

POTRES V SAN FRANCISCU

17. OKTOBRA 1989

Miha Tomaževič*

17. oktobra 1989 je območje San Francisca prizadel močan potres, ki je terjal 66 žrtev, povzročil pa je tudi precej škode na gradbenih objektih. V članku so podani osnovni podatki o potresu, opisani pa so tudi nekateri značilni primeri poškodb gradbenih objektov. Opisane so akcije za odpravo posledic potresa, še posebej pa odziv medijev in ljudi na potres. Potres je pokazal, da se nanj spleča biti pripravljen. Na gradbenih objektih, ki so bili projektirani po načelih potresno odpornega projektiranja, ni bilo poškodb, brezhibno pa so delovale tudi vse službe za odpravljanje posledic potresa.

Oktobra 1989 sem na povabilo Združenja za zidane zgradbe (The Masonry Society) in Nacionalne znanstvene fundacije (National Science Foundation) obiskal ZDA, kjer sem s kolegi iz Zagreba, Padove in Prage ameriške strokovnjake na seriji seminarjev seznanjal z evropskimi izkušnjami v zvezi s prenovo, sanacijami ter z ojačitvami starih zidanih zgradb in kulturnozgodovinskih spomenikov na potresnih območjih. Na turneji po ZDA smo se predavatelji prav na dan, ko je rušilni

potres prizadel območje San Francisca, znašli v Los Angelesu. Seveda smo izkoristili priložnost in dan po tem, ko smo opravili svojo dolžnost in končali predavanja na enem od seminarjev, odpotovali v San Francisco.

V prispevku bom poskušal povzeti vtise z naše kratke poti po območju, ki ga je prizadel potres. Lastne vtise, dobljene dan in pol po potresu, bom dopolnil z nekaterimi informacijami iz strokovnega časopisja in z izjavami ameriških prijate-

ljiv. V prispevku se ne bom podrobneje spuščal v opis poškodb in v vzroke za poškodbe na gradbenih objektih. Bralec, ki ga zanimajo posledice potresa na gradbenih objektih, bo več informacij o tem našel v eni od letošnjih števil Gradbenega vestnika.

Podatki o potresu

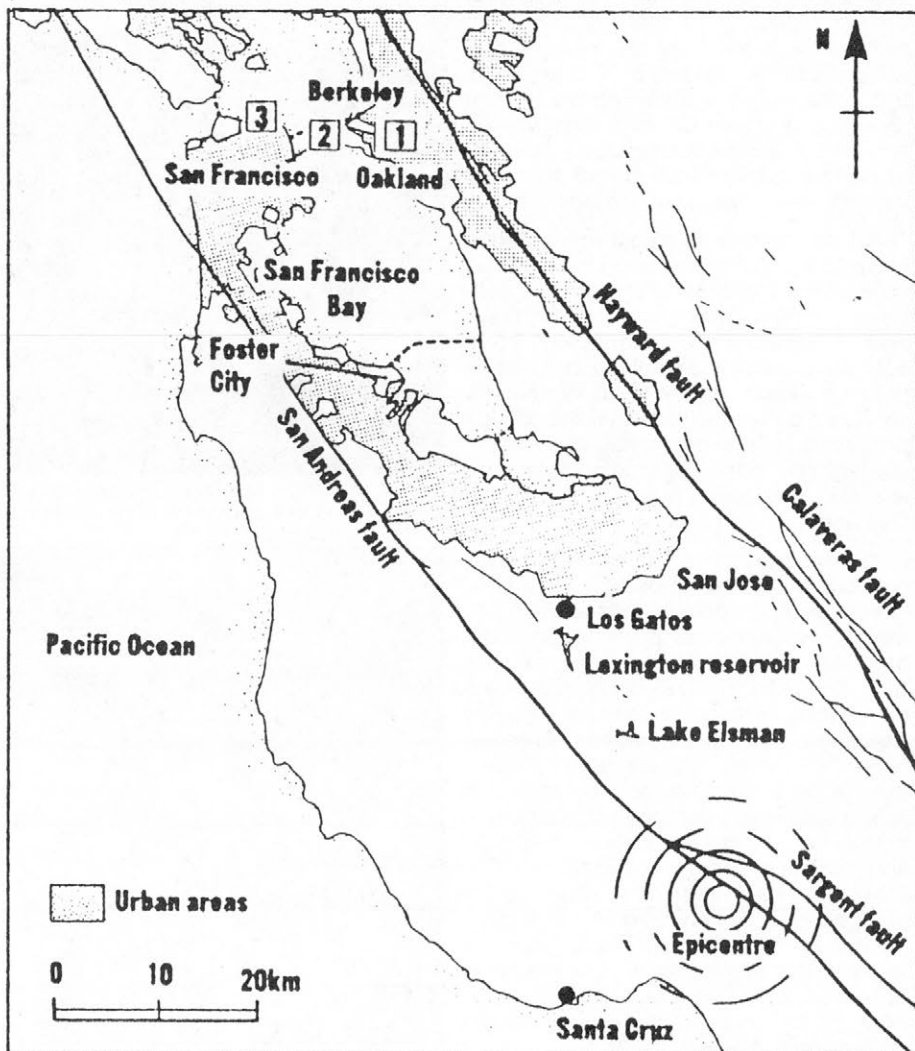
Pacifiška obala Kalifornije v Združenih državah Amerike je eno najbolj znanih potresnih območij na svetu. Vzporedno s kalifornijsko obalo poteka prelomnica Sv. Andreja (San Andreas Fault), ki v dolžini približno 1300 km ločuje pacifiško in severnoameriško tektonsko ploščo, na svoji poti pa seka tudi središče San Francisca. Medsebojni premiki obeh tektonskih plošč ob prelomnici Sv. Andreja so zelo intenzivni. Meritve, ki jih redno izvajajo, kažejo, da se plošči na nekaterih mestih medsebojno premakneta tudi po 50 mm na leto!

