

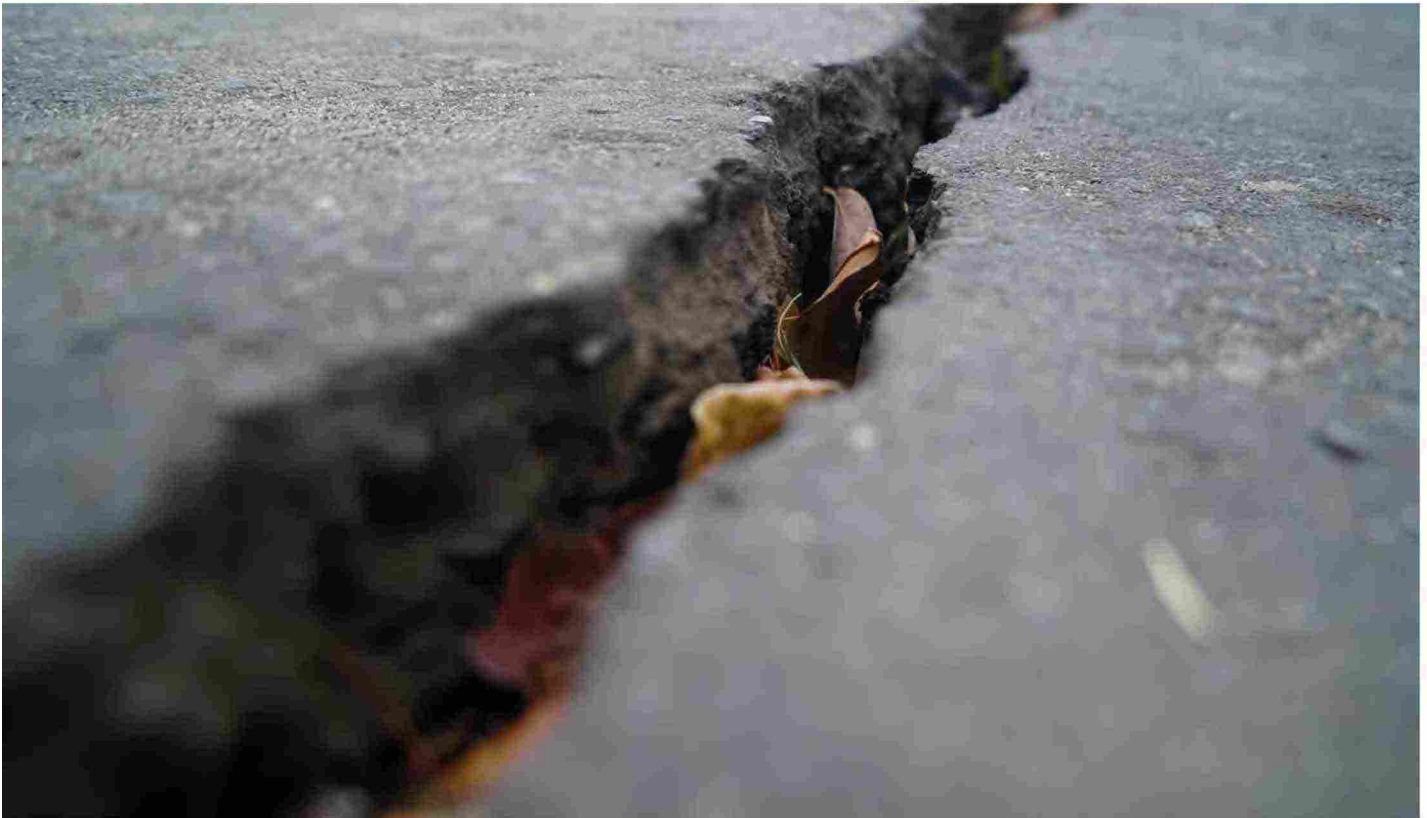
SICUREZZA SISMICA |

**“Una maggiore conoscenza del sisma, per la corretta progettazione del consolidamento strutturale”**

Intervista a Massimo Mariani, Consigliere del CNI

PAG. 8

SICUREZZA SISMICA | INTERVISTA



# “Una maggiore conoscenza del sisma, per la corretta progettazione del consolidamento strutturale”

*Intervista a Massimo Mariani, consigliere CNI, delegato alla cultura, referente per il Centro Studi, Geotecnica, Rischio Idrogeologico e Sismico, Consolidamento e Restauro degli Edifici, Divulgazione Scientifica*

