

EFFETTO TERREMOTO SUI MONUMENTI DI ROMA

FABRIZIO CANTELMÌ



Danni causati dai terremoti Funicello et alii 1998

I recenti eventi catastrofici nel Centro Italia, avvertiti anche dai romani, offrono lo spunto per ripercorrere la storia di millenni di attività tellurica a Roma attraverso le ferite inferte ai suoi monumenti. Infatti, nonostante la modesta sismicità della Capitale, è indubbia la fragilità del suo patrimonio monumentale e la necessità di azioni di manutenzione e di prevenzione, di fronte al pericolo di danni disastrosi per effetto di eventi lontani. Tra gli esempi, il confronto dello stato di conservazione delle due Colonne imperiali, Traiana e Antonina e l'analisi dei danni subiti dal Colosseo che, per la sua mole, rappresenta il testimone principale della storia sismica di Roma.

Gli ultimi eventi sismici hanno risvegliato l'attenzione sul problema della fragilità del nostro patrimonio monumentale e sulla necessità di azioni di prevenzione, anche in zone prive di sismicità locale, quale Roma, ma che possono subire danni di un certo rilievo per effetto di eventi lontani. Analizzando i cataloghi sia storici sia strumentali della sismicità del territorio italiano, è possibile osservare come l'area romana sia stata sempre interessata da una sismicità di modesta intensità, localizzata nelle immediate vicinanze. La città ha risentito, tuttavia, dei forti terremoti delle aree limitrofe che hanno provocato, nel corso della sua lunga storia, ingenti danni all'edificato urbano, sia storico sia di recente costruzione.

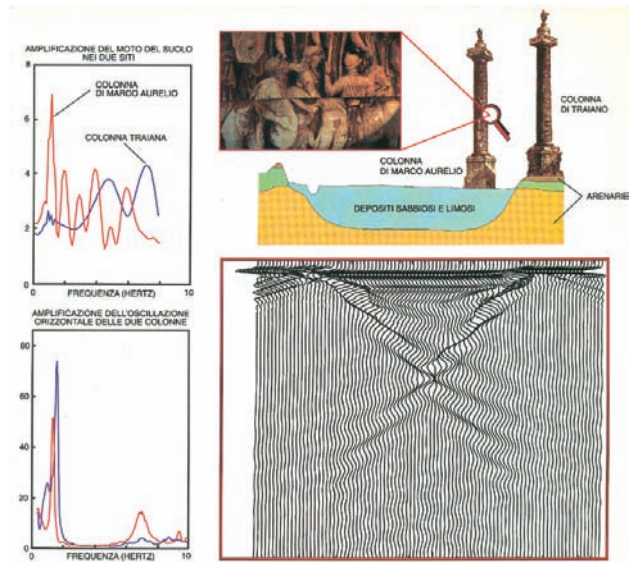
Fonti epigrafiche e documentali testimoniano come la città, per effetto dei forti terremoti che si sono verificati in passato lungo la catena appenninica, abbia subito danni importanti con risentimenti fino al VII-VIII grado d'intensità della scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg (Mcs). I maggiori danni su Roma sono stati causati dal terremoto del 1091 e dagli eventi drammatici con epicentro nell'Aquilano (nel 1349 e nel 1703) e nel Fucino (nel 508 e nel 1915). Il territorio roma-



Colonna Antonina, i rocchi dislocati

no, che un tempo fu sconvolto da un'intensa attività vulcanica, si trova attualmente in fase di riposo in quanto i distretti vulcanici che lo contornano (Cimino-Vicano-Sabatino a NO e Laziale a SE) hanno "scaricato" tutte le potenzialità eruttive almeno 20.000 anni fa. Invece, dal punto di vista tettonico rappresenta una regione giovane, non ancora in equilibrio e, pertanto, soggetta a fenomeni di assestamento. Nella catena appenninica tuttora in continua trasformazione si genera un'energia che, liberatasi, si propaga attraverso onde sismiche che, se di discreta intensità, possono raggiungere il sottosuolo di Roma.

Il primo terremoto di cui si abbia notizia certa è quello avvenuto nel 461 a.C. descritto da Tito Livio; statisticamente si è riscontrato che nell'Agro romano si sono verificati eventi sismici di una certa rilevanza almeno una volta ogni 200 anni (anche se appare assodato che nessun terremoto sia stato veramente catastrofico). Le fonti storiche ne riportano descrizioni, anche se non sempre affidabili, sia dell'ampiezza del fenomeno sia dell'esatta ubicazione geografica. Molti dei templi e delle costruzioni dell'antica Roma hanno subito nei secoli danneggiamenti e distruzioni dovuti a terremoti: il fenomeno sembrava inspiegabile, data la natura estremamente "soffice" del substrato alluvionale su cui poggiano molti di questi edifici, e per verificare la stretta correlazione tra i caratteri geologici del territorio e gli effetti del sisma l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (in seguito INGV, ndr) ha condotto