Medsebojni premiki obeh tektonskih plošč so samo v našem stoletju povzročili že več močnih potresov. Naj omenim potres leta 1906 v San Franciscu, ki je močno poškodoval mesto. Požar, ki je nastal po potresu, pa je upepelil vse, kar je od mesta, ki se je šele začelo razvijati, ostalo. Premiki tal ob prelomnici Sv. Andreja in nanjo navezanih prelomnic pa so krivi tudi za potrese leta 1933 v Long Beachu, 1940. v El Centru, 1971. v San Fernandu in 1980. v Eureka, če naštejemo samo najmočnejše.

Približno 50 km dolg odsek prelomnice Sv. Andreja se je sprostil tudi 17. oktobra 1989 ob 17.04 po lokalnem času. Epicenter potresa je bil približno 100 km južno od San Francisca v hribih, imenovanih Santa Cruz Mountains (slika 1). Po kraju epicentra je potres kasneje dobil ime »potres Loma Prieta« (Loma Prieta Earthquake).

Potres ni trajal dolgo, t. i. močna faza je trajala 15 do 20 sekund. Njegovo magnitudo (merilo za količino sproščene energije) po Richterjevi lestvici so po osnovnih meritvah ocenili na 6,9, vendar so kasnejše analize to številko povečale na 7,1 (za primerjavo lahko navedemo, da je bila magnituda znanega potresa v San Franciscu leta 1906 7,9–8,3, magnituda skopskega potresa leta 1963 6,0, magnituda furlanskega potresa leta 1976 6,4 in magnituda črnogorskega potresa leta 1979 7,1).

Po vseh merilih je bil to močan potres, kljub temu pa še vedno precej šibkejši od »velikega« (the Big One) z magnitudo ($M =$) 8, ki ga pričakujejo na območju prelom-



Slika 1. Območje potresa Loma Prieta 17. 10. 1989 z lokacijami najvažnejših porušitev: 1. viadukt na cesti I-880, 2. Bay bridge, 3. Marina (po Construction Today).

* Dr., dipl. inž. gradb., izredni prof., Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana, Dimičeva 12, Ljubljana.

58 nice Sv. Andreja in za katerega so inženirji v zadnjih letih tudi projektirali vse važnejše objekte.

Seizmološki instrumenti so samo v 10 dneh po glavnem sunku zabeležili nad 2000 sunkov, seizmologi pa so s 50-odstotno verjetnostjo še pred božičem 1989 napovedovali močnejšo ponovitev potresa: intenziteta pričakovanega ponovljenega potresa naj bi bila tolikšna, da bi povzročila dodatne poškodbe na gradbenih konstrukcijah.

Celotno urbano območje Kalifornije vzdolž prelomnice Sv. Andreja (predvsem mesti San Francisco in Los Angeles) je po kalifornijskem programu za instrumentiranje močnih potresov (California Strong Motion Instrumentation Program – CSMIP) opremljeno z mrežo 90 postaj. Med potresom 17. oktobra se je sprožilo in potres zabeležilo 28 instrumentov. Ker je večje število instrumentov postavljenih tudi na pomembnejših objektih v samem San Franciscu, bo za analizo glavnega potresnega sunka in odziva zgradb na potres po nekaterih informacijah na razpolago najmanj 200 zapisov.

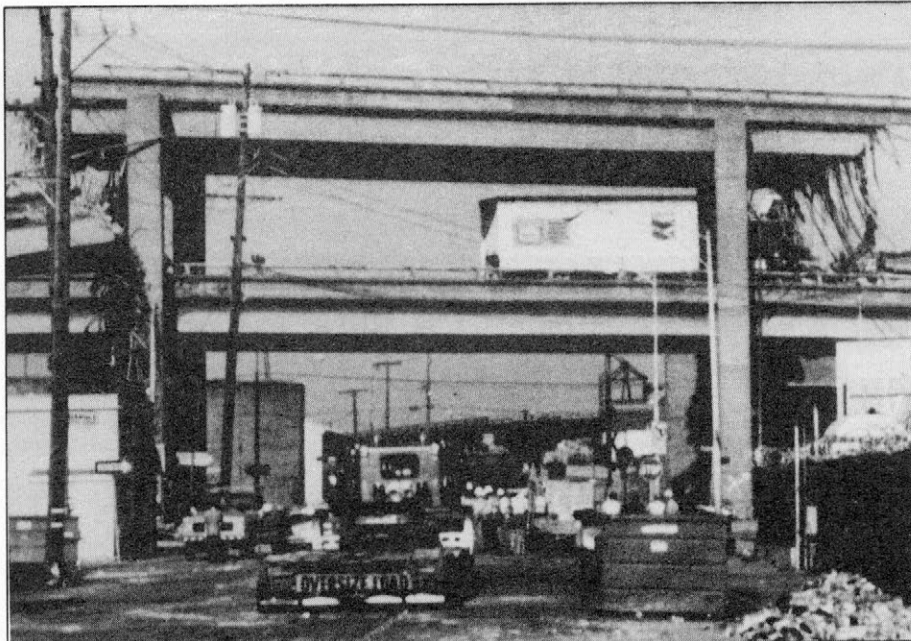
Največji pospeški tal, izmerjeni na postaji CSMIP v kraju Corralitos, neposredno nad prelomnico, so znašali $0,65\text{ g}$ ($g = 9,81\text{ ms}^{-2}$, pospešek prostega pada). V mestu Watsonville, ki leži kakih 10 km jugovzhodno od epicentra, je bila v okviru CSMIP instrumentirana štirietazna armanobetonska stenasta zgradba pošte. Instrumenti so na nivoju tal izmerili pospeške v velikosti $0,68\text{ g}$, na vrhu zgradbe pa celo $1,2\text{ g}$!

