

RISCHIO SISMICO: PREVENZIONE E RICERCA APPLICATA

Laura Porro e Giovanni Cavanna*

Abstract

Nel fondamentale spostamento d'attenzione da 'previsione' a 'prevenzione' dei terremoti, un filo conduttore lega ricerca, progettazione degli edifici e gestione delle emergenze. Di fronte a fenomeni spesso improvvisi e devastanti, è necessario potenziare la ricerca e costruire adeguatamente, per salvaguardare incolumità delle persone e aumentare livello e percezione di sicurezza.

In tale ottica ITC-CNR ha realizzato un impianto sperimentale innovativo per simulazione delle azioni sismiche su facciate continue in scala reale e analisi del comportamento prestazionale, pre e dopo sisma.

Seismic Risk: Prevention and Applied Research

Within the fundamental shift of focus from 'forecast' to 'prevention' of earthquakes, there is a common thread linking together research, building design and emergency management.

When facing often sudden and devastating phenomena, it is necessary to strengthen research and build properly, with the aim of protecting people's safety and increasing both the level and perception of security.

In this context ITC-CNR has developed an innovative experimental facility for the simulation of seismic actions of curtain walls and full-scale analysis of the performance behaviour, before and after the earthquake.

Dalla 'previsione' alla 'prevenzione' dell'evento sismico

Il recente sisma che ha colpito gravemente il Centro Italia rinnova purtroppo ancora una volta l'attualità della tematica cui è dedicato il monografico *Terremoto e terremoti*, concepito come occasione di riflessione e di riconoscimento internazionale nel quarantennale del terribile evento che sconvolse il Friuli. L'attualità della tematica va di pari passo con la necessaria multidisciplinarietà di approccio sottostante, in quanto le problematiche connesse agli eventi sismici sono da analizzare e da affrontare secondo un approccio integrato.

* ITC-CNR (Istituto per le Tecnologie della Costruzione, Consiglio Nazionale delle Ricerche).

La sinergia e gli approfondimenti tra discipline del sapere solo apparentemente lontane in questo argomento sono infatti essenziali, superando una distinzione ormai datata tra discipline umanistiche e scientifiche. Basti pensare a quanto sia fondamentale nella prevenzione sismica la forte interrelazione tra molteplici componenti di diversa afferenza: variabili sociologiche (ad es. la percezione del rischio sismico nella collettività o la formazione di una cultura della prevenzione), aspetti tecnici (ad es. la mappa sismica nazionale integra da un lato misure strumentali e modelli altamente scientifici e dall'altro lato una base costituita da un catalogo storico millenario), risvolti normativi (ad es. le ricadute operative delle leggi vigenti), risposte tecnico/scientifiche (ad es. le soluzioni avanzate di progettazione antisismica), fattori economici, decisionali e politici (ad es. le scelte economiche di indirizzo e pianificazione edilizia, territoriale ed infrastrutturale oppure la gestione delle emergenze ex post) ed anche tematiche legate al mondo dell'informazione (ad es. l'impatto derivante dai nuovi mezzi di comunicazione nelle dinamiche di «*early warning*») (Manfredi, Catino, Panza).

Sottolinearne la multidisciplinarietà significa anche rapportarsi con il dialogo continuo tra variabili fisiche e meccaniche complesse e variabili culturali e socio-economiche, entrambe le quali influenzano sia le scelte a livello generale e politico di indirizzo (es. pianificazione territoriale e volontà politica), sia le scelte delle singole persone e delle micro-comunità (es. la volontà di ritornare o non ritornare ad abitare in un luogo colpito dal sisma).

In quest'ottica diventa fondamentale spostare il centro dell'attenzione dalle tematiche della 'previsione', seppur in sé di grande rilevanza nella ricerca scientifica, a quelle della 'prevenzione'. Poiché in buona approssimazione la sismicità afferisce alla categoria dei sistemi complessi non lineari e con influssi di carattere probabilistico di fisica statistica, mentre proseguono gli studi sulle capacità predittive e relativi algoritmi (Marzocchi), al contempo diventa fondamentale non solo attuare delle azioni preventive operative specifiche, ma soprattutto tendere a costruire una più ampia 'cultura di prevenzione'. La prevenzione tende infatti alla riduzione al minimo dei futuri impatti, mentre la previsione si concentra sul carattere predittivo degli effetti attesi; pertanto si potrebbe dire che il loro legame avvenga attraverso la logica del «prevedere per prevenire» (Cubeddu).

Previsionalità e prevenzione, qualora unite, generano consapevolezza e inducono pertanto effetti molto forti a livello sociale, con cambiamenti strutturali su decisioni politico/finanziarie e sullo stile di vita delle persone, come la creazione di piani di valutazione dei beni e delle possibili perdite (certamente umane ed economiche, ma non solo, anche culturali, storiche, artistiche), l'impostazione di piani operativi di gestione dell'allerta e dell'emergenza, e la strutturazione di politiche continuative di interventi di costruzione antisismica sul

territorio. Si ricorda, a titolo di esempio, il nuovo appello sottoscritto da ricercatori, professori universitari e tecnici del settore rivolto alla classe politica per il varo di uno strutturato e continuativo “Piano di Manutenzione e Prevenzione Antisismica” in occasione del terremoto che ha devastato attualmente il Centro Italia (UNICMI), al fine del superamento di azioni ex post legate alle fasi di emergenza, per quanto significative ma di carattere contingente (come il recente preannuncio dell’introduzione di detrazioni fiscali supplementari in caso di *upgrading* degli interventi edilizi di adeguamento antisismico).