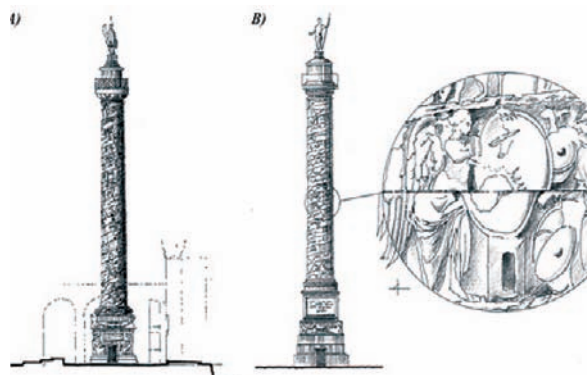


Modo di vibrazione del suolo e delle colonne, sismogramma sintetico del sottosuolo delle colonne

uno studio particolareggiato sui quartieri romani. Le analisi hanno dimostrato che i danni più rilevanti sono localizzati sui terreni sedimentari recenti, mentre sui terreni più rigidi i danni sono di minore entità.

LE COLONNE IMPERIALI

Una conferma della diversa trasmissione nel sottosuolo di Roma delle onde sismiche provenienti da eventi tettonici degli Appennini (distanti oltre 100 Km) si ottiene confrontando lo stato di conservazione delle due Colonne imperiali: la Traiana (113 d.C.) e quella di Marco Aurelio (193 d.C.), detta anche Antonina. Queste colonne, sono molto simili: situate a circa 700 metri in linea d'aria, ambedue sono costituite da tre parti – base, fusto e capitello – sono pressoché coeve e presentano configurazioni strutturali simili. Uguale la tecnica costruttiva (rocchi cilindrici di marmo bianco di Luni aventi altezza 150 cm, diametro 360 cm, peso 30 tonnellate circa) e l'altezza (circa 40 m), l'unica piccola differenza è che il fusto della colonna Traiana è leggermente rastremato verso l'alto, mentre quello della colonna di Marco Aurelio è perfettamente cilindrico. Due strutture di circa 1000 tonnellate, eguali per costruzione ma appoggiate su terreni con caratteristiche geologiche differenti: la colonna di Traiano poggia direttamente sulle arenarie in quanto, per allargare l'area del Foro, si operò uno sbanamento della sella (alta 30 metri) che congiungeva il Quirinale con il Campidoglio; la colonna



Colonne Traiana e di Marco Aurelio - Di Francesco 2008



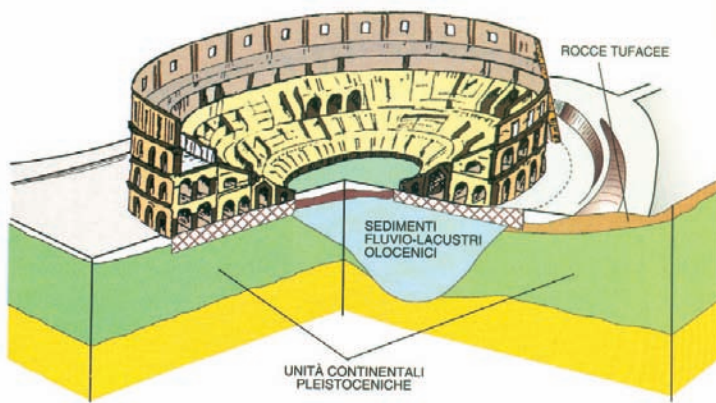
Colonna di Traiano

di Marco Aurelio, invece, poggia su depositi sabbiosi e limosi di notevole spessore. Per verificare la stretta connessione tra natura geologica del suolo e propagazione del sisma, l'INGV ha condotto un'indagine mediante simulatori elettronici applicati a un modello bidimensionale che riproduceva la situazione geologica della Valle del Tevere. Lo studio di questi "sismogrammi sintetici" ha evidenziato l'effetto valle, ossia la diffrazione delle onde di superficie ai bordi della valle con conseguente formazione di treni di onde locali che restano intrappolati entro la valle. Inoltre ha dimostrato che la presenza di un soffice strato superficiale che poggia su un basamento rigido amplifica il moto creando un picco nella frequenza compresa fra 1,2 e 1,5 Hertz (quindi pressoché coincidente con la frequenza di risonanza della valle del Tevere). Ebbene, non casuali appaiono gli spettacolari disallineamenti di alcuni rocchi a metà circa della colonna di Marco Aurelio, provocati da eventi sismici. Dalle simulazioni numeriche effettuate si ottengono sismogrammi sintetici che evidenziano una forte amplificazione del moto del terreno nel sito della colonna di Marco Aurelio, provocata dallo strato a bassa velocità costituito dai depositi alluvionali della valle del Tevere. Purtroppo il periodo di risonanza dello strato è pressoché uguale a quello del modo fondamentale di vibrazione della colonna stessa. Durante i terremoti la colonna di Marco Aurelio è quindi eccitata da uno scuotimento sensibilmente amplificato nella banda della frequenza propria