Seveda so bile vrednosti na mestnem območju San Franciscu precej manjše, vendar še vedno dovolj velike, da so povzročile poškodbe in rušenje objektov. Tako so registracije potresa na mednarodnem letališču v San Franciscu, ki so ga takoj po potresu zaprli, pokazale največje pospeške v velikosti $0,3\text{ g}$, medtem ko pospeški v samem mestu niso presegali vrednosti $0,15$ do $0,20\text{ g}$, odvisno od terena. Za primerjavo naj povem, da so bile novejšje zgradbe in nebotičniki v San Franciscu, med njimi znana »piramida«, projektirane za pospeške tal v velikosti približno $0,5\text{ g}$.

Posledice potresa

Glede na to, da je bil potres razmeroma močan, njegove posledice niti niso bile pretirano hude. Danes je znano, da je potres terjal 66 žrtev: 41 ljudi je izgubilo življenje pod ruševinami viadukta na cesti I-880, 25 pa na različnih drugih lokacijah, predvsem zaradi delnih porušitev starih zidanih zgradb. Nekaj sto ljudi je bilo ranjenih. Škoda na objektih, ki je predvsem posledica poškodb na infrastrukturi, je bila v desetih dneh po potresu ocenjena na 7 milijard dolarjev.

Potresni sunki so poškodovali in ustavili dve termoelektrarni s skupno močjo



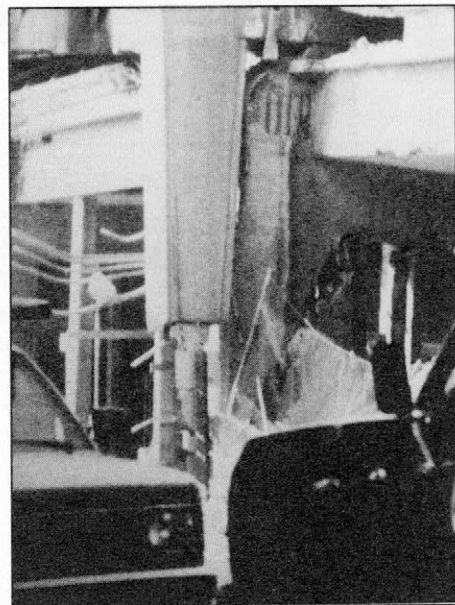
Slika 2. Oakland – na neporušenem delu viadukta na cesti I-880 je ostal ujet kamion.

950 MW, kar je imelo za posledico enodnevno zatemnitev San Franciscu. Do neke mere je bila izključitev električnega toka v mestu namerna, saj so se bali, da iskre na električnih stikalih ne bi povzročile vžiga plina, ki je uhajal iz pretrganih plinovodov. V mestu je bilo kljub temu 7 večjih požarov. Na srečo 17. oktobra ni bilo vetra (to se v San Franciscu sicer redko zgodi), tako da so bili požari čez noč že lokalizirani. Ocenjujejo, da bi ob običajnem vetru požare zaradi poškodovanega vodovoda težko obvladali.

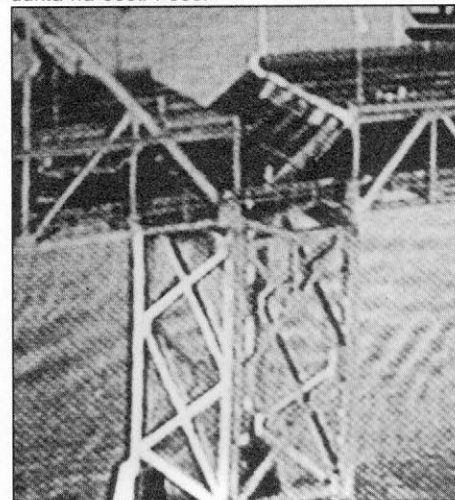
Takoj po potresu so zaprli mednarodno letališče v San Franciscu; ne toliko zaradi poškodb na terminalnih zgradbah in kontrolnem stolpu (poškodovani so bili predvsem sekundarni elementi: obloge in viseči stropi) kakor zaradi bojazni, da je potres poškodoval vzletno-pristajalne steze. Ko so dan po potresu letališke objekte pregledali in niso odkrili hujših poškodb, so letališče odprli. Razpoke v eni od letaliških stez pa so odkrili na letališču v Oaklandu.

Posledice potresa so bile najhujše zaradi poškodb in porušitev mostov in viaduktov. S celotnega po potresu prizadetega območja poročajo o 50 primerih poškodb, med katerimi je imela najhujše posledice porušitev približno 2 km dolgega dvonadstropnega viadukta avtoceste I-880 v Oaklandu, imenovane Nimitz Freeway (slika 2). Viadukt, ki je 32 let stara konstrukcija, se je porušil zaradi – po današnjih kriterijih potresno varnega projektiranja – nepravilno zasnovane, statično določene konstrukcije okvirov, ki nosijo obe vozišči. Stebri, ki nosijo zgornje vozišče, so bili pri nekaterih okvirih viadukta členkasto podprti zgoraj in spodaj. Na ta način se je projektant mislil izogniti poškodbam, ki bi nastale zaradi neenakih posredkov stebrov, ni pa pomislil, da bo konstrukcija ranljiva ob potresu (slika 3).