Ricerca, progettazione degli edifici, norme e gestione delle emergenze: un filo conduttore

È necessario pertanto un approccio integrato, con un filo conduttore unico che unisca ricerca, norme, progettazione degli edifici e gestione delle emergenze, e che consenta di conseguenza di orientare in modo efficace la risposta di una collettività all’evento sismico perturbativo.

Questa riflessione è chiaramente visibile anche nell’analisi storica delle conseguenze dei terremoti nei diversi paesi del mondo, in cui si evidenziano rilevanti differenze tra le nazioni coinvolte e persino nelle aree territoriali o nelle singole regioni di ogni paese, come ben visibile ad esempio in Italia. Spesso infatti i dati sull’intensità sismica di dettaglio e sulla magnitudo rilevata evidenziano come diversi terremoti presentino caratteri di una certa assimilazione dal punto di vista fisico, mentre al contrario i danni risultino fortemente differenziati, in termini di numero di vittime, di crolli e di persone alloggiate in strutture provvisorie, e di conseguenze edilizio-socio-economiche impattanti sul territorio, il tutto in funzione delle specificità delle aree di volta in volta colpite dall’evento sismico, delle condizioni e del singolo momento storico (INGV).

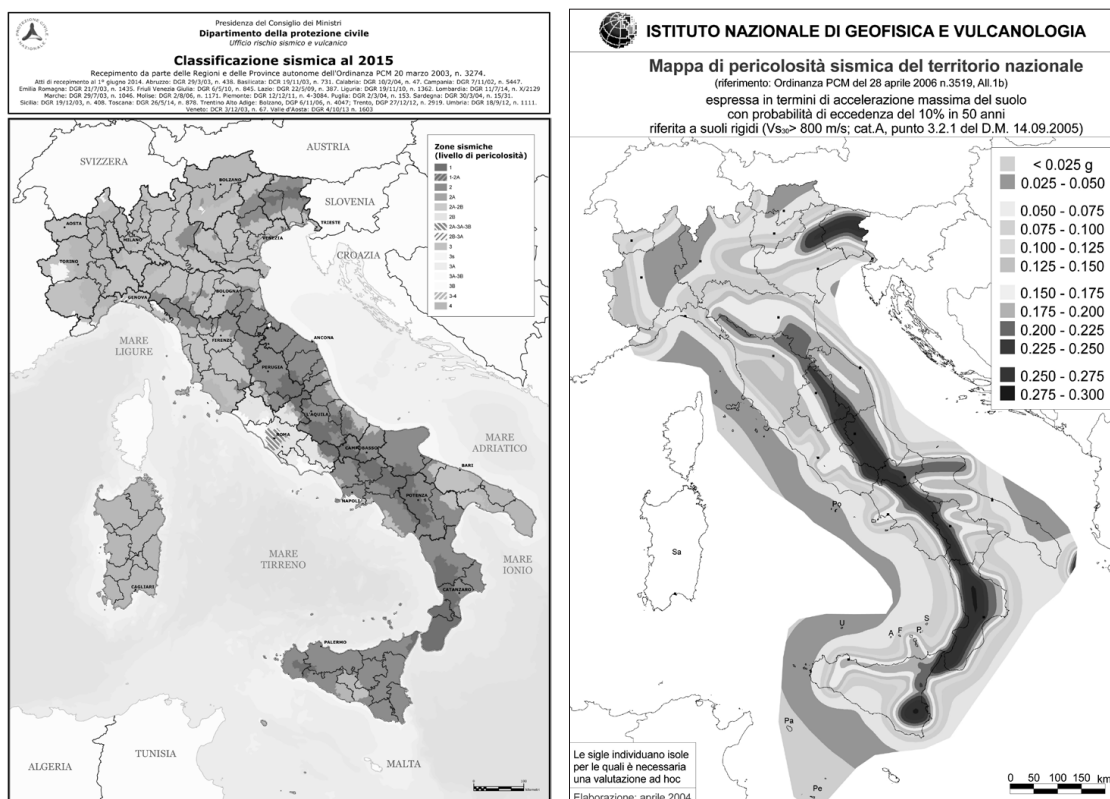
Molto infatti dipende anche da influssi derivanti dall’organizzazione operativa, sociale e culturale delle zone colpite, a seconda della differente ‘percezione del rischio sismico’ e della capacità del sistema di rispondere in maniera adattativa all’evento perturbativo. La considerazione ricorda la definizione di «stress massivo collettivo» (Kinston e Rossner) e le linee di ricerca in ambito psicologico che hanno teso a legare le fasi di impatto e distruzione dell’evento perturbativo alle fasi di emergenza e ricostruzione, sottolineandone il carattere processuale e includendo gli aspetti di riorganizzazione del sistema e di capacità di risposta delle collettività ai disastri, nella dimensione della promozione di una cultura del senso di comunità (Lavanco, Manfredi).