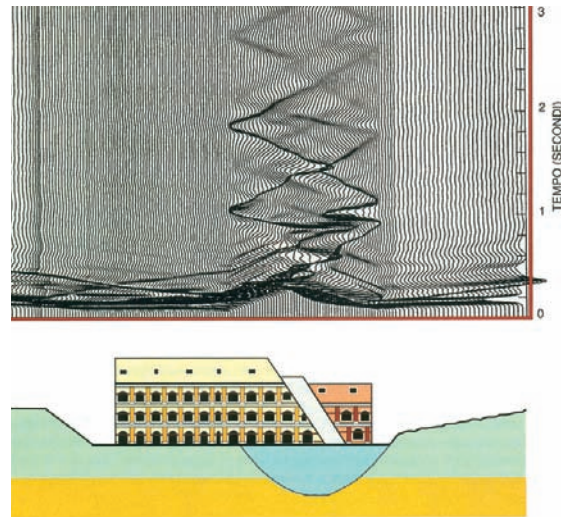
della colonna, per cui anche sollecitazioni di moderata entità possono produrre effetti rilevanti. Al contrario il sito della colonna di Traiano, su terreni più rigidi, non è soggetto ad alcuna amplificazione locale del moto. Il sisma che ha danneggiato la colonna di Marco Aurelio all'altezza del nono rocchio è quello che ha interessato l'Italia centro-meridionale nel 1349. A Roma ha prodotto numerosi danni ad altri edifici storici, quali il campanile della Basilica di S. Paolo; la Torre dei Conti (crollo della parte superiore), il Colosseo (crollo della cerchia esterna meridionale) e la Basilica Costantiniana di S. Pietro (tetto e atrio).

IL COLOSSEO

L'Anfiteatro Flavio, inaugurato nell'anno 80 d.C., rappresenta il testimone principale della storia sismica di Roma avendo subito, per la sua mole, tutti gli effetti dei terremoti che hanno interessato l'area romana. Già in epoca imperiale (443 d.C.) l'edificio subì seri danni, come ricorda un'epigrafe "Decio Mario Venanzio, prefetto della città, patrizio, console ordinario restaurò a proprie spese l'arena e il podio che la sciagura di uno spaventoso terremoto aveva abbattuto". Ma pochi anni dopo (484 d.C.) un altro sisma provocò ancora danni. Il Colosseo è costruito in parte in corrispondenza di una limitata depressione che ha ospitato il corso d'acqua di uno dei numerosi affluenti di sinistra del Tevere. Si tratta del Fosso Labicano che, procedendo parallelamente all'omonima via, s'immetteva, sino all'inizio dello svi-



Da sinistra: - Sottosuolo del Colosseo - Sismogramma sintetico del sottosuolo del Colosseo



luppo urbanistico della città, nel Velabro Maggiore, un affluente di ordine maggiore che confluiva direttamente nel Tevere. La scelta del sito è stata, infatti, determinata dalla morfologia naturale messa a disposizione dal Fosso Labicano, sbarato verso NW dal piccolo Colle della Velia che collegava il Palatino al Colle Oppio. I contorni di questa morfologia si sono purtroppo perduti a causa degli sventramenti degli anni Trenta del secolo scorso, che hanno fatto perdere anche il senso dell'originale forma della città imperiale. Il gomito del Fosso Labicano aveva avuto, comunque, già dai romani un'utilizzazione scenografica artificiale. Sbarato appena più a valle, era stato ridotto a piccolo bacino lacustre sul quale si affacciavano residenze di rilievo (tra cui la neroniana "Domus Aurea"). Il monumento, oltre che delle sistematiche spoliazioni e improprie utilizzazioni succedutesi negli anni dal Medioevo sino al diciottesimo secolo, ha risentito degli effetti di scuotimento dovuti ai terremoti provenienti dall'Appennino centrale almeno in quattro documentati eventi: nel V secolo, nel IX secolo nel 1349 e nel 1703. Ad ogni scossa l'anfiteatro ha subito danneggiamenti più o meno gravi, ciò sia per la gran mole del manufatto, sia per la consistenza del substrato di fondazione su cui poggia. Una campagna di sondaggi effettuati dall'INGV e dalle Università di Roma Tre e "La Sapienza" ha consentito di ricostruire i principali caratteri geologici e geotecnici del sottosuolo nell'area del Colosseo. Sono soprattutto le disomogeneità