DI PATRIZIA RICCI

**È** del primo agosto scorso, la notizia della nomina di **Massimo Mariani**, tra i massimi esperti del settore in Italia e all'estero in materia di consolidamento e restauro di edifici, nel **Comitato scientifico dell'ECPFE** (*European Centre on Prevention and Forecasting of Earthquakes* - Centro europeo per la prevenzione e la previsione dei terremoti). Mariani, già presidente dell'Ordine degli Ingegneri della provincia di Perugia e dell'ECCE - Consiglio Europeo degli Ingegneri Civili, **fa parte del Comitato Tecnico-Scientifico per il Sisma in Italia centrale** per il Commissario Straordinario per la Ricostruzione.

Titolare dello Studio per le Ricerche Applicate a Perugia, Mariani ha da sempre coniugato la sua attività professionale con lo studio e la ricerca sul campo, convinto che la progettazione non possa che nascere dalla conoscenza del sisma e della sua complessità e dalla ricerca applicata sul campo. Lo abbiamo incontrato per parlare della sua recente nomina e per fare il punto sullo stato della ricerca nazionale e internazionale.

**Mariani, un riconoscimento internazionale di grande prestigio. Come ha accolto la notizia della nomina nel Comitato Scientifico dell'ECPFE?**

“Questa nomina è un riconoscimento alla ricerca scientifica e professionale che svolgo fin dall'inizio della mia professione. È un premio che non va solo a me, ma anche alla tradizione della ricerca italiana in questo settore, quello dell'ingegneria sismica applicata, all'avanguardia nel mondo per il ripetersi dei sismi disastrosi sul nostro territorio con cadenze periodiche. Lo studio e l'attenzione verso i fenomeni sismici e l'aver partecipato alle ricostruzioni di molti dei sismi che si sono verificati in Italia, a partire dal disastro del 1976 in Friuli, quando ero ancora studente, fino a quelli più recenti, ha fatto nascere in me alcuni dubbi sull'interpretazione comune del sisma. Quella che all'inizio era una sensazione, negli anni, con il terremoto in Valnerina del 1979, in Irpinia nel 1980, in Umbria-Marche nel 1997, a L'Aquila nel 2009, in Emilia nel 2012 ed ancora in Umbria-Italia Centrale nel 2016, si è trasformata nella consapevolezza che qualcosa non stesse funzio-

nando nell'ambito della decodificazione del sisma e che si dovesse, invece, ricorrere a uno studio di sistemi di lettura diversi che tendono a una codificazione basata su osservazioni scrupolose ed effettive degli edifici e delle tracce che i sismi lasciano sulle strutture murarie (mi interessano prevalentemente di murature). Da queste convinzioni, molto attinenti alla realtà dei fenomeni applicati, è derivata una serie di pubblicazioni che stanno permeando all'interno del nostro mondo scientifico e che riguardano alcuni aspetti finora ignorati o scarsamente considerati. Proprio queste pubblicazioni nazionali e internazionali hanno suscitato l'attenzione del Centro ECPFE, che mi ha voluto nel Comitato Scientifico”.