Ad esempio il rapporto tra danni prodotti e intensità sismica sul nostro territorio nazionale è risultato in certi casi molto più elevato di aree caratteriz-

zate da sismicità maggiore quali California o Giappone, tenendo in conto sia l'eccezionale patrimonio storico e artistico italiano, sia la presenza di una gran parte di edifici preesistenti costruiti con criteri non di tipo antisismico. In termini di popolazione, diventa importante considerare anche che in Italia attualmente circa il 40% della popolazione vive in zone ad alta o media sismicità (zone 1 e 2, che comprendono 708 e 2345 Comuni), il 27% in zone a medio-bassa sismicità (zona 3, 1560 Comuni) e il 33% in zone a bassa sismicità (zona 4, 3.488 Comuni) (Siviero, Leone, INGV). Tutto il territorio nazionale senza esclusioni è classificato infatti dal 2004 quale sismico (fig. 1), seppur con caratteristiche differenti di pericolosità e probabilità di accadimento, e quindi quattro conseguenti livelli diversi di classificazione sismica e ulteriori «micro-zonazioni» di dettaglio¹, testimonianza di un cambiamento di approccio fondamentale, che finalmente attribuisce al rischio tellurico la dovuta importanza (INGV, Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Protezione Civile, Gazzetta Ufficiale, Vitale).

Un ruolo decisivo è giocato in questo dall'evolversi del panorama istituzionale, giuridico, costruttivo e politico al contorno, come si è ben visto in Italia, particolarmente soggetta a cambiamenti e stasi sul sistema di leggi e istituzioni, spesso in stretta relazione emotiva con gli specifici eventi sismici. Il panorama normativo nazionale si è purtroppo quasi sempre evoluto 'a valle', come risultato delle esperienze negative maturate dopo disastri, e non invece come politica preventiva 'a monte', sia per l'organizzazione delle emergenze ex post (es. istituzione Protezione Civile), sia per la regolamentazione tecnica ex ante (es. con la definizione delle mappe sismiche, prima dopo iniziale mappatura italia-

¹ Cf. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, aggiornata con l'Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006 con le indicazioni delle Regioni sotto delega degli enti locali per la classificazione sismica di ogni Comune, in continuo aggiornamento. Le novità introdotte sono state affinate grazie anche agli studi svolti dai "Centri di Competenza" (INGV, Reluis, Eucentre), di cui fa parte tra gli altri anche il Consiglio Nazionale delle Ricerche e in particolare ITC-CNR. Stante la validità della classificazione sismica ai fini amministrativi, per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio, le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (2005, poi integrate dal Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti del 14 gennaio 2008, da cui dicitura NTC2008), hanno introdotto ora una nuova metodologia di calcolo per definire la pericolosità sismica di un'area e di conseguenza le azioni sismiche di progetto per nuove costruzioni e per gli interventi sull'esistente, con suddivisione del territorio nazionale attraverso maglia di punti notevoli di 5 km di lato indifferente ai confini amministrativi comunali. Per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento 'propria', individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera: pertanto ogni punto, anche all'interno del medesimo Comune, è caratterizzato da una specifica caratteristica di pericolosità (NTC, Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici).



1. Da sinistra a destra, classificazione sismica e mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonti: Protezione Civile e INGV).

na derivante dagli studi sismologici del Progetto Finalizzato “Geodinamica” del CNR negli anni '80, e quindi implementate dopo ben due decenni, prima secondo 3 categorie sismiche e poi secondo 4 zone) (CNR). I principali sviluppi migliorativi a livello normativo si sono avuti solo a partire soprattutto dal 1996 (con un impulso significativo dopo la tragedia occorsa a san Giuliano di Puglia nel 2002), ben in ritardo rispetto al livello scientifico della sismologia e dell'ingegneria sismica italiana, che erano già all'avanguardia da decenni.

Sicuramente è stato decisivo anche il passaggio da una normativa sismica ‘prescrittiva’ (ante 1960) a una normativa di impostazione ‘prestazionale’, con vari sviluppi: l'approccio si è evoluto da ‘prestazionale di singolo livello’ (centrato su sismi ‘violenti’ e finalizzato alla mera salvaguardia delle vite umane, ovvero a evitare il crollo), a ‘doppio livello’² e infine dopo il 2000 a ‘multilivello’.

² Con due livelli prestazionali: lo stato limite di esercizio o di danno e lo stato limite ultimo per la *life-safety*, con riferimento a due tipologie di terremoto (‘di servizio’ e ‘distruittivo’) in

lo', che combina considerazioni su sicurezza e salvaguardia delle vite umane con esigenze economiche integrate, basandosi sul perseguimento di obiettivi prestazionali³ (Amadio, Manfredi).

Rischio sismico e 'percezione del rischio'. Incremento del livello e della 'percezione di sicurezza'

Considerando i dati globali planetari, nella triste classifica della concentrazione per numero di vittime nel corso storico sul medio-lungo termine, si evidenzia un progressivo deciso spostamento migliorativo nella graduatoria di alcuni Paesi (es. Giappone, Stati Uniti), grazie soprattutto ai progressi compiuti nei settori dell'ingegneria sismica e della sismologia, pur trattandosi di zone dove è rimasta immutata l'elevata vulnerabilità sismica potenziale, ma al contrario si è efficacemente intervenuto sulla riduzione dell'impatto conseguente all'evento (Leone).