delle caratteristiche fisiche del terreno di fondazione a minare la stabilità del pesante manufatto. Il Colosseo, infatti, risulta costruito su una base naturale che presenta un forte contrasto tra il settore settentrionale, fondato sui solidi terreni tufacei, e quello meridionale che poggia sui sedimenti alluvionali del vecchio Fosso Labicano. Da ciò si deduce facilmente come la parte meridionale dell'edificio sia la parte più vulnerabile; i maggiori danni, infatti, si sono ripetuti in questa zona. I crolli d'intera spalle della costruzione convinsero i romani ad abbandonare l'anfiteatro (si aggiunse così ai disastri naturali, l'opera di spoliazione operata dall'uomo per recuperare le stoffe di bronzo e interi blocchi lapidei). Una simulazione numerica, effettuata dall'INGV, dell'incidenza di un'onda sismica impulsiva ha consentito di visualizzare gli effetti indotti sul moto del suolo dalle eterogeneità degli strati geologici sottostanti il Colosseo. I sismogrammi sintetici evidenziano come la bassa velocità di propagazione delle onde sismiche nei sedimenti non consolidati del bacino provochi ampiezze del moto più elevate e uno scuotimento più prolungato nei terreni soffici. Poiché la parte del monumento più danneggiata si trova in corrispondenza delle aree dove lo scuotimento orizzontale risulta fortemente amplificato, la geometria e le caratteristiche meccaniche delle unità geologiche sottostanti appaiono determinanti per lo stato di conservazione.

[l'articolo segue a p. 21 >](#)

>> segue da p. 12

EFFETTO TERREMOTO SUI MONUMENTI DI ROMA



Carta geologica sintetica del Vaticano.
In azzurro i depositi alluvionali

LA BASILICA DI S. PIETRO

La prima Basilica fu costruita nel 324 d.C. dall'imperatore Costantino sul terreno di sedime del Circo di Caligola (completato da Nerone) perché nella adiacente necropoli era stato sepolto S. Pietro. L'antica chiesa subì danneggiamenti in occasione dei vari terremoti (e delle incursioni barbariche) che colpirono Roma. Catastrofiche conseguenze subirono il campanile e la facciata durante il terremoto del 1349: l'edificio divenne pericolante tanto che il Papa, al ritorno da Avignone (1377), fu costretto a procedere alla demolizione della vecchia chiesa e alla costruzione di una nuova Basilica di S. Pietro. Il progetto della nuova struttura variò durante la realizzazione, con l'avvento dei diversi papi e dei numerosi artisti di fama chiamati a dirigere i lavori (Bramante, Michelangelo, Maderno, Bernini). In base all'esperienza acquisita dallo studio dei danni subiti dalla vecchia basilica, costruita in buona parte su lembi alluvionali, i vari progettisti cercarono di ancorare le nuove fondazioni sul solido substrato costituito dalle "marne vaticane", intaccando il Colle Vaticano. Anche in corso di costruzione furono necessari cambiamenti e riprogettazioni ogni volta che la stabilità dell'opera appariva compromessa. È il caso delle due torri campanarie progettate dal Bernini alle estremità della facciata (quindi verso il Tevere e poggianti, di conseguenza, su depositi alluvionali): dopo le crepe create alla base della prima torre in costruzione, il progetto fu radicalmente mutato (1670) per non appesantire le strutture verso il Tevere.

CONCLUSIONI

Come abbiamo visto dall'antichità la storia di Roma ha registrato una lunga serie di terremoti che hanno colpito l'Appennino centrale e che hanno contribuito a modificare in modo sensibile il paesaggio urbano della Capitale, provocando danni consistenti su numerosi edifici civili e su monumenti di grande rilievo.

Pur in presenza di un quadro normativo in materia di miglioramento sismico dei monumenti, esiste una certa disattenzione a livello politico che determina un livello di manutenzione scarsa o spesso assente nei confronti della sicurezza strutturale dei monumenti romani. Per scongiurare gli effetti catastrofici delle scosse sismiche su un patrimonio artistico e architettonico di immensa portata, occorrono scelte politiche che tengano conto dei risultati delle ricerche scientifiche e che le sostengano e applichino con investimenti ingenti per una vera e propria "cultura della prevenzione".

Concludo ricordando le parole di Seneca e la sua fiducia nel valore della conoscenza di fronte ai fenomeni della natura, tratte dalla sua opera "Questioni naturali":

"Gioverà anche mettersi nella disposizione d'animo che gli dei non fanno niente del genere e che gli sconvolgimenti del cielo e della terra non sono le conseguenze della collera divina: questi fenomeni hanno le loro cause ... Per noi che ignoriamo la verità, sono terribili tutti i fatti la cui rarità accresce la nostra paura ... Poiché la causa del nostro timore è l'ignoranza, non vale la pena di sapere, per non avere più paura?"