**Quanto contano la professione e l'esperienza professionale in questo ambito?**

“La professione non può distinguersi dalla ricerca scientifica perché è ricerca applicata. Negli anni, attraverso lo studio dei sismi verificatisi, è maturata in me la certezza dell'impossibilità di determinare un fenomeno così distruttivo come

il terremoto proprio perché complesso. Per questo, l'analisi continua dei fenomeni non può ridursi ad una valutazione fisico-matematica dei sistemi ma deve assolutamente contenere gli aspetti intuitivi e decodificativi dell'accaduto. Tutto quello che si traduce in modellazione deve aver ricevuto un contributo fondamentale legato alle realtà e alle evidenze dei dissesti, alle analisi degli aspetti di degrado fessurativo, all'instabilità dei luoghi e a tutto ciò che giustifica il danno. Il concetto di 'memoria dell'accaduto, memoria del danno' subito dagli edifici è un fattore molto importante e spesso poco tenuto in considerazione. Ma è sul campo che si riescono a verificare gli effetti di una sovrapposizione di danni che hanno lasciato la propria testimonianza nel tempo sulle strutture. Questo fattore è fondamentale dal punto di vista esecutivo e anche nella ricerca. Purtroppo l'attuale concetto di valutazione del danno si rifà a schemi di identificazione strutturale sul nuovo che non tengono conto della storia dell'edificio nel tempo e delle sue cicatrici. In questo modo si corre il rischio di analizzare come

## L'ECPFE

*L'ECPFE è un organismo del Consiglio d'Europa che opera nell'ambito dell'accordo EUR-OPA sui Grandi Rischi (EUR-OPA Major Hazards Agreement). Il Centro è ospitato e gestito presso la sede dell'Organizzazione greca per la pianificazione e la protezione dei terremoti (EPPO - Earthquake Planning And Protection Organization) che fornisce personale al centro e sostiene la maggior parte delle sue attività. In base a questo accordo, il Comitato Scientifico sono nominati dal governo greco, sulla base delle proposte avanzate dal Consiglio d'Europa. L'obiettivo principale dell'ECPFE è la promozione della mitigazione dei terremoti. Per l'attuazione dell'obiettivo, il Centro promuove attività transeuropee con altre CE con temi di interesse simili, quali la tutela del patrimonio culturale, la riduzione della vulnerabilità sismica delle strutture e la gestione delle emergenze, l'istruzione e la formazione tramite di e-learning, l'informazione pubblica, la prevenzione e previsione dei terremoti, che rientrano tra le principali attività del centro. Il ruolo del Comitato Scientifico è quello di sostenere le politiche del Centro nei confronti della prevenzione e della protezione sismica.*





nuovi edifici composti da pannelli murari orizzontali e verticali che non hanno più una funzione strutturale efficace, che hanno perso la propria dignità materica, sia per vetustà, sia per problemi di accumulo del danno. Tutto il panorama edilizio italiano, nella sua spontaneità e bellezza, è costituito da un'edilizia che ha accumulato i segni dell'accaduto e del danno di cui dobbiamo tenere conto".

**I suoi studi e del suo gruppo di lavoro hanno puntato l'attenzione sulla negatività della componente verticale del sisma (accelerazione verticale) e sulle sollecitazioni impulsive Jerk sulle strutture, finora ignorati. Ci spiega l'importanza di questi contributi ai fini di un'analisi completa delle sollecitazioni prodotte da un sisma sulle strutture e, conseguentemente, anche del tipo di danni e delle possibili migliori tecniche nella ricostruzione?**

