

Resilienza e prestazioni sismiche degli elementi non strutturali: l'Associazione Internazionale SPONSE

Timothy Sullivan¹, Davide Bolognini² ■

Lo scorso 13 maggio si è tenuto a Pavia, presso l'Auditorium del CAR College di Eucentre, il "Second International Workshop on Seismic Performance of Non-structural Elements", evento che ha preso il nome dall'Associazione organizzatrice, meglio nota con l'acronimo SPONSE.

Data l'attualità e le implicazioni degli argomenti trattati, in previsione dei futuri sviluppi riteniamo opportuno, se non doveroso in questa sede, dedicare spazio a tale iniziativa attraverso un'attenta e dettagliata riflessione, in modo da contribuire a divulgare anche presso i nostri lettori i dettagli del progetto avviato e farne cogliere la vasta portata.

L'Associazione: obiettivi

SPONSE è un'Associazione Internazionale no-profit di ricercatori, professionisti e di rappresentanti dell'industria, il cui obiettivo è di contribuire a far accrescere la resilienza sismica delle comunità attraverso iniziative che consentano di promuovere la ricerca e la formazione riguardanti la valutazione di vulnerabilità, il progetto e l'analisi di elementi non strutturali in campo sismico e di quantificarne le prestazioni. Le attività previste spaziano dagli studi di vulnerabilità, alle collaborazioni fra industria, università e professionisti, fino alla disseminazione dei risultati di ricerca e sviluppi tecnologici maggiormente meritevoli ed interessanti.

L'Associazione, quindi, sta operando in modo da mettere in evidenza come gli elementi non-strutturali siano importanti per la resilienza sismica, un argomento dietro cui si celano implicazioni ed interessi di vastissima portata, sia perché legato a strategie di pianificazione delle emergenze ed a procedure per il loro superamento, sia perché, come meglio descritto più avanti, la resilienza riguarda anche le perdite economiche dei singoli edifici.

La resilienza sismica, intesa come l'opposto della vulnerabilità, è l'attitudine di una comunità di far fronte e superare positivamente gli eventi sismici

attraverso la propria capacità di trasformazione e di adattamento ai cambiamenti. Si pensi ad una comunità come ad un sistema complesso la cui governance è legata alla gestione di fattori politici, economici, sociali e tecnici: in presenza di rischio sismico tali fattori, così come la gestione dell'emergenza soprattutto a lungo termine, sono condizionati dal livello di resilienza della comunità stessa, livello che nel caso specifico del territorio italiano, per svariate ragioni, è notoriamente piuttosto basso.

Con il termine elementi non-strutturali sono invece intesi tutti quei componenti e sistemi, inclusi gli elementi architettonici (come tramezze interne, finestrate, parapetti, comignoli), i macchinari, gli impianti elettrici e l'ulteriore contenuto (scaffali, mobili, mensole) di un edificio, che non fanno parte del sistema portante progettato e costruito per sopportare i carichi dell'edificio stesso.

Il contesto

Nonostante negli ultimi anni sia accresciuta la consapevolezza da parte della comunità scientifica internazionale e degli addetti ai lavori sul ruolo svolto dagli elementi non-strutturali in ambito sismico, l'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni e la produzione di indicazioni specifiche sono, allo stato attuale, molto modeste e limitate.

È significativo, a proposito di codici di normativa e terremoti avvenuti nel passato, constatare come in quei paesi laddove sono state sviluppate ed applicate opportune normative progettuali, si sia effettivamente riscontrato un ragionevole successo nella riduzione delle perdite umane, ma non sia altrettanto vero in termini di contenimento delle perdite economiche. Questo risultato è fondamentalmente imputabile a due caratteristiche peculiari degli elementi non-strutturali: l'elevato livello di vulnerabilità ed il costo, generalmente quantificabile in circa l'80% dei costi complessivi dell'edificio (Taghavi & Miranda, 2003).

¹ Università degli Studi di Pavia - ✉ timothy.sullivan@unipv.it

² Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica, Fondazione Eucentre, Pavia - ✉ davide.bolognini@eucentre.it

In un edificio, infatti, il costo di tutto quanto sia classificabile come elemento non-strutturale è generalmente maggiore di quello relativo ai soli elementi strutturali. In quest'ottica, pertanto, non è sorprendente se nei terremoti del passato si siano rilevate perdite legate al danneggiamento di elementi non-strutturali significativamente superiori a quelle dovute al danneggiamento dei soli elementi strutturali.

Sono numerosi anche i casi recenti in cui le perdite economiche dovute al danneggiamento dei componenti non-strutturali hanno largamente superato quelle associate al danneggiamento degli elementi strutturali. Per citare solo alcuni esempi, ricordiamo che in corrispondenza del terremoto di Northridge (Stati Uniti, 1994) sono state registrate spese pari a 6.3 miliardi di dollari soltanto per la riparazione o la ricostruzione di edifici non-residenziali, con la particolarità che solamente il 17% (1.1 miliardi) sono stati attribuiti al danneggiamento degli elementi strutturali (Kircher, 2003). Analogamente a ciò, la maggior parte delle perdite economiche (circa 2 miliardi di dollari) dovute all'evento che nel 2001 ha colpito lo Stato di Washington (Nisqually Earthquake, noto anche come terremoto del Mercoledì delle Ceneri) sono da ricondurre al danneggiamento di elementi non strutturali (Filiatrault et al., 2001). È altrettanto significativo il caso del terremoto di elevata magnitudo ($M_w = 8.8$) che nel 2010 ha colpito la regione del Maule (Cile): in quelle circostanze, pur in presenza di un danneggiamento alle strutture relativamente contenuto, le scarse prestazioni degli elementi non-strutturali hanno contribuito in modo determinante a produrre perdite per circa 30 miliardi di dollari.

