЈ ГОРИ

Значај и интердисциплинарност сеизмологије као науке

„Природа болно налази одушка
често у чудном комешању, често
Бременита земља добива грчеве
Утробом, мучена вјетром затвореним,
Који у борби да се ослободи
Тресе нам земљу старемајку, руши
Торњеве, куле обрасле маховином“

W. Shakespeare, »Henrich IV «

Земљотреси опадају у оне природне појаве које најчешће повезујемо са катастрофама. То је посљедица огромне енергије сеизмичких удара, непредвидивости времена њиховог појављивања и широког простора који земљотресима бивају захваћени.

Земљотресе изучава посебна научна дисциплина — сеизмологија (грчки: *seismos* — земљотрес). Осим земљотреса, као природних појава, сеизмологија изучава и оне поремећаје у земљи који су познати као микросеизми а који су узроковани експлозијама и вибрацијама. Сем тога, сеизмологија изучава вјештачку или индуковану сеизмичност, насталу изградњом водених акумулација, најчешће за потребе хидроенергетских постројења, као и сеизмичност створену нуклеарним експлозијама.

Пошто су земљотреси геофизичке појаве њиховом изучавању могуће је прићи из два правца — геолошког и физичког. При томе геолог настоји објаснити генезу земљотреса и уочити геолошке законитости и правилности у њиховом појављивању. Сем тога, геолог изучава утицај локалних инжињерско-геолошких услова тла на промјену сеизмичког интензитета. За геофизичара земљотрес је, у првом реду, интересантан за његово инструментално регистровање и анализу сеизмограма. На основу тога одређује се положај, дубина и јачина земљотреса.

Али, сеизмологија захтјева сарадњу многих других научних области. Данас се испитивање еластичних осцилација директно везује за испитивање напона и деформација у трофазним срединама. Та питања, у првом реду, рјешавају физико-механичари. Математичари рјешавају проблеме који се односе на ширење таласа или на реакције иструмената изазване сеизмичким ударима. Хемичари изучавају временске варијације хемијског састава у води, гасовима и чврстој материји. Посао геодета везан је за праћење брзине деформација површине рељефа испред и после земљотреса. За астронома, добијени подаци о унутрашњости земље, омогућавају боље упознавање састава и грађе других дјелова Сунчевог система.

С друге стране, тамо гдје се јављају земљотреси, настају велики проблеми за грађевинске инжењере, архитекте и геотехничаре. Они рјешавају низ практичних задатака везано за изградњу објеката у сеизмичким условима. Централно питање које се поставља је проблем прилагођавања човјека на дејство земљотреса, односно техничке мјере заштите у борби са земљотресима.

Сем природно-математичког и технолошког аспекта, изучавање земљотреса задире и у многа питања социјалног и економског карактера. Још је G. S. Bushnell у дјелу „Историја цивилизације у Енглеској“ указао на утицај земљотреса као геолошке стихије на свијест и машту људи. Бројни су стари записи који указују да земљотреси нијесу остали без утицаја на умно стање читавих заједница. Сјетимо се данашњих источно-азијатских раса и њиховог фаталистичког односа према смрти. У којој мјери се такав менталитет може приписати стално присутним сеизмичким и вулканским опасностима?

Изгледа да човјек нигдје нема посла са тако изненадном и необичном природном појавом, која вишеструко дјелује на њега, као са земљотресима. Зато је подједнако важно да земљотрес изучавају како инжењери тако економисти, социолози и филозофи. То је сложен и интердисциплинаран посао који захтјева колективан рад, а често и међународну сарадњу, како би се сачувало оно најдрагоцјеније — људски живот.

Историјат изучавања земљотреса и развој сеизмологије у Црној Гори

Земљотреси су од давнина привлачили људску пажњу. Најстарији каталози о земљотресима датирају из времена Старе Кине, 3000 година прије наше ере. Причу из Библије о рушењу Содоме и Гоморе и паду стијене Јерихона (око 1100 година прије наше ере), могуће је повезати са земљотресима. Херодот, у четвртој вијеку прије наше ере, описује земљотресе као „чудотворне појаве“, а Плиније и Ливије, у првом вијеку нове ере, насто-

је да их повежу са другим природним појавама. Ипак, већина писаца старог и средњег вијека описује земљотресе без научне основе што доприноси ширењу мистицизма и празноверја.