"Come ho già detto, dallo studio e dalla lettura dei terremoti e dei loro effetti sulle strutture di 'disgregazione muraria' e di 'memoria del danno', ho maturato l'idea di un processo di decodifica del sisma che uscisse dall'ambito puramente fisico-matematico con il quale siamo soliti schematizzare i sistemi strutturali: una decodifica basata sulla Meccanica Classica, che poco si adatta alle strutture esistenti, in particolare quelle murarie, nella fase di recupero o di rafforzamento. Il terremoto, invece, è l'espressione palese del Caos: è imprevedibilità reale le cui rappresentazioni sono frattali rispondenti solo a una Geometria non Euclidea. In particolare, tornando alle strutture murarie (ma vale anche per le strutture di ogni genere), queste, scosse dal sisma, subiscono processi caotico-dissipativi di carattere sempre deformativo-plastico. Ogni scuotimento e ogni impulso producono effetti irreversibili sulle strutture esistenti, estranei sempre o quasi all'elasticità. Gli scuotimenti e le deformazioni plastiche generano appunto una 'memoria del danno' subito, 'disgregazione muraria', 'effetti di fatica', 'isteresi', espressioni del sisma che sono legate non solo all'aspetto ondulatorio orizzontale ma anche, e talvolta soprattutto, agli effetti della sua componente verticale.

Argomenti questi, che attualmente la normativa vigente, per merito di qualche figura illuminata, consente di inserire nella progettazione come elemento implementativo di danno. Non c'è solo questo, insieme al collega Francesco Pugi e al mio gruppo di ricerca in studio, abbiamo affrontato l'argomento della 'negatività della componente verticale' in maniera sistematica conseguendo risultati che hanno avuto riscontro sul campo e che ormai sono oggetto di pubblicazioni nazionali e internazionali. Recentemente, sulla componente sismica verticale sono stati pubblicati studi originati dalla lettura del comportamento fisico di edifici murari esistenti sottoposti a terremoti. Si è trovata un'ottima corrispondenza fra danni realmente rilevati ed effetti della compo-

nente verticale. Questi studi hanno seguito il corretto approccio: dalla realtà all'interpretazione analitico/progettuale [1].

È peraltro opportuno accennare a qualche tentativo di ridimensionare l'importanza degli effetti della componente sismica verticale sulle costruzioni in muratura. Si tratta di conclusioni dedotte da casi particolari di costruzioni ignorando le configurazioni più vulnerabili: con tali presupposti, ogni generalizzazione risulta inappropriata e fuorviante rispetto alla definizione del corretto approccio ingegneristico su consolidamento e recupero edilizio. Pertanto, ogni progettista potrà valutare gli effetti della componente sismica verticale sul proprio caso specifico, considerandola un elemento di progettazione con medesima dignità di tanti altri parametri: potrà così rilevarne l'importanza ove necessario, evitando pericolose sottovalutazioni. Oltre alla componente sismica verticale, ci siamo interessati anche ad un altro fattore che ritengo sarà uno degli argomenti della futura ricerca nei confronti del sisma, ovvero gli **effetti delle sollecitazioni impulsive Jerk sugli edifici**. Il Jerk, derivata prima dell'accelerazione sismica e terza dello spostamento, finora scarsamente considerato nell'ingegneria sismica ma ben noto nella meccanica, è la **componente fondamentale delle azioni impulsive corrispondenti al contenuto in alta frequenza del moto sismico**. In pratica, abbiamo indagato il susseguirsi continuo delle variazioni di accelerazione per intensità e per direzione nel corso dell'evento sismico, che produce impulsi, martellamenti e scuotimenti, etc. Questi impulsi, nelle strutture in muratura, generano crisi locali delle connessioni, fenomeni disgregativi e accumulo del danno con riduzione progressiva della duttilità e si concentrano nei punti di congiunzione ovvero nei nodi verticali e orizzontali tra pareti interne ed esterne oppure tra solai e pareti. La considerazione di questo fenomeno comporta una grande attenzione nei riguardi del

possibile consolidamento e della progettazione ex novo, in particolare, in corrispondenza di questi punti".