Ker se je na enem od vmesnih opornikov porušil tudi 21 m dolg odsek jeklenega



Slika 3. Oakland – tako so po potresu izgledali stebri, ki so nosili zgornje vozišče mostu viadukta na cesti I-880.



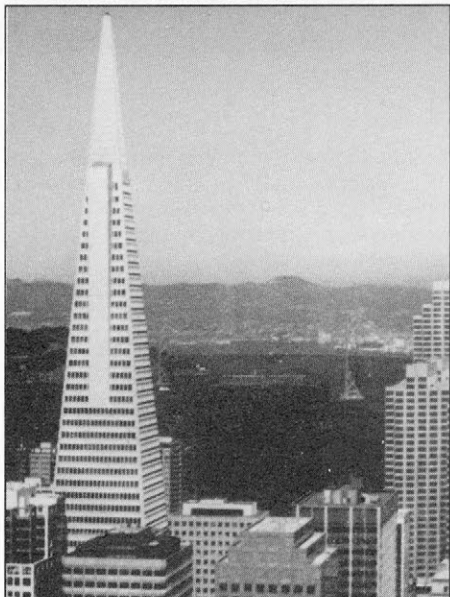
Slika 4. Porušitev dela mostu Bay Bridge na vmesnem oporniku (posneto med televizijskimi poročili).



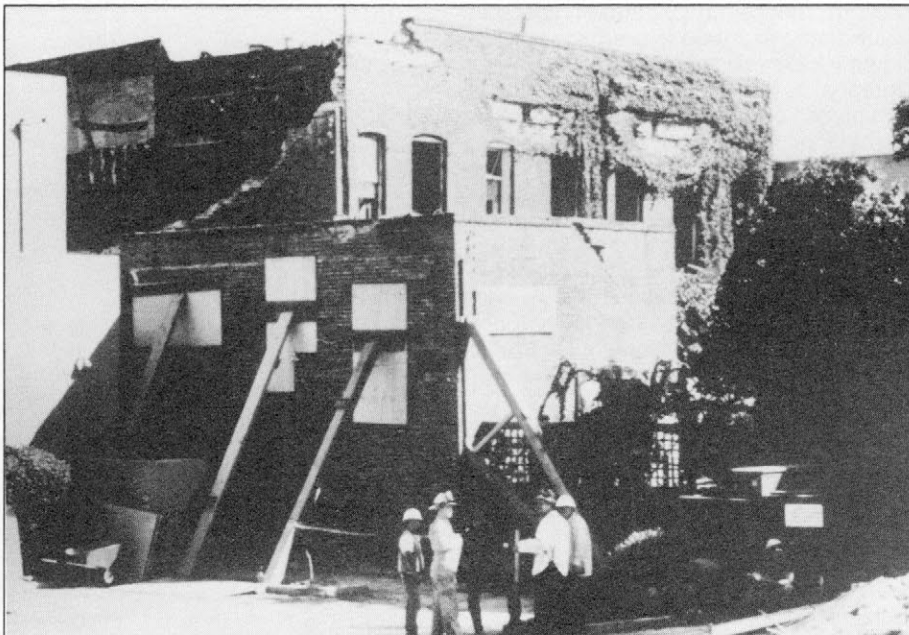
Slika 5. Marina – porušitev hiše lesene konstrukcije.



Slika 6. Santa Cruz – družinska lesena hiša je med potresom padla z lesenih podstavkov.



Slika 8. San Francisco – moderni nebotičniki so potres prestali brez najmanjše poškodbe.



Slika 7. Santa Cruz – zgornji, nepovezani del opečnega zidu je padel na ulico.

Zalivskega mostu (Bay Bridge, slika 4), ki omogoča najkrajšo povezavo med San Franciscom na eni in Oaklandom ter Berkeleyjem na drugi strani Zaliva San Francisco, bo promet čez zaliv ohromljen vsaj dva meseca, kolikor bo trajalo popravilo mostu.

Obali Zaliva San Francisco sta sicer povezani tudi s podzemsko železnico BART (Bay Area Rapid Transit), ki je potres ni poškodoval. Čeprav so bile v dneh po potresu vse proge sistema BART, ki povezujejo San Francisco z Oaklandom in Berkeleyjem, do kraja obremenjene, pa podzemna železnica ni mogla nadomestiti izgubljene cestne povezave. Da bi v San Franciscu lažje organizirali reševanje, so takoj po potresu priporočili prebivalcem, naj se v mesto čim manj vozijo z avtomobili, za nekaj dni pa so tudi prekinili delo v večini podjetij. Kaj je pomenila izguba najugodnejše cestne povezave, je bilo videti tisti dan, ko so ponovno odprli urade: mesto je bilo en sam prometni zamašek. Američani se brez avtomobilov očitno počutijo bolj nesrečne kot takrat, kadar ure svojega časa izgubljajo v prometni gneči, vendar v svojem avtomobilu.

Medtem ko sestavljajo pri nas večino stanovanjskega gradbenega fonda zidane zgradbe, so stanovanjske zgradbe v Ameriki večinoma lesene, z izjemo najbolj bogatih lastnikov, so družinske hiše na obrobju mest in na podeželju, lesene pa so tudi cele mestne četrti, vključno z večnadstropnimi stanovanjskimi hišami.

Lesene konstrukcije veljajo za najbolj solidne glede potresa. Potres v San Franciscu je pokazal, da je to sicer res, vendar je treba tudi pri lesenih konstrukcijah upoštevati določene pogoje. V četrti Marina, razmeroma bogati četrti mladih poslovnežev –yuppies– je potres porušil več tri- ali štirinadstropnih hiš. Do neke mere je k temu pripomoglo dejstvo, da je del četrti Marina zgrajen na slabih tleh, na materialu, nasutem po potresu leta 1906, vendar

porušitvam niso botrovala samo slaba tla. Vse porušene hiše so bile v pritličju oslabiljene, večinoma zaradi garaž; bile so brez elementov, ki bi lahko prevzeli vodoravne sile (slika 5).