In buona approssimazione, a partire da una definizione UNESCO, senza entrare in dettagli esulanti lo scopo di questo articolo, il 'rischio sismico' vuole esprimere la misura dei danni potenzialmente attesi in un certo intervallo di tempo pre-stabilito, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti) e può essere espresso quale combinazione di tre parametri, secondo la formula $R = P \times E \times V$, dove

- P caratterizza la 'pericolosità' (la misura dell'entità dell'evento atteso potenzialmente dannoso in una certa area entro uno specifico intervallo temporale, che può essere di tipo diretto in conseguenza delle sue caratteristiche sismologiche, o di tipo indotto in relazione ad eventuali altri eventi geologici che possano essere innescati dal sisma, ad es. frane);
- V la 'vulnerabilità' (la predisposizione da parte di persone, attività o beni a subire dei danni di determinato livello a fronte di fenomeno distruttivo di data intensità);
- E l' 'esposizione' (o valore esposto a rischio, costituito dalla valutazione qualitativa e quantitativa dell'insieme delle vite umane, dei beni materiali e del

funzione del periodo di ritorno; in pratica è in generale basato sulla risposta controllata del sistema, ad esempio secondo il criterio di gerarchia delle resistenze (che favoriscono la plasticizzazione di alcune parti della struttura rispetto ad altre) e uso di dissipatori energetici o di sistemi iper-resistenti (Amadio).

³ PBD (*Performance Based Design*): in tale ottica si introducono livelli di prestazione in base ad una graduazione di operatività, e alla tipologia/importanza sociale di edifici, e livelli di accelerazione sismica legati al periodo di ritorno (Amadio).

patrimonio ambientale e storico-culturale che possono andare perduti a seguito del fenomeno distruttivo).

Nella costruzione di una generale “cultura della prevenzione”, non essendo fronteggiabile il parametro della pericolosità, il quale deriva da eventi naturali e di entità superiore rispetto alle capacità di azione, risulta invece possibile intervenire sugli altri due parametri, sia sull’esposizione (trattandosi di uso del territorio⁴, considerabile tuttavia sostanzialmente come per lo più un fattore di intervento teorico, tramite l’abbassamento dell’incidenza all’esposizione/indice di esposizione, e importante soprattutto nelle fasi dei piani di emergenza), ma sia soprattutto sulla vulnerabilità (che risulta legata strettamente alle capacità intrinseche di sopportare il danno potenziale, in direzione di azioni concrete ed efficaci rivolte ai beni esposti, ad esempio nel settore edile, con progetti e realizzazioni che tendano ad un grado di sicurezza accettabili mediante criteri antisismici). Risulta quindi chiaramente evidente come la massima tensione nel nostro ambito di competenza debba essere indirizzata verso il decremento in *primis* della vulnerabilità, tanto più in paesi come l’Italia, caratterizzati da un rischio sismico elevato, a partire da una pericolosità medio-alta, una vulnerabilità molto elevata (per fragilità del patrimonio edilizio, infrastrutturale, storico, industriale e produttivo) e un’esposizione analogamente molto elevata (per densità abitativa anche nelle zone a più alto rischio sismico e per la tipicità di un patrimonio culturale e artistico unico al mondo) (GNDT, Siviero).

La riduzione della vulnerabilità deve realizzarsi pertanto attraverso strategie complementari e diverse, dalla legislazione alla ricerca scientifica, da attività di prevenzione su scala territoriale (immobili e infrastrutture) all’informazione e formazione dei cittadini (piani di emergenza): tutte queste azioni integrate concorrono sociologicamente all’incremento sia del livello che della percezione della sicurezza indotta, all’aumento della consapevolezza del rischio e alla salvaguardia della memoria collettiva degli eventi sismici, in un potenziamento complessivo della capacità di ‘resilienza’⁵, che è il concetto-chiave determinante nella società contemporanea, quale capacità di reagire

⁴ Risultando nella pratica impossibile pensare modifiche sostanziali in territori per tradizione ad elevata urbanizzazione.

⁵ Sul concetto di resilienza possono essere condotte moltissime riflessioni. In questa sede basti ricordarne la derivazione dalla tecnologia dei materiali, dove si indica la resistenza a rottura di un materiale, per sollecitazione dinamica (tramite prova d’urto, per lo più con l’uso del pendolo di Charpy), da cui deriva per estensione il concetto di velocità di ritorno allo stato iniziale di una comunità o di un sistema, dopo sottoposizione ad un evento perturbativo, di origine vuoi naturale vuoi antropica. Al contrario, l’inverso del valore di resilienza viene definito quale indice di fragilità.

adeguatamente rispetto alle situazioni avverse fino a capovolgerle (Serafin, Manfredi, Lombardini, Gasperini).