**"CONOSCERE PER COMPRENDERE E COMPRENDERE PER PROGETTARE"**

Il riferimento alle azioni sismiche impulsive è contenuto nella Normativa Tecnica vigente: D.M. 17/01/2018, Circolare n.7 del 21/01/2019 e documenti collegati, tra cui le "Istruzioni per la valutazione della Robustezza delle Costruzioni" (CNR-DT 214/2018). "Come sono solito ripetere - continua Mariani - in merito all'importanza della ricerca applicata sul campo, occorre "conoscere per comprendere e comprendere per progettare". "Fortunatamente, oggi, in Italia, ci sono tre o quattro tavole vibranti che riproducono i terremoti avvenuti vibrando in maniera spaziale, tenendo conto anche degli effetti del Jerk. Importante anche lo studio fatto insieme a Pugi, in concomitanza con i precedenti, **sulla importanza della componente verticale del sisma vicino e lontano dalla sorgente del sisma**. Avendo analizzato tutte le registrazioni sismiche disponibili dal 1976 ad oggi, abbiamo evidenziato come la componente verticale non sia forte o predominante solo in vicinanza dell'epicentro del sisma ma abbia una sua dignità anche a distanza. Un altro mito da sfatare è dunque quello di una diversa progettazione vicino o lontano dalla sorgente, che implica il tenere sempre in conto la componente verticale del sisma. Tutte queste evoluzioni - gli effetti della componente verticale, sempre rilevante, e del contenuto impulsivo dell'accelerazione sismica - si impongono in modo chiarissimo osservando il tracciato tridimensionale del vettore accelerazione. Il groviglio, ben noto al mondo accademico fin dagli inizi del '900, evidenzia l'andamento spaziale delle forze inerziali e la loro rapida variazione. Sorprende quindi che questi aspetti siano stati praticamente dimenticati, e anche per questo il nostro gruppo di Ri-

cerca si impegna con ogni sforzo per divulgare questi contenuti, attualizzandoli alla realtà progettuale presente".

**Qual è lo stato della ricerca in ambito sismico a livello internazionale e nazionale?**

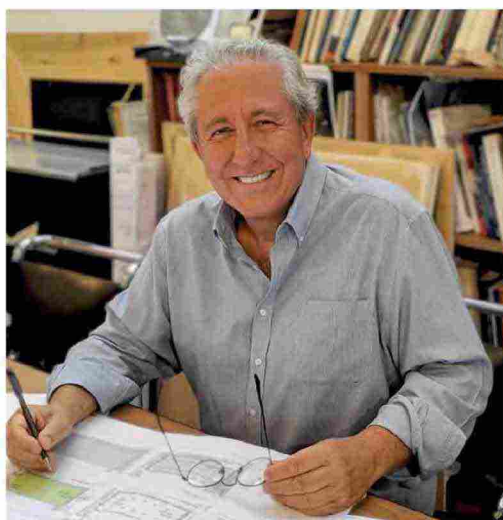
"La ricerca in ambito sismico è molto avanzata, in particolare in Italia. Tuttavia, a mio parere, in ambito accademico si dovrebbe accogliere, molto di più di quanto viene fatto, la ricerca applicata esterna. Bisogna dare vita ad un sistema che non divulghi un sapere solamente dottrinale e settoriale ma universale. Questo credo possa essere considerato il difetto attuale. Per fortuna, il mondo dell'industria e talvolta anche l'esperienza professionale sul campo producono tecniche e tecnologie che vanno in ausilio degli aspetti modellativi della ricerca, e che nel tempo si sono mostrate efficaci. I modelli fisico matematici debbono servire nella verifica delle strutture, mentre il progetto è figlio dell'ideazione del professionista che attinge all'esperienza, alle tecniche e alle tecnologie che il mondo industriale fornisce.

Quello che posso dire, data la mia pluriennale esperienza con i terremoti, è che nel tempo l'ingegneria ha vinto! E che gli interventi del passato hanno funzionato ed hanno permesso di salvare tante vite e di questo dobbiamo essere fieri. Non si parla abbastanza dell'apporto fornito dall'ingegneria nella salvaguardia delle vite umane. A conferma di questo, basti pensare all'esempio della città di Norcia, che dopo aver subito ben 8 terremoti, uno dei quali di energia elevatissima, con magnitudo momento pari a 6,5 ( $M_{w}$ ), non ha subito perdite di vite umane a seguito dell'ultimo terremoto. Ciò è dovuto al percorso di miglioramento strutturale sismico avviato dai concittadini dopo il terremoto del 1859 e con i terremoti successivi del 1979, 1997 e 2009. Nel tempo quindi l'ingegneria ha apportato il proprio contributo".