Lesene družinske hiše so navadno brez kleti. Stojijo na lesenih podstavkih, približno pol metra dvignjene od tal. Predvsem v epicentralnem območju, kjer so bili pospeški tal razmeroma veliki (Santa Cruz in Watsonville), je več hiš padlo z nezavarovanih podstavkov – lesenih stebričkov. Hiše se pri padcu sicer niso porušile, so se pa precej poškodovale (slika 6). Veliko lesenih hiš je ostalo brez dimnikov, sicer pa so potres dobro prestale.

Pri porušitvi ali padcu lesenih hiš s podstavkov so se potrgale inštalacije. Zaradi potrganih plinovodov je v četrti Marina takoj po potresu zagorelo. Požare, ki so grozili, da se bo ponovila katastrofa iz leta 1906 (lesene hiše!), ko je mesto po potresu zgorelo do tal, so gasilci čez noč lokalizirali. Pravijo pa, da so imeli pri tem precej lažje delo, kot bi ga imeli, če bi bilo v San Franciscu vetrovno kot ponavadi.

Razmeroma slabo so jo odnesle zidane hiše v mestu Santa Cruz, zgrajene na začetku stoletja. Poškodbe so bile posledica klasičnih napak zidanih konstrukcij: opečni zidovi, sezidani iz dveh med seboj nepovezanih slojev opeke, so se razdvajali, ravno tako pa so se zaradi neustrezne povezanosti zidovja s stropi in strešnimi, največkrat ravnimi konstrukcijami odvajali posamezni deli zidov na vrhu zgradb in s svojimi padci povzročali dodatno škodo (slika 7) pa tudi smrtne žrtve med ljudmi. Poročajo, da je bilo v epicentralnem območju težko poškodovanih okrog 250 zidanih hiš.

Sicer pa so se visoke zgradbe v središču San Francisca zelo dobro obnašale. Seveda je bilo poškodovanih nekaj oblog in razbitih nekaj okenskih in izloženih šip,

60 vendar predvsem na zgradbah, ki so bile projektirane in zgrajene pred letom 1933, ko so v Kaliforniji začeli projektirati visoke zgradbe po načelih dinamike konstrukcij. Kot poročajo, pa na nebotičnikih, ki so bili zgrajeni po vojni, predvsem na tistih, pri katerih so že v fazi projektiranja vključevali dinamične analize in eksperimentalne raziskave, ni počilo niti eno samo okno (slika 8). To so zgradbe, ki so jih projektirali najbolj znani strokovnjaki kalifornijske univerze iz Berkeleyja. Na njihovih analizah in raziskavah se je cel svet učil, kako potresno varno projektirati in graditi. Zgradbe so prvi pravi preizkus prestale z oceno odlično.

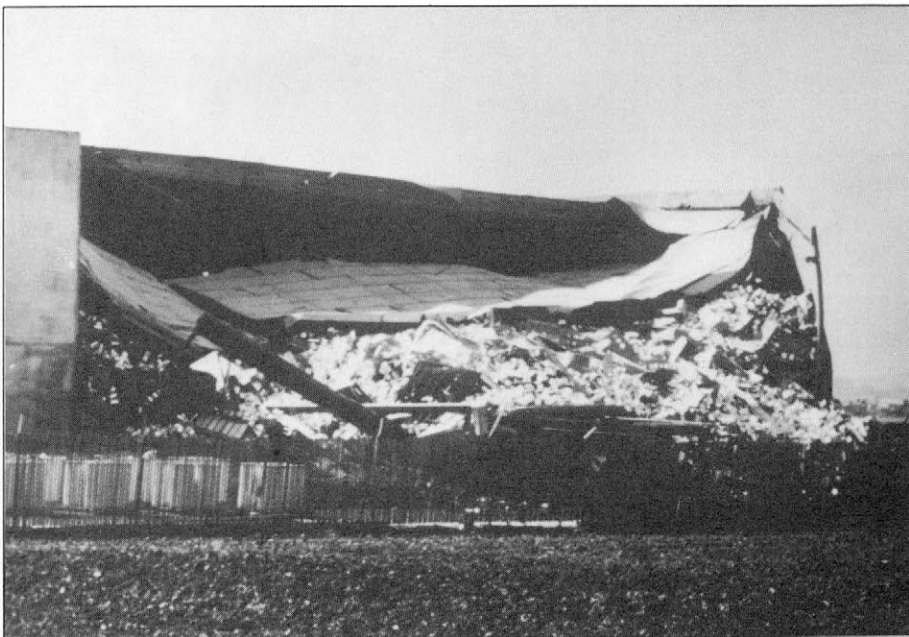
Poškodbam, predvsem porušitvam streh, pa se niso mogla izogniti skladišča in industrijske hale, pri katerih strešna konstrukcija ni bila ustrezno povezana in sidrana v glavno nosilno konstrukcijo. Kot zanimiva je prikazana porušitev skladišča v okolici Hollistra v samem epicentralnem območju (slika 9). Skladišče je novo, kritino pa nosijo leseni lamelirani nosilci. Vse kaže, da delne porušitve skladišča ni povzročilo neustrezno sidranje nosilcev, ampak je do padca strehe prišlo zato, ker je uskladiščeni material potem, ko je padal s polic, z bočnimi pritiski porušil stene.