Изучавање земљотреса почиње у XIX вијеку. Прве спискове важнијих земљотреса, који су се догодили у свијету, сачинио је А. Пиреј (Petray) 1840. године. Његов рад наставио је Р. Мале (Mallet), који је 1852. у извештајима Британског друштва објавио списак од око 7000 земљотреса. Од тог времена изучавање земљотреса излази из оквира мистицизма и земљотреси се изучавају слично другим природним појавама, које се могу разумјети и научно објаснити.

Видан напредак у изучавању земљотреса представљају радови Ц. Милн (Milne). Он је аутор првих дјела из области сеизмолошке науке „Земљотреси“ и „Сеизмологија“. Џон Милн са својим сарадницима организује Јапанско сеизмолошко друштво, а по повратку у Енглеску подиже опсерваторију гдје је припремио нови тип сеизмографа за регистровање далеких земљотреса. Тако је Универзитетска опсерваторија у Оксфорду, крајем прошлог вијека постала међународни центар за прикупљање и објављивање података о земљотресима, која је била повезана са око 500 сеизмолошких опсерваторија широм свијета.

Па ипак, мрежа сеизмолошких опсерваторија, све до последњих 50 година, није била тако развијена. Тек иза Другог свијетског рата сеизмолошке опсерваторије се постављају широм свијета (Америка, Балкан, Југославија). Са развојем свјетске мреже сеизмолошких опсерваторија радило се на побољшању инструментата у погледу проучавања земљотреса.

Сеизмолошка истраживања на подручју Црне Горе почињу крајем XIX вијека. Најчешће, то су били макросеизмички подаци о јачим земљотресима који су погађали ово, сеизмички немирно, подручје. Ти подаци се налазе у часописима и непотпуним извјештајима и данас имају мање-више статистички карактер.

Обрада макросеизмичких података на територији Црне Горе почиње тек почетком овог вијека. Томе у знатној мјери доприноси организација сеизмолошке службе у Србији, посебно рад Јеленка Михајловића, који од 1904. године систематски прикупља и обрађује податке о већини важнијих потреса са подручја Црне Горе.

Организација макросеизмичке службе у Црној Гори, инструментално регистровање и анализа земљотреса почиње тек од маја 1960. године, када је основана Сеизмолошка опсерваторија (Сеизмолошка станица) у Титовграду. Тада су набављени и први сеизмографи за ослушкивање земљотреса. Биле су то двије компоненте сеизмографа „Маинка“, типа Б. С. Ц. из Француске, стационарне масе 450 кг, дужине минута 25 мм. Од те године датира инструментално праћење земљотреса на подручју Црне Горе.

Значајан напредак у инструменталном изучавању земљотреса у Црној Гори, настао је 1972, када се модернизује Сеизмолошка опсерваторија у Титограду. Те године су постављена још три савремена трокомпонентна сеизмографа електромагнетског типа високе осетљивости. Исте године постављена је и мрежа акцелерографа и сеизмоскопа на територији Црне Горе, у циљу регистровања параметара кретања тла при јаким земљотресима.

Послије земљотреса 15. априла 1979. године, сеизмолошка станица прераста у Републички сеизмолошки завод. Тада је набављена и знатно савременија опрема. Тако је крајем 1980. године, у оквиру UNESCO-вог пројекта „Смањење сеизмичког ризика на Балкану“, на територији Црне Горе постављена радио-телеметријска мрежа од девет сеизмолошких станица, прва те врсте у Југославији. Истовремено у Сеизмолошком заводу у Титограду инсталиран је систем за пријем и регистровање телеметријских података са свих теренских сеизмолошких станица у континуалном и аутоматском режиму рада. Такође, активиран је нови компјутерски систем за дигиталну обраду сеизмолошких података. Поред тога, у завршној фази се налази процес инсталирања и пуштања у рад нове републичке мреже акцелерографа за регистровање убрзања тла при дејству земљотреса.

Паралелно са инструменталним опремањем започиње и процес кадровског јачања. Данас у Републичком сеизмолошком заводу ради шест сарадника са високом стручном спремом и четири сарадника са средњом спремом.