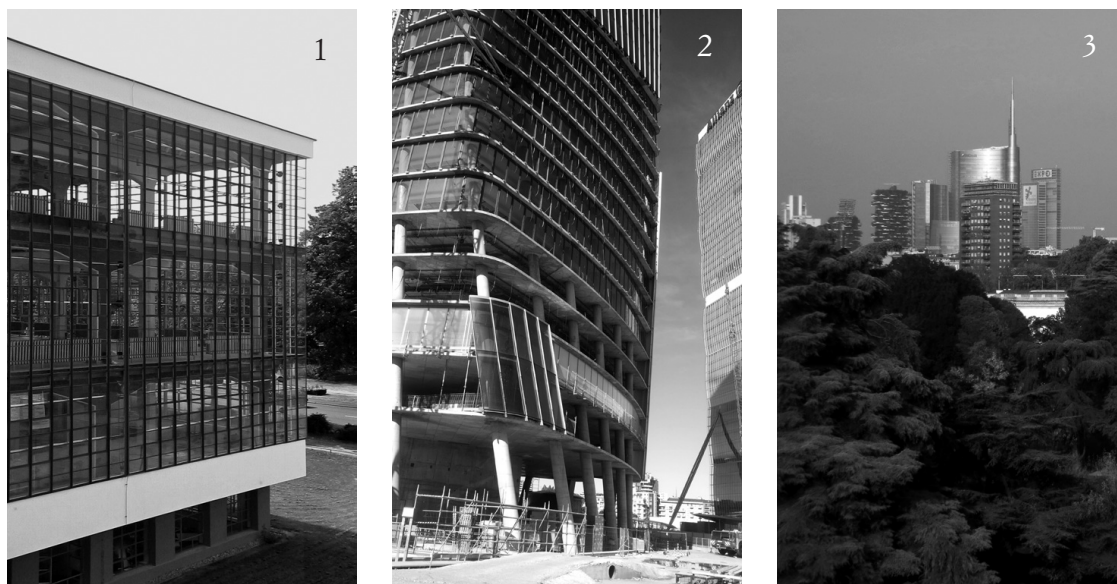
La realizzazione dell'impianto sperimentale ITC-CNR per la valutazione delle azioni sismiche su elementi di involucro

Così come in quest'ottica diventa necessario che gli eventi sismici non vengano vissuti quali eventi straordinari, bensì quali parte di una condizione di ordinarietà, allo stesso modo diventa necessario che si potenzino permanentemente le attività di ricerca volte ad indagare soluzioni sempre più efficaci ed efficienti. Il rischio sismico comporta per sua natura una particolare specificità di progettazione con combinazione di condizioni contrastanti sotto sollecitazioni molto severe, dove si tende in generale a scongiurare il crollo, ma accogliendo anche la possibilità ipotetica di danni, anche per motivi di ordine economico nella conseguente sostituzione. Il moderno approccio alla progettazione antisismica, basato su criteri prestazionali e non prescrittivi, necessariamente deve considerare in modo adeguato la *performance* sismica sia delle strutture che anche di tutti gli elementi non strutturali presenti, in quanto la problematica della vulnerabilità sismica di questi ultimi ha mostrato di ricoprire un ruolo molto importante nella determinazione del grado di rischio sotteso.

A partire da uno specifico bando progettuale del settembre 2015 indetto dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, in tale ottica ITC-CNR ha appena concluso a San Giuliano Milanese la realizzazione di un'attrezzatura scientifica per prove su facciate continue in scala reale di grande innovazione (fig. 3), unica nel suo genere, pensata su un duplice fronte, che unisce lo studio del comportamento in sicurezza rispetto all'evento tellurico, alla disamina del mantenimento dopo sisma delle prestazioni agli agenti atmosferici esterni, aria-acqua-vento:

- sia per la simulazione delle azioni sismiche, mediante riproduzione reale in laboratorio di tipo statico e di tipo dinamico agenti su facciata, con applicazione di serie di spostamenti nel piano e fuori dal piano, indotti dalle travi portanti la facciata (travi sismiche), applicati anche a velocità crescente e in funzione del tempo secondo un 'crescendo test';
- sia per lo svolgimento delle prove di laboratorio valide per la Marcatura CE, in coerenza con le istanze della revisione della relativa norma di prodotto europea da parte del WG6 "*Curtain Walling*" del TC 33 del CEN, di recente approvazione 2015, ed attualmente in attesa di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale Europea.

Anche nell'ultima definizione di "facciata continua" (fig. 2) della norma armonizzata di riferimento del 2015 emerge chiaramente l'evoluzione di ap-



2. Facciate continue (da sinistra: 1. Bauhaus di Dessau del 1926; 2. Esempio di Curtain Walling durante posa in opera e interrelazione con struttura portante dell'edificio; 3. Facciate continue nella modifica dello skyline contemporaneo nella città di Milano).

proccio normativo, rispetto alla precedente del 2003⁶, nell'attenzione rilevante data anche all'aspetto sismico quale caratterizzante e sempre presente:

part of the building envelope made of a framework usually consisting of horizontal and vertical profiles, connected together and anchored to the supporting structure of the building, and containing fixed and/or openable infills, which provides all the required functions of an internal or external wall or part thereof, but does not contribute to the load bearing or the stability of the structure of the building. Curtain walling is designed as a self-supporting construction which transmits dead-loads, imposed loads, environmental load (wind, snow, etc.) and seismic load to the main building structure⁷ (EN 13830: 2015).

⁶ «Solitamente consiste di elementi strutturali verticali e orizzontali, collegati insieme e ancorati alla struttura portante dell'edificio e tamponati, a formare un involucro leggero continuo che garantisce, di per sé o congiuntamente all'opera edilizia, tutte le funzioni normali di una parete esterna, ma che non assume alcuna delle caratteristiche portanti della struttura dell'edificio» (UNI EN 13830: 2003).