Potres je bil dovolj močan, da je vplival tudi na tla oziroma na zemeljske objekte. Poškodb na nasutih zemeljskih pregradah ni bilo, z izjemo manjših razpok v nasipih nekaterih zasebnih namakalnih jezov. Bilo pa je več primerov likvefikacije z vodo nasičenih tal, predvsem tam, kjer so bile večje površine mestnega zemljišča pridobljene z zasipanjem zaliva San Francisco. Tako gre precej poškodb v četrti Marina na račun ojačanja potresa zaradi slabih, nasutih tal, nekaj pa tudi na račun same likvefikacije z vodo zasičenih temeljnih tal. V tem delu mesta je bilo opaziti razpoke v cestišču, predvsem pa so bile na več mestih očitne poškodbe vogalnih delov pločnikov (slika 10). Kot izjavljajo očividci, so posamezni deli cestišča med potresom valovali kot žolca, kar je na mnogih mestih povzročilo prelome asfalta ne prevleke.

Ponekod, predvsem v epicentralnem območju, so se sprožili manjši zemeljski plazovi. Tako so se manjše količine materiala vsule na ceste in povzročile zastoj v prometu. Slika 11 kaže porušitev nasipa na sprehajalni poti v središču mesta Santa Cruz.

Akcije za odpravo posledic potresa

V Kaliforniji se od leta 1971 sistematično pripravljajo na »veliki potres«. Ne samo v tehničnem smislu, tj. s stalnim prilagajanjem tehničnih predpisov dognanjem znanosti in z ojačevanjem objektov, ki modernim predpisom o potresno varnem grajenju ne ustrezajo, ampak tudi z neprestano vzgojo prebivalstva, še posebej pa



Slika 9. Hollister – porušitev skladišča zaradi bočnih pritiskov uskladiščenega materiala, ki je med potresom padel s polic.



Slika 11. Santa Cruz – porušitev nasipa na sprehajalni poti.

komunalnih služb (gasilcev, policije itd.), kako ravnati v primeru potresa. V proces pripravljanja na potres so vključeni že otroci v otroških vrtcih, šolarji, pa tudi odrasli, ki se po soseskah sami organizirajo v reševalne skupine. Tako rekoč vsi prebivalci kalifornijskega območja vsako leto preverjajo svojo pripravljenost na potres na praktičnih vajah, vlada (Zvezna agencija za obvladovanje nevarnosti in nesreč – Federal Emergency Management Agency) pa je za informiranost prebivalstva in za pripravljenost na potres veliko investirala. Pri tem ne gre le za nabavo opreme, ampak tudi za tiskanje številnih poljudnih brošur in priročnikov, kako ravnati v primeru potresa. Osnovna navodila za obnašanje med potresom so natisnjena tudi v telefonskih imenikih! Ocenjujejo, da so se v pripravljenost na

potres vložena sredstva med potresom 17. oktobra bogato povrnila. Ne le to, da objekti, ki so bili projektirani po strogih protipotresnih predpisih, niso utrpeli nikakršnih poškodb, ampak so takoj po potresu začele učinkovito delovati tudi vse službe za odpravo posledic. V operativnem štabu (Emergency Operation Center), ki ima stalni sedež v mestni hiši, so se takoj po potresu sešli župan, šef policije in predstavnik Pacific Gas & Electric (družbe za distribucijo plina in elektrike), ki so vodili celotno akcijo. Brez posebnega poziva se je v polni opremljeni na svojih mestih javilo več kot 300 gasilcev, ki v trenutku potresa niso bili v službi – po radiu in televiziji so izvedeli za potres.

V nekaj urah po potresu je Združenje splošnih gradbenih podjetij Kalifornije (Associated General Contractors) v koordini-



Slika 10. Marina – deformacija asfaltne prevleke pločnika.



Slika 12. Televizija je neprekinjeno poročala o posledicah potresa (posneto med televizijskimi poročili).

rani akciji z državnim Uradom za službe v primeru nevarnosti in nesreče (Office of Emergency Service) mobiliziralo vso potrebno težko mehanizacijo za reševanje na mestih, kjer je potres porušil gradbene objekte. V eni uri po potresu so že bili na delu težki stroji, kar je več kot dober dokaz, da so bile akcije, ki zahtevajo zahtevno koordinacijo med podjetji, predhodno dobro uvežbane.

Ljudje, ki so se znašli v neposredni bližini mest, kjer je potres zahteval žrtve, so takoj priskočili na pomoč. Pri tem so se predvsem izkazali prebivalci revne četrti Oaklanda, skozi katero poteka tisti del viadukta na cesti I-880, ki ga je potres porušil. Čeprav imajo ljudje četrt ob Cypress Street za eno od tistih, ki se ji velja zaradi kriminala izogniti celo podnevi, so njeni prebivalci že v prvih minutah po

potresu začeli reševati avtomobiliste, pokopane pod ruševinami viadukta – pa ne zato, da bi žrtve oropali! Vrednost človeka spoznamo v nesreči.

21 minut po potresu bi se morala na stadionu Candlestick Park začeti važna baseball tekma. Čeprav je 58 tisoč gledalcev močno občutilo potres, pa tudi stadion je bil poškodovan, so ljudje po navodilih policije zapustili stadion brez kakršnekoli panike. Napovedana tekma ima »zasluge«, da žrtev potresa ni bilo več: številni prebivalci San Francisca so si želeli tekmo ogledati pred televizorji, zato so odšli domov pred koncem službe. Spodnje vozišče viadukta na cesti I-880, ki bi moralo biti ob času potresa nabito polno iz službe vračajočih se ljudi, je bilo skoraj prazno. Tako so se prvotne ocene in poročila, ki so temeljila na običajni prometni gneči ob

času potresa in so govorila o 200, celo 61 400 možnih žrtvah samo na viaduktu, izkazala za pretirana.