Важнији резултати сеизмолошких, инжењерско-сеизмолошких и сеизмолошких истраживања

Први важнији резултати на плану макросеизмичких истраживања земљотреса на подручју Црне Горе, везани су за радове Ј. Михаиловића (5,6). У њима су, поред осталог, дати подаци о сеизмичности Црне Горе, нарочито скадарске котлине, и то првенствено са геолошког и тектонског аспекта.

Међутим, обимнија истраживања, везано за статистичку обраду, како макросеизмичких тако и инструменталних података, о земљотресима са територије Црне Горе, уследила су тек у периоду од 1970. до 1974. године, у оквиру пројекта „Проучавање сеизмичности Балкана“ (UNDP/UNESCO, 1974. године). Тада је урађен Каталог потреса за све догођене земљотресе $I \geq VIII^{\circ}$ МЦС скале, за период до 1900. године, односно $I \geq V^{\circ}$ МЦС скале или магнитудом $M \geq IV$, за период од 1900—1970. године. Том приликом урађена је и карта епицентра важнијих потреса, а учињени су и одређени покушаји класификације земљотреса према њиховој дубини.

Наведени подаци употпуњени су Каталогом потреса који је урадио Републички сеизмолошки завод, за потресе 1971. до 1983. године, гдје су дати потреси са магнитудом $M \geq 3,5$.

На тај начин, данас постоје релативно добро сређени подаци — макросеизмолошки до 1900. године и инструментални од 1900. до 1983. године, који нам свједоче о веома израженој сеизмичкој активности Црне Горе.

Што се тиче сеизмо-геолошких и инжењерско-сеизмолошких истраживања, може се рећи да су она, све до земљотреса од 15. 04. 1979. године, била веома скромна. Мало је било случајева да су се сеизмички и сеизмо-геолошки параметри користили за потребе просторног и урбанистичког планирања или за потребе сеизмички изградње важнијих објеката. Спорадична активност на овом плану забиљежена је послје земљотреса у Скопљу 1963. године, и у Улцињу 1968. године, али је и то било недовољно у односу на објективне потребе које су за оваквим испитивањима постојале.

Тек послје земљотреса 15. априла 1979. године, изведена су комплексна и обимна сеизмо-геолошка и инжењеријско сеизмолошка истраживања. Из оквира ових истраживања најзначајнија су: сеизмичка регионализација Црне Горе и сеизмичке микро-реонизације шест приморских општина, а затим Титограда, Цетиња, Мојковца, Бијелог Поља, Колашина, Никшића и Даниловграда.

На тај начин, за подручје Црне Горе су, са релативно довољним степеном тачности, обрађени сеизмички ризик, као вјероватноћа да се неће премашити одређени параметри тла у одређеном временском интервалу, и сеизмички hazard, који представља комбинацију сеизмичког ризика и повредљивости физичких структура које су изложене земљотресима.

Анализа сеизмолошког ризика и hazardа је од посебног значаја код просторног и урбанистичког планирања, те има не само инжењеријско-технички већ и социјално-економски значај.

Осврт на досадашње резултате и перспективе даљег развоја сеизмологије

Развој сеизмологије у Црној Гори текао је споро. Тек од недавно сеизмолошка служба је технички опремљена и кадровски ојачана, како је већ казано. Исто тако, важнији резултати на плану сеизмолошких и сеизмичких истраживања са подручја Црне Горе су новијег датума. То се односи на инструментална (микросеизмичка) испитивања, анализу макросеизмичких података о ранијим догођеним земљотресима, израду сеизмичке регионализације Црне Горе и сеизмичких микрорејонизација мањих подручја, као и дефинисања сеизмичког ризика и сеизмичког hazardа.

Данас је ситуација знатно другачија. Републички сеизмолошки завод у Титограду представља једну од технички најопремљенијих организација ове врсте, не само у Југославији. Ипак,

у циљу још већег техничког осавременивања сеизмолошке службе у Црној Гори, потребно је приступити реализацији следећих задатака:

— регистровање сеизмолошких података у дигиталној форми на магнетској меморији;

— потпуна аутоматизација оскултационог и интерпретационог процеса догођеног земљотреса;

— опсервације претходних феномена уочи настанка земљотреса (промјене геофизичких поља, промјене брзине простирања сеизмичких таласа кроз тло, промјене нивоа подземних вода, промјене садржаја радона у тлу и сл.).