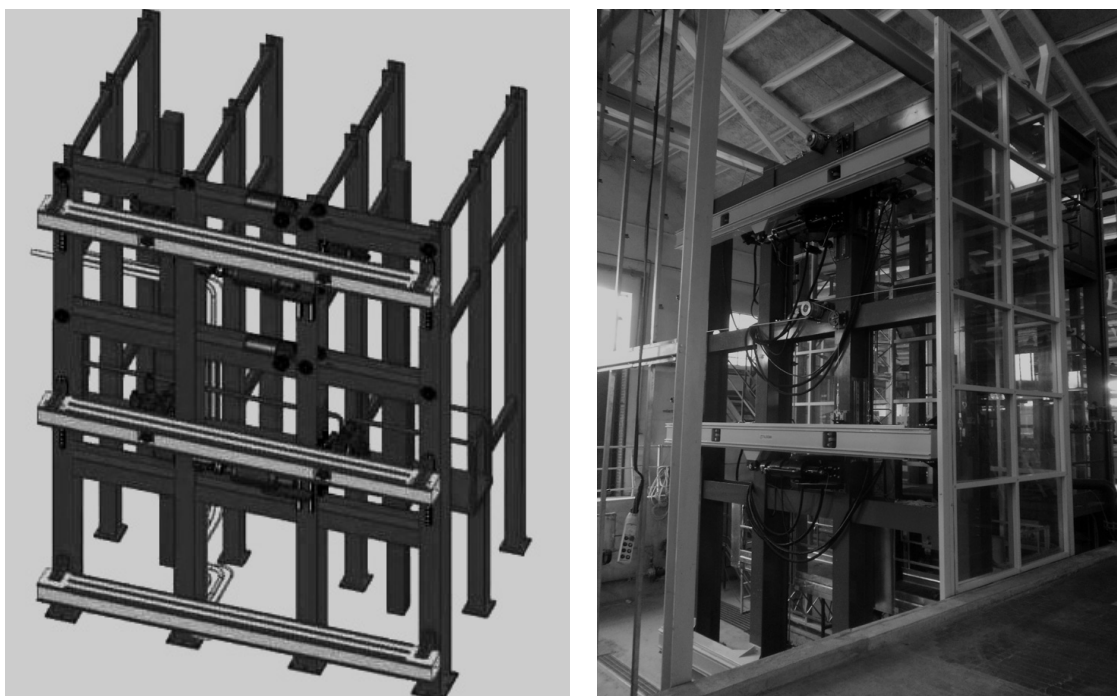
⁷ Parte dell'involucro edilizio fatta di struttura generalmente costituita da profili orizzontali e verticali, collegati tra loro ed ancorati alla struttura portante dell'edificio, e contenenti parti fisse e/o apribili, che assolve a tutte le funzioni richieste di una parete interna o esterna o parte di essa, ma che non contribuisce alla portanza o alla stabilità della struttura dell'edificio. La facciata continua viene progettata come una struttura auto-portante che trasmette pesi propri, carichi imposti, carichi ambientali (vento, neve, ecc.) e carico sismico alla struttura dell'edificio principale.

Una delle maggiori novità della revisione EN 13830: 2015 risiede infatti nell'attenzione data alla resistenza sismica, introdotta ora quale precisa caratteristica prestazionale, in termini di sicurezza in uso e di mantenimento in sicurezza delle prestazioni, con i dovuti allineamenti agli Eurocodici, in particolare EN 1998-1: 2004, e approfondita in uno specifico *annex* dedicato (allegato D) appositamente introdotto.

Breve sintesi dell'apparecchiatura sperimentale ITC-CNR

L'impianto di collaudo ITC-CNR (fig. 3) risulta composto essenzialmente da tre parti principali: una struttura meccanica, un sistema impiantistico e un sistema di acquisizione e digitalizzazione dati.

- La “struttura meccanica” è formata dal sistema portante (in carpenteria metallica a travi e pilastri in acciaio), dal sistema di chiusura della camera a tenuta (costituito da lastre di policarbonato compatto per la visibilità interna), dal sistema di accesso ai diversi piani della facciata installata (mediante piattaforma di sollevamento), da travi sismiche meccanizzate (con pistoni oleodinamici per trasferire alla facciata i movimenti indotti da sismi o cedimenti strutturali imposti dalla prova) e dal relativo sistema di movimentazione (con tre attuatori idraulici per adattarsi alle diverse tipologie di sistemi e alle specifiche di commessa).
- Il “sistema impiantistico” riflette la strutturazione della doppia tipologia di test. Ai fini della simulazione tellurica è stato realizzato un apposito sistema oleodinamico con centrale idraulica (per le movimentazioni sismiche), costituito da un gruppo generatore (per trasformazione dell'energia meccanica in idraulica), un gruppo di controllo e refrigerazione (condizionamento e distribuzione del fluido) e un gruppo di utilizzo formato da attuatori. Ai fini della valutazione della resistenza agli agenti atmosferici è presente un sistema di ventilazione e di proiezione d'acqua a pressioni positive e negative, composto da impianto idraulico (sistema di innaffiamento e raccolta) e sistema di ventilazione (pompe, sistemi di pressurizzazione e depressurizzazione), realizzato per mezzo di una serie di condotti attrezzati e regolato mediante doppio sistema, inverter e a valvole proporzionali, nel primo caso per l'eliminazione dei moti turbolenti nel condotto e nel secondo caso per garantire una regolazione precisa della portata. Il circuito idraulico è fornito di un sistema di filtrazione per ricircolo acqua e di regolatori di pressione per l'irrorazione, con controllo della pressione mediante sistema integrato di controllo dell'elettropompa a velocità variabile.
- Il “sistema di acquisizione e digitalizzazione dei dati”, comprendente strumentazione e apparecchiatura per controllo, l'acquisizione e la gestione dei



3. Schematizzazione in 3D e vista del nuovo impianto di prova ITC-CNR di San Giuliano Milanese.

valori e dei dati risultanti, elemento fondamentale in ottica di analisi del decadimento prestazionale, in quanto più i dati sono fedeli e precisi tanto più l'analisi è accurata. Il sistema risulta composto da due parti principali: un software di acquisizione e di controllo sviluppato in ambiente *Labview* e un modulo di condizionamento, *multiplexer* e scheda di acquisizione dati.

