

EDIFICI IN MURATURA: REALTA', MODELLI E INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Lo scorso 24 maggio si è tenuto ad Amandola, organizzato dall'Ordine degli Ingegneri di Fermo, il **Convegno Sisma Centro Italia: Ricostruire come e quando**, cui Aedes Software ha partecipato in qualità di sponsor.



Il Convegno ha visto la partecipazione di oltre 400 professionisti (ingegneri, architetti e geometri), e sono stati trattati molti temi, sia di tipo amministrativo e gestionale (riguardanti le pratiche sulla messa in sicurezza degli edifici e l'inizio dei progetti di ricostruzione e riparazione), sia di tipo tecnico-progettuale, con una analisi dell'accaduto ed approfondimenti sui metodi di studio e di intervento.

Nell'ambito della sezione tecnica del Convegno, l'Ing. Francesco Pugi ha presentato l'intervento: **"Edifici in Muratura: realtà, modelli ed interpretazione dei risultati"**.

E' [disponibile a questo link il video](#) con il testo integrale dell'intervento, di cui riportiamo nel seguito una sintesi.

Per un qualsiasi intervento di consolidamento, sia di riparazione o ricostruzione, sia preventivo nel caso di edificio non danneggiato, il percorso progettuale si articola in tre fasi che si intersecano fra di loro:

1. la **Realtà** si distingue in attuale e di progetto:

- la realtà attuale è la fase iniziale del percorso progettuale, è lo stato di fatto dell'edificio; se danneggiato dal terremoto: la costruzione reale con le fessurazioni, i cedimenti e gli eventuali crolli manifestati;

- la realtà di progetto è la fase finale del percorso progettuale: il progetto di consolidamento a cui si giunge dopo aver analizzato l'edificio e messo a punto idonee tecniche di intervento.

2. Il **Modello** è lo schema architettonico e poi strutturale dell'edificio, a cui viene associato un modello fisico/matematico, che descrive il comportamento sia dello stato attuale, che di progetto. Questa fase comprende l'analisi strutturale, su modello globale o su porzioni dell'edificio.

3. **Interpretazione dei risultati:** è la fase che permette di valutare correttamente i risultati dell'analisi dello stato attuale, per definire gli interventi, e dello stato di progetto, per asseverare che questi interventi hanno posto in sicurezza l'edificio.

Per inquadrare l'attività progettuale nelle zone interessate dal sisma 2016 in Centro Italia, nelle Ordinanze recentemente emanate (aprile 2017: "Misure per il ripristino con miglioramento sismico e la ricostruzione di immobili ad uso abitativo gravemente danneggiati o distrutti dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016") si definiscono alcuni parametri operativi fondamentali.

Anzitutto, gli **Stati di danno**, che individuano le fasce di danneggiamento entro cui si collocano gli edifici resi inagibili dal sisma, e si articolano in:

Stato di danno 1: danno inferiore o uguale al "danno lieve",

Stato di danno 2: danno superiore al "danno lieve" e inferiore o uguale al "danno grave",

Stato di danno 3: danno superiore al "danno grave" e inferiore o uguale al "danno gravissimo",

Stato di danno 4: danno superiore a "danno gravissimo",

dove la qualifica di gravità dei danni è descritta in dettaglio attraverso l'analisi di lesioni, schiacciamenti, presenza di crolli significativi, distacchi tra strutture verticali ed orizzontamenti, pareti fuori piombo, cedimenti in fondazione, distacchi localizzati fra pareti portanti ortogonali.

Dalle **Carenze costruttive** discende poi in modo diretto il **Grado di vulnerabilità** che può essere Alto, Significativo o Basso.

Dalla combinazione fra Grado di vulnerabilità e Stato di danno, deriva il **Livello operativo**, cui corrisponde il tipo di intervento previsto (figura seguente).