Napovedana tekma je bila tudi »kriva«, da so o potresu in njegovih posledicah praktično isti trenutek začeli poročati tudi mediji, radio in televizija. Ker je bilo nad stadionom v zraku nekaj helikopterjev s snemalnimi kamerami, so šle že takoj po potresu v eter prve slike poškodb objektov (slika 5) in reakcij ljudi na potres. Ker je bilo kmalu jasno, da so posledice potresa hude, je televizija prekinila redni program in praktično do polnoči ni prekinjala poročil o potresu (slika 12) z reklamami, tako značilnimi za Ameriko. Že isti dan, predvsem pa naslednje dni, je televizija predvajala tudi amaterske posnetke očitilcev potresa. Da bi lahko gledalce čim bolj informirale, so številne televizijske postaje na območja, ki jih je potres najbolj prizadel, postavile mobilne oddajnike (slika 13).

Na vseh mestih, kjer so bile poškodovane stanovanjske hiše, je služba civilne zaščite v sodelovanju s policijo takoj ukrepala. Iz poškodovanih zgradb je začasno izselila ljudi, izpraznjena območja pa zavarovala pred vstopom nepoklicanih (slika 14). Ograje in straže so ostale toliko časa, dokler strokovne komisije niso ocenile stopnje poškodovanosti zgradb in možnosti za ponovno vselitev.

V četrti Marina v San Franciscu, kjer so se porušile edine stanovanjske hiše v mestu, so ogradili in izselili kakih 30 blokov hiš, med katerimi jih je bila večina praktično nepoškodovana. Potem ko so strokovne ekipe hiše v nekaj dneh po potresu pregledale in jih opremile s »spričevalom«, posebnim formularjem z oceno o stanju objekta, nalepljenim na vrata (slika 15), so se stanovalci, ki so se začasno naselili pri znancih, vrnili domov.

Podobno so ukrepali tudi v drugih mestih v epicentralnem območju (Watsonville in Santa Cruz), le da so tam nekaj ljudi začasno naselili pod šotori.

Na vseh mestih, kjer je prišlo do poškodb, so vzpostavili štabe civilne zaščite (kot bi temu rekli pri nas) in centre pomoči, ki so bili nameščeni bodisi v javnih objektih (šolah, gasilskih postajah) bodisi so bili mobilni (slika 16). Celotna akcija za odpravo posledic potresa je bila zelo učinkovita, glede na obseg poškodb na objektih pa najbrž ne bi bilo treba mobilizirati tolikšnega števila ljudi.

Vtis, ki so ga neposredno po potresu nudila tako mesta v epicentralnem območju kot tudi sam San Francisco, ni bil tak, kot smo ga bili navajeni po potresih, ki so prizadeli Jugoslavijo: medtem ko so po zraku krožili helikopterji in so množice policistov in civilnih gardistov stražile zaprta območja, kjer so bili poškodovani objekti (v katerih pa, razen v redkih primerih, ki smo jih opisali, ni bilo treba ukrepati in reševati), so množice ljudi z videokamerami in s fotoaparati poskušale za spomin zabeležiti vse, kar se je dalo videti. Za veliko večino ljudi, ki se jim med potresom ni zgodilo nič, je bilo vse skupaj le nekakšen »show« ali malo bolj resna vaja za pripravljenost na »veliki potres«.

62 Več prizadetosti je bilo videti na mestih, kjer so bile žrtve ali pa večja materialna škoda. Posebno tam, kjer so se ljudje morali izseliti iz poškodovanih hiš (pri čemer jim je civilna zaščita dala malo časa za evakuacijo najnujnejših stvari in dobrin), so se ljudje zbirali okrog štabov in predstavnikov oblasti ter nestrpno čakali na informacije o usodi njihovih domov.

Nauk potresa: pripravljenost na potres se izplača

Kot vsak močnejši potres je tudi potres Loma Prieta, ki je 17. oktobra 1989 prizadel Kalifornijo, strokovnjake, ki se ukvarjajo s to problematiko, nekaj naučil.

Kaj je naučil gradbenike, je težko odgovoriti, ne da bi prej podrobno analiziral potres kot pojav pa tudi obnašanje zgradb med potresom. S tem se zdaj ukvarjajo ameriški strokovnjaki, ki bodo nekaj odgovorov na zgornje vprašanje verjetno v kratkem objavili v strokovni literaturi in pojasnili na številnih strokovnih srečanjih, ki nas čakajo že prihodnje leto.

Nekaj pa le lahko ugotovimo, ne da bi potres in obnašanje zgradb podrobneje analizirali. Najbolj spodbudna je ugotovitev, da so konstrukcije vseh tipov, ki so bile projektirane in grajene po načelih potresno odpornega grajenja, potres prestale brez poškodb. To pravzaprav niti ne bi smelo biti presenetljivo, saj so bile računanane za precej večje potresne sile, kot jih je – po današnjih ocenah – povzročil potres 17. oktobra. Na tem mestu velja omeniti, da je že leta 1906 predpis v Kaliforniji zahteval, naj se pri dimenzioniranju vseh objektov upošteva vodoravna obtežba vetra oziroma potresa v velikosti $1,5 \text{ kN/m}^2$. Leta 1933 je predpis povečal vodoravno obtežbo na 10 % teže objekta, leta 1952 pa so začeli potresno obtežbo določati po načelih dinamike konstrukcij. Priporočila Applied Technology Council iz leta 1978 (ATC-3) še danes predstavljajo model predpisov za potresno odporno projektiranje konstrukcij.