На плану анализе макросеизмичких података о раније догођеним земљотресима урађено је релативно доста, али постоје и реалне могућности да се постигне знатно више. Примјетно је да се при изради Каталога потреса подаци о догођеним земљотресима у историјском времену, мање-више преписују без критичког осврта на иницијалне податке, који су често непрецизни и непоуздани. Исто тако, за поједине катастрофалне потресе из минулог времена, готово да немамо никаквих ближих података о њиховој епицентралној зони, механизму настанка и прогнозној карти изосеиста. Типичан примјер за то је земљотрес из 518. године који је разорио Дукљу.

Сем потпуније анализе података о земљотресима из историјског времена на територији Црне Горе, неопходно је користити и друге методе у реконструкцији сеизмичке активности у прошлости. У том смислу у свијету се већ примјењују палеогеолошке и палеосеизмогеолошке методе, нарочито за мање насељена подручја, о којима из прошлости немамо историјских података.

Послије земљотреса 15. априла 1979. године, приступило се интензивнијим радовима на изради сеизмичке регионализације Црне Горе и сеизмичким микрорејонизацијама мањих подручја. При томе су изостале одређене подлоге које су објективно биле нужне. Тако, при изради сеизмичке регионализације Црне Горе није урађена неоморфолошка карта Црне Горе нити карта савремених тектонских покрета. Изостала су и геодетска мјерења која би дала квантитативне податке о мобилности појединих сеизмогенних блокова, активности расједа у новије вријеме, амплитудама помјерања у зонама расједа и брзини тих помјерања.

Израда сеизмичких микрорејонизација била је свеобухватна. Изведена врста радова и методологија истраживања дају могућност израде Упутства за сеизмичко микрорејонирање урбаних насеља.

На тај начин, земљотресна несрећа 15. априла 1979. године, допринијела је бољем упознавању сеизмичких и сеизмолошких услова у којима живимо. Штета је што једна свеобухватнија тема (нпр. „Земљотрес 15. априла 1979. и социјална збивања у

Црној Гори“) није до сада успјела да се реализује, како би априлски земљотрес био обухваћен не само са становишта природне стихије него и социјалне недаће.

Закључак

Изучавати земљотресе не значи сакупљати старе приче о догођеним земљотресима нити вршити анализу сеизмограма, како би се одредили интензитет и епицентар потреса. Савремена сеизмологија усмјерава свој развитак к изучавању материјалног састава, физичких својстава и процеса који се одвијају у стијенама при њиховом деформисању у дубини земље. Тиме се настоји утврдити физичка природа огњишта земљотреса и пратити измјена физичких процеса на земљиној површини путем сеизмолошких, геофизичких и других осматрања, која сеизмологију широко повезују са другим природним, природно-математичким, техничким и друштвеним наукама.

Сеизмологија је млада наука, а у Црној Гори тек прави прве кораке. У многим другим срединама, па и на Балкану, сеизмолошки заводи раде у саставу националних академија наука. Тако у Кини, у Институту за геологију, на проучавању земљотреса учествује 10.000 специјалиста од којих се 60% бави испитивањима из области прогнозе земљотреса. У САД-у је по националном програму, за период од десет година (1964—1974), било издвојено 137 милиона долара ка прогнозирању земљотреса. У Црној Гори, Републички сеизмолошки завод има статус управне организације.

Ипак, сеизмолошка служба у Црној Гори је данас технички веома добро опремљена. Започето је и систематско рјешавање оцјене сеизмичке опасности везано за статистичку обраду просторно-временске расподеле догођених земљотреса. Остаје да се схвати, не само код сеизмолога, него и шире, да утврђивање сеизмичког физика представља битан елеменат економског планирања, просторног планирања, генералних урбанистичких планова општина и свих важних урбанистичких и архитектонских пројеката. У томе је и садржан одговор на питање — гдје живјети да би се избјегла несрећа од земљотреса и како живјети у оним условима када је она неизбежна.