Conclusioni: l'impianto sperimentale realizzato e i futuri sviluppi di ricerca

L'attenzione al comportamento delle facciate continue a seguito di evento tellurico rappresenta un'evoluzione della progettazione antisismica, che va oltre la riduzione del rischio di collasso degli edifici e si concentra anche sulla riduzione dei potenziali danni di elementi non strutturali. In particolare il comportamento sismico della facciata continua risulta relato alla risposta sismica della struttura portante cui è ancorata, e di conseguenza la ricerca ITC vuole concentrarsi sull'analisi delle tipologie di ancoraggio e delle interazioni di pannellature e vetrazioni rispetto agli elementi portanti dell'edificio, con l'obiettivo inoltre di fare da volano anche per lo studio successivo e la progettazione di nuovi sistemi di vincolo e staffe con funzioni di smorzatori sismici in relazione alle riduzioni dei trasferimenti delle deformate della struttura ai componenti non strutturali.

La realizzazione dell'apparecchiatura di prova ITC-CNR si propone pertanto quale passo importante nella ricerca, a fronte anche dell'impegno preso nel 2015 da parte degli organi del CNR di colmare un vuoto normativo specifico, in quanto i risultati di tali sperimentazioni saranno unici nel loro genere e potrebbero andare a confluire nella stesura di specifiche Istruzioni Tecniche CNR per progettazione, per esecuzione e controllo di elementi di facciate continue soggette all'azione sismica. A tal proposito le ricerche susseguenti avranno anche la finalità di fornire spunti e riflessioni agli organi tecnici incaricati alla stesura di queste istruzioni, tramite proposta di un programma sperimentale in grado di sfruttare appieno le potenzialità dell'impianto previsto, e di un metodo di analisi dei risultati derivanti, quale valido supporto progettuale alle aziende del settore.

L'analisi preliminare su documenti internazionali riguardanti metodologie di prova e progettazione sismica di facciate continue ha fatto emergere come le specifiche delle varie normative siano molto differenti tra loro e non sempre pienamente rappresentative della realtà; questa discordanza è verificabile in particolar modo nella definizione dell'entità dei movimenti di interpiano da applicare durante i test. Sul piano normativo, le attività di sperimentazione in laboratorio condotte con tale apparecchiatura, in termini della verifica sia di sicurezza che di mantenimento prestazionale dopo il sisma, potranno servire come base tecnico-scientifica di approfondimento su più direzioni: verso una metodologia di analisi prestazionale uniformabile a livello internazionale, nella definizione degli spostamenti tramite un approccio che si fondi sulla conoscenza sperimentale del comportamento dell'edificio in caso di sisma e quindi sulla conoscenza delle azioni trasmesse dall'edificio all'involucro, nella valutazione dei limiti di servizio e di sicurezza della facciata nel caso in cui non se ne conosca l'applicazione sulla base di dati sperimentali, nella possibilità di stabilire con precisione la vita di servizio di una facciata sottoposta a sollecitazioni sismiche reali e di conseguenza anche compiere accurate stime del "life cycle cost" sin dalle prime fasi iniziali di progettazione, nella possibilità di sviluppo di modelli matematici da utilizzare per lo studio di nuovi sistemi di facciata continua.

Bibliografia citata

- Lavanco, Gioacchino. *Psicologia dei disastri. Comunità e globalizzazione della paura*. Milano: Franco Angeli, 2003.
- Serafin, Silvana. *Resilienza e speranza: dalla realtà del terremoto alla letteratura dei terremoti*. *Oltreoceano*, 12 (2016): 11-22.

Normativa tecnica di riferimento

EN 13830: 2015. *Curtain Walling. Product Standard*. CEN.

EN 13830: 2003. *Curtain Walling. Product Standard*. CEN.

Norme tecniche per le Costruzioni (NTC): http://www.cslp.it/cslp/index.php?option=com_content&task=view&id=66&Itemid=20

Sitografia

Amadio, Claudio. *Evoluzione della normativa antisismica*. Università degli studi di Trieste. 2014: http://moodle2.units.it/pluginfile.php/84293/mod_resource/content/1/lezione%201.pdf (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

Catino, Fabio. *Terremoto*. Enciclopedia italiana - VII appendice. 2007: [http://www.treccani.it/enciclopedia/terremoto_res-2426fd1b-9bca-11e2-9d1b-00271042e8d9_\(Enciclopedia-Italiana\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/terremoto_res-2426fd1b-9bca-11e2-9d1b-00271042e8d9_(Enciclopedia-Italiana)/) (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

Comité Européen de Normalisation (CEN): <https://www.cen.eu/> (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

Cubeddu, Francesca. *La percezione sociale del rischio sismico*. RT/2015/3/ENEA. ENEA. 2015: <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/rapporti-tecnici>; <http://openarchive.enea.it/bitstream/handle/10840/5797/RT-2015-03-ENEA.pdf?sequence=1> (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