**Da esperto nella ricerca applicata alla professione, alla luce della sua lunga esperienza e degli studi e ricerche fatte sul campo, quali sono le nuove tecniche di intervento per il consolidamento e il restauro degli edifici esistenti e la tutela e la salvaguardia del territorio?**

"Per quanto riguarda il consolidamento, sulla base di quanto detto sulla memoria e l'accumulo del danno, dobbiamo cercare di ridare dignità strutturale all'edificio, in particolare alle pareti portanti. Perché il processo della disgregazione muraria è la principale causa del crollo degli edifici. Come dico sempre, non si muore a causa del momento flettente, dello sforzo tagliante, degli sforzi normali o combinati, si muore a causa della disgregazione muraria. Più per gli effetti dovuti alla complessità, che alla meccanica classica. Noi progettisti da sempre esprimiamo le stesse ipotesi sia per il nuovo che per il vecchio edificato, mentre il patrimonio di edilizia muraria tra-

dizionale del nostro Appennino, non rispetta le regole del nuovo ma segue le regole del Caos che giustificano la disgregazione muraria. Il confronto tra numerosi eventi distruttivi ha evidenziato che le murature sono state sempre disgregate, sono "frante" su se stesse invadendo tanto i propri sedimi originari, che gli ambiti esterni. I paesi distrutti non mostrano più le proprie caratteristiche urbanistiche, i loro tracciati viari originari: le macerie sono sparse ovunque, invadendo tutto. Occorre quindi fare in modo che le strutture portanti possano ridiventare elementi resistenti ai quali poter applicare le sollecitazioni, affrontando il tema principale della "rigenerazione muraria", cioè delle tecniche d'intervento per conferire nuovamente alle strutture una capacità inerziale efficace. Dal punto di vista preventivo, un cenno importante desidero rivolgerlo al monitoraggio degli edifici, un campo dove si evidenzia la rilevanza del Jerk. Attualmente il parametro rappresentativo del danno strutturale indotto su un edificio monitorato viene identificato con lo spostamento orizzontale relativo fra due piani consecutivi dell'edificio, misurato in tempo reale attraverso software che processano i dati registrati da accelerometri posizionati a diversi livelli dell'edificio. Per le strutture in muratura, molto rigide e caratterizzate da crisi di tipo fragile, questo parametro appare meno consistente rispetto al rilevamento del Jerk. I rilevatori di Jerk triassiali, oggi disponibili, possono incrementare la qualità dell'informazione acquisita, con indiscutibili vantaggi nei confronti della rapida definizione di scenari di danno, uno dei principali obiettivi del monitoraggio sismico". Nei tanti contributi messi a disposizione della comunità scientifica e dei colleghi, frutto del percorso di studio e di ricerca di Mariani, vengono proposte una serie di soluzioni per il consolidamento strutturale finalizzate al rinforzo tridimensionale dei collegamenti e al miglioramento della resistenza delle murature, al fine di migliorare la capacità resistente nei confronti delle più frequenti cause di crisi per gli edifici esistenti legate ai fenomeni posti in evidenza nel corso dell'intervista.



Massimo Mariani

**REFERIMENTI**

[1] "The effect of ground motion vertical component on the seismic response of historical masonry buildings: The case study of the Banloc Castle in Romania" - Nicola Chieffo, Marius Mosoarca, Antonio Formisano, Paulo B. Lourenço, Gabriele Milani. "Effect of the ground vertical component on a rubble masonry wall" - Domenico Liberatoro, Luigi Sorrentino, Omar Al-Shawa, XIX Convegno ANIDIS/XVII ASSISI Conference, 2022.