23 **GRADI DI VULNERABILITA' – LIVELLI OPERATIVI**

Analisi delle carenze → Grado di vulnerabilità
dalla combinazione: STATO DI DANNO + GRADO DI VULNERABILITA'
→ LIVELLO OPERATIVO, con associato il TIPO DI INTERVENTO:

	Stato di danno 1	Stato di danno 2	Stato di danno 3	Stato di danno 4
Vulnerabilità Basso	L0 RL	L1 M	L2 M	L4 DRA
Vulnerabilità Significativa	L0 RL	L1 M	L3 M	L4 DRA
Vulnerabilità Alta	L0 RL	L2 M	L3 M	L4 DRA

RL = RAFFORZAMENTO LOCALE
M = MIGLIORAMENTO
DRA = DEMOLIZIONE/RICOSTRUZIONE/ADEGUAMENTO

Amandola (FM)
24 Maggio 2017

Kimia Aedes
CONVEGNO SISMA CENTRO ITALIA
RICOSTRUIRE come e quando
ordine degli ingegneri della provincia di Fermo

- **Livello operativo L4.** Demolizione, ricostruzione o adeguamento sismico . Interventi che riguardano demolizione, ricostruzione di edifici parzialmente crollati o interessati da danni gravissimi estesi a tutte le strutture oppure adeguamento sismico ai sensi della norme tecniche vigenti (NTC 2008).
- **Livello operativo L1, L2, L3:** miglioramento sismico. Interventi finalizzati a raggiungere una capacità di resistenza alle azioni sismiche ricompresa entro i valori minimi e massimi del 60% ed 80% di quelli previsti per le nuove costruzioni.
- **Livello operativo L0:** rafforzamento locale.
Più in generale è inoltre previsto l'intervento di riduzione di vulnerabilità di un edificio, qualora siano presenti carenze costruttive.

Per le analisi dello Stato di fatto e dello Stato di progetto degli edifici in muratura svolgono un ruolo fondamentale anzitutto gli studi sulla **qualità muraria** e sui possibili **meccanismi di collasso**. Infatti le analisi globali, tipo la pushover, pur importanti, hanno significato realistico solo se tutti i collegamenti (fra pareti ortogonali e fra pareti e solai) sono efficaci e possono garantire un comportamento scatolare dell'edificio.

Dopo un'illustrazione della metodologia relativa all'Indice di Qualità Muraria, i modelli presentati nel corso dell'intervento dell'Ing. Pugi si sono riferiti prevalentemente ai cinematismi, ed in particolare è stata presentata un'applicazione molto interessante. Considerando un **caso reale di danneggiamento sismico**, la realtà del quadro fessurativo piuttosto ampio che coinvolge tutta la facciata di un edificio è stata simulata da un modello del software PCM attraverso cinematismi composti fuori piano (ribaltamento) e nel piano.

In casi di questo tipo, questa metodologia di interpretazione del danno riesce a descrivere il fenomeno reale senza necessariamente ricorrere alle analisi di resistenza, quali la pushover, ma semplicemente **osservando e riproducendo nel modello i meccanismi dovuti al distacco progressivo di porzioni della struttura**.

40 **ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE**
COMPORTAMENTO MISTO NEL PIANO E FUORI PIANO

FORMAZIONE DI CUNE DI ROTAZIONE PER AZIONE NEL PIANO DELLE MURATURE

ola (FM)
io 2017

Kimia Aedes
CONVEGNO SISMA CENTRO ITALIA
RICOSTRUIRE come e quando

L'intervento dell'Ing. Pugi è stato completato da una rassegna di alcuni importanti studi recentemente condotti con Aedes.PCM su **edifici monumentali**, focalizzando anche in questi casi l'importanza dello **studio dei possibili cinematismi a partire dai quadri fessurativi rilevati**.

Bibliografia di riferimento

- [1] M. Mariani: Trattato sul consolidamento e restauro degli edifici in muratura, DEI, Roma, 2012
- [2] Manuale delle Murature Storiche, Direttore Scientifico: A. Borri, Collana Centro Studi Sisto Mastrodicasa, DEI, Roma, 2011
- [3] G. Cangi. M. Caraboni, A. De Maria: Analisi strutturale per il recupero antisismico, DEI, Roma, 2010
- [4] F. Clementi, S. Lenci: I compositi nell'Ingegneria Strutturale, Esculapio, Bologna, 2009
- [5] Regione Marche, Università degli Studi dell'Aquila, ITC-CNR: Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura, L'Aquila, 2007
- [6] G. C. Beolchini, G. Di Pasquale, L. Gizzarelli (P.C.M. Dip. Prot. Civile, Università dell'Aquila): La valutazione delle prestazioni sismiche di strutture esistenti in cemento armato: indicazioni dalle linee guida NEHRP, 2002
- [7] Regione dell'Umbria: Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici, a cura di Francesco Gurrieri, DEI, Roma, 1999