Consiglio Nazionale delle Ricerche: www.cnr.it (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

Dipartimento della Protezione Civile: www.protezionecivile.gov.it, in particolare sezione http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/rischio_sismico.wp (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

European Centre for Training and Research in Earthquake Engineering: www.eucentre.it/ (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

Gasparini, Paolo e Manfredi, Gaetano. *Resilience and Sustainability In Relation To Natural Disasters: A Challenge For Future Cities: Common Visions and Recommendations*. Milano: Springer. 2014: http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-04316-6_7#page-1 (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

Gazzetta Ufficiale Repubblica Italiana: <http://www.gazzettaufficiale.it/> (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

Gruppo Nazionale Difesa Terremoti: <http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/> (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

Istituto per le Tecnologie della Costruzione del CNR: www.itc.cnr.it, in particolare attualmente sul sisma 2016: INGV and ReLuis. *Preliminary study of Rieti Earthquake Ground Motion Data V5*. 2016: <http://www.itc.cnr.it/wp-content/uploads/2016/09/Preliminary-study-V5.0-1.pdf> e Celano, Francesca; Cimmino, Maddalena; Coppola, Orsola; Magliulo, Gennaro e Salzano, Piera. *Report dei danni registrati a seguito del terremoto del Centro Italia del 24 agosto 2016*: <http://www.itc.cnr.it/wp-content/uploads/2016/08/2016-08-31-Report-sopralluoghi-R1-1.pdf> (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: www.ingv.it, in particolare sezione <http://terremoti.ingv.it/it/>, <http://istituto.ingv.it/1-ingv/archivi-e-banche-dati>, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> e per l'aggiornamento sismico in tempo reale <http://cnt.rm.ingv.it/> (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

Leone, Ugo. *Fragile Italia. Rischio e vulnerabilità*. 2015: [http://www.treccani.it/enciclopedia/fragile-italia_\(L'Italia-e-le-sue-Regioni\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/fragile-italia_(L'Italia-e-le-sue-Regioni)/) (consultato tra l'1-13 settembre 2016).

Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture

- e dei trasporti del 14 gennaio 2008*: http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/LineeGuida_BBCC_2010_11_26_1.pdf (consultato tra l'1-13 settembre 2016).
- Lombardini, Fabio. *Shake out: il concetto di resilienza in ambito sismico*. 2014: http://www.ingegno-web.it/Articolo/2241/SHAKE_OUT:_il_concetto_di_RESILIENZA_in_ambito_sismico.html (consultato tra l'1-13 settembre 2016).
- Manfredi, Gaetano e Asprone, Domenico. *Memoria e mappa sismica. La memoria dei terremoti negli ultimi cinquant'anni*. 2015: [http://www.treccani.it/enciclopedia/memoria-e-mappa-sismica_\(L'Italia-e-le-sue-Regioni\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/memoria-e-mappa-sismica_(L'Italia-e-le-sue-Regioni)/) (consultato tra l'1-13 settembre 2016).
- Marzocchi, Warner et al. "A Ten-Year Earthquake Occurrence Model for Italy". *Bulletin of the Seismological Society of America*, 102 (2012): 1195-1213: http://www.ilsole24ore.com/pdf2010/Editrice/ILSOLE24ORE/ILSOLE24ORE/Online/_Oggetti_Embedded/Documents/2016/09/15/studio-integrale-terremoto.pdf (consultato il 15 settembre 2016).
- Mitigazione del rischio sismico*. Lessico del XXI secolo. 2013: http://www.treccani.it/enciclopedia/rischio-sismico-mitigazione-del_%28Lessico-del-XXI-Secolo%29/ (consultato tra l'1-13 settembre 2016).
- Panza, Giuliano. *Terremoti. Previsione dei terremoti*. Enciclopedia della Scienza e della Tecnica. 2007: [http://www.treccani.it/enciclopedia/terremoti-previsione-dei-terremoti_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/terremoti-previsione-dei-terremoti_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)/) (consultato tra l'1-13 settembre 2016).
- Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria: www.reluis.it/ (consultato tra l'1-13 settembre 2016).
- Siviero, Enzo; Briseghella, Bruno e Zordan, Tobia. *Edilizia sismica. XXI Secolo*. 2010: [http://www.treccani.it/enciclopedia/edilizia-sismica_\(XXI-Secolo\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/edilizia-sismica_(XXI-Secolo)/) (consultato tra l'1-13 settembre 2016).
- Servizio Sismico Nazionale: www.dstn.it (consultato tra l'1-13 settembre 2016).
- Unione Nazionale delle Industrie delle Costruzioni Metalliche dell'Involucro e dei serramenti: <http://www.unicmi.it>, in particolare per approfondimenti sulle facciate continue http://www.unicmi.it/strumenti/formazione_tc_uncsaal/formazionetecnica.html e <http://www.unicmi.it/notizie/ultime/rischio-sismico-degli-edifici.html> (consultato tra l'1-13 settembre 2016).
- Vitale, Filippo. *Indirizzi per studi di microzonazione sismica*. AMRA Scarl sezione Early Warning e rischio sismico. 2008: http://www.amrcenter.com/doc/pubblicazioni/indirizzi_per_studi_di_microzonazione_sismica.pdf (consultato tra l'1-13 settembre 2016).