Praktično vsem porušitvam in poškodbam, ki jih je povzročil potres, bi se lahko izognili, če bi bili objekti zgrajeni po danes veljavnih načelih potresno varnega grajenja. Kot je bilo videti, večino poškodb lahko razvrstimo med klasične primere posledic napak pri zasnovi celotnih konstrukcij oziroma posameznih detajlov.

Tu pa se takoj srečamo s problemom sanacije in ojačitve zgradb, ki so bile grajene pred uveljavitvijo aseizmične regulative in katerih pomanjkljivosti danes dobro poznamo. Pri tem ne gre samo za objekte visoke gradnje, pač pa tudi za objekte infrastrukture, kot je potres v San Franciscu tako dobro pokazal. V Kaliforniji se dobro zavedajo, da bo treba čimprej poskrbeti za ojačitev okrog 14 km mostov. Čeprav v Kaliforniji že nekaj let učinkovito poteka tudi akcija za obnovo in ojačitev



Slika 13. Marina – mobilna televizijska postaja je omogočila neposredni prenos dogajanj s prizadetega območja.

starih zidanih zgradb, so tudi na tem področju dela šele na začetku. Ironija usode je hotela, da je prav porušitev dela ene od zidanih zgradb, na kateri so izvajali protipotresne ojačitve, ki pa si jih začasno prekinili, terjala 5 človeških življenj!

Potres v San Franciscu je ponovno jasno odgovoril tudi na vprašanje v zvezi z dilemo: ali napovedovanje potresov ali potresno varno grajenje. Na območjih,

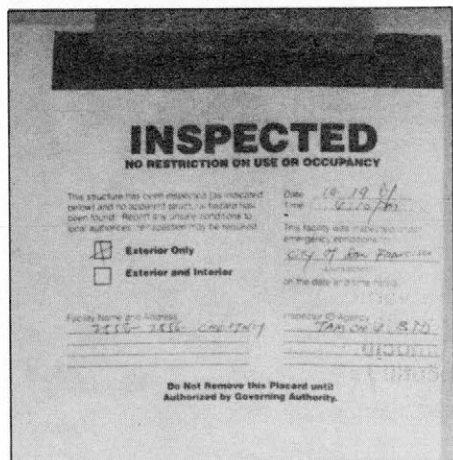
kjer lahko z veliko verjetnostjo pričakujemo močan potres, moramo graditi potresno odporne konstrukcije! Napovedovanje potresa moramo razumeti kot znanost, ki nam bo dala podatke o tem, kako močan potres lahko predvidevamo na danem območju in kakšne bodo njegove dinamične lastnosti, da bomo lahko pravilno ocenili velikost potresnih sil, s katerimi moramo računati pri projektiranju konstrukcij.



Slika 14. Marina – tako je policija ogradila in zastražila vse dohode do poškodovanih objektov.



Slika 16. Marina – tipičen izgled štaba civilne zaščite.



Slika 15. S takšnimi nalepkami so tehnične ekipe po pregledu opremile vse hiše (v primeru na sliki je ekipa ugotovila, da je hiša vseljiva).

Pozitivne posledice pripravljenosti na potres v inženirskem, tehničnem smislu – le-ta se kaže v pripravi in seveda upoštevanju tehnične regulative, ki ureja grajenje na potresnih območjih in tudi odreja, kaj storiti z objekti, ki so bili zgrajeni pred uveljavitvijo predpisov – so torej več kot očitne.

Potres v San Franciscu je tudi pokazal, kako važna je učinkovita služba za odpravo posledic potresa. Pri tem ni pomembno samo to, da je služba ustre-

žno organizirana, ampak je predvsem važno, da so vsi njeni člani, od štabov do reševalnih in strokovnih ekip, dobro izvežbani in pripravljeni na poseg v vsakem trenutku.

V San Franciscu, pa tudi na celotnem po potresu prizadetem območju je služba za odpravo posledic potresa, podobno kot nebotičniki med gradbenimi objekti, prestala izpit z oceno odlično.

Izpit so prestali tudi ljudje, ki niso izgubili razsodnosti niti v najbolj nevarnih trenutkih. Na to kaže obnašanje gledalcev na stadionu Candlestick Park, kjer bi panika med gledalci lahko imela katastrofalne posledice, pa tudi izjave številnih preživelih; med njimi je bila tudi oseba, ki je bila več dni vkleščena v avtomobil pod ruševinami viadukta. Ne nazadnje so se številni prebivalci mesta izkazali tudi pri nujenju prve pomoči ponesrečenim. Seveda lahko tudi pozitivne reakcije prebivalstva pripišemo vzgoji in stalni pripravljenosti na potres.

Upati je, da bo San Francisco enako uspešno, kot je preživel potres Loma Prieta, preživel tudi »veliki potres«, potres z magnitudo 8 po Richterju, na katerega se pripravlja.

1. Civil Engineering, december 1989.
2. Construction Today, št. 49, november 1989.
3. ENR News, The McGraw-Hill Construction Weekly, 26. 10. 1989.

4. Newsweek, Vol. 114, št. 18, 30. 10. 1989.
5. Time, Vol. 134, št. 44, 30. 10. 1989.

Miha Tomaževič

The San Francisco Earthquake of October 17, 1989

On October 17, 1989, a strong earthquake struck the San Francisco Bay Area. The earthquake killed 66 people and caused considerable damage to buildings. In the article, the basic data on the earthquake are presented and characteristic examples of damage to buildings are described. The actions to mitigate the consequences of the earthquake are described and the response of the media and people to the event is considered. The earthquake showed that earthquake preparedness pays off: the buildings designed and constructed according to the requirements of modern earthquakeresistant design resisted the earthquake without any damage. The well-trained emergency services worked remarkably well after the earthquake.