Le perdite economiche non sono però il solo aspetto rilevante da prendere in considerazione. Come evidenziato da Villaverde (2004) e Charleson (2007), il collasso degli elementi non-strutturali, come per esempio l'espulsione fuori piano, anche parziale, dei tamponamenti negli edifici residenziali, oppure la caduta delle scaffalature nei capannoni prefabbricati, rappresenta un'ulteriore causa di pericolo per la sicurezza degli occupanti, così come può rappresentare un fattore di intralcio sia per il deflusso degli occupanti che stanno evacuando solo apparentemente in sicurezza l'edificio, sia per il lavoro dei soccorritori, che seguono il flusso opposto. Il collasso degli elementi non strutturali, inoltre, va valutato con particolare attenzione e cura, poiché rappresenta spesso un livello prestazionale aggiuntivo da considerare in fase di progetto nell'ambito dei requisiti necessari al soddisfacimento dello stato limite di salvaguardia della vita umana. Esempio ne sono i sopraccitati tamponamenti, oppure le scaffalature di un capannone

industriale, ma anche i pannelli prefabbricati o agli elementi di facciata appesi alla struttura che, cadendo, possono causare potenziali vittime nonostante le parti strutturali non abbiano subito ulteriori danni. Le problematiche connesse alle scaffalature ed al loro contenuto, in particolare, sono diventate molto evidenti alla luce dei danneggiamenti subiti dai capannoni industriali durante gli eventi sismici che nel maggio 2012 hanno colpito l'Emilia ed i territori limitrofi.

Molti altri aspetti andrebbero approfonditi. Per citarne uno su tutti, si pensi alle recenti normative tecniche di progettazione per le costruzioni basate su approcci prestazionali: in tale contesto la necessità di armonizzare i livelli prestazionali fra elementi strutturali e componenti non-strutturali diventa di importanza primaria. Perfino nel caso in cui fossero soddisfatti i requisiti necessari per l'immediata occupazione dopo un terremoto, infatti, il danneggiamento di elementi architettonici, meccanici o elettrici può comunque ridurre il livello prestazionale dell'intero "sistema edificio". Questa riduzione delle prestazioni provocata dalla vulnerabilità degli elementi non strutturali è stata riscontrata in tutti i recenti terremoti avvenuti sia in Italia, sia nel resto del mondo. A questo si aggiunga inoltre che il danneggiamento di elementi non strutturali riscontrato in corrispondenza dei maggiori eventi sismici, in svariati casi ha anche limitato la funzionalità di edifici importanti come per esempio le strutture ospedaliere.

Per concludere questo breve inquadramento, ribadiamo il fatto che in confronto al caso di elementi e sistemi strutturali, le informazioni disponibili per quanto riguarda il progetto degli elementi non strutturali sono ancora relativamente limitate. Essendo il lavoro di ricerca effettuato finora in questo campo piuttosto scarso, i codici e le linee-guida disponibili sono solitamente basati per la maggior parte su esperienze del passato, giudizi tecnici o intuizioni, piuttosto che, come dovrebbe essere, su indagini sperimentali oggettive e su risultati analitici.

A causa dell'impostazione empirica con cui sono state finora realizzate norme e linee-guida, spesso i progettisti sono forzati ad adottare metodi non rigorosi e basarsi direttamente sulle rilevazioni di un evento sismico del passato, osservare cosa non ha funzionato, per poi tentare di prevenire eventuali scelte progettuali che hanno portato a risultati negativi.

Il Board of Directors

Il Consiglio di Amministrazione dell'Associazione SPONSE è composto da otto docenti di fama internazionale, fra i massimi esperti nel campo delle valutazioni di vulnerabilità e prestazioni sismi-

che degli elementi non strutturali, che attraverso la loro provenienza diversificata, assicurano all'Associazione una base di conoscenza e di esperienza delle tematiche dell'ingegneria sismica molto vasta. Crediamo sia interessante aggiungere qualche minimo dettaglio personale, in modo da evidenziare meglio quest'ultimo aspetto.

Il Presidente dell'Associazione è **André Filiatrault**, Professore presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Strutturale ed Ambientale della State University of New York di Buffalo (USA) e presso l'Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia. In passato è stato anche Professore presso l'Università della California di San Diego e Direttore del Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research (MCEER) di Buffalo. Ha ormai un'esperienza quasi trentennale di tematiche riguardanti prove sperimentali, progettazione ed analisi sia di strutture, sia di elementi non strutturali. Non solo ha pubblicato libri e molteplici - quasi trecento - articoli su riviste scientifiche, ma ha soprattutto ricevuto svariati riconoscimenti, come la "Sir Casimir Stanislaus Gzowski Medal" (1990) della Canadian Society for Civil Engineering, il "Moisseiff Award" (2002) dell'American Society of Civil Engineers e l'"Outstanding Researcher/Scholar Award" dalla Research Foundation of the State University of New York (2008). **Rodrigo Retamales** ricopre la carica di Vice-Pre-

sidente. È Lecturer presso l'Università del Cile e quella di Los Andes di Santiago. Oltre ad essersi occupato di più di sessanta progetti di isolamento sismico e dissipazione di energia in Sud America, è stato il Presidente della Commissione che si è occupata dell'aggiornamento delle norme tecniche cilene per il progetto di strutture con isolamento alla base e di quella che ha sviluppato le nuove norme per il progetto in zona sismica di sistemi e componenti non-strutturali. È inoltre impegnato all'interno di un'ulteriore Commissione che sta aggiornando il codice cileno per la progettazione sismica, basata su criteri prestazionali, di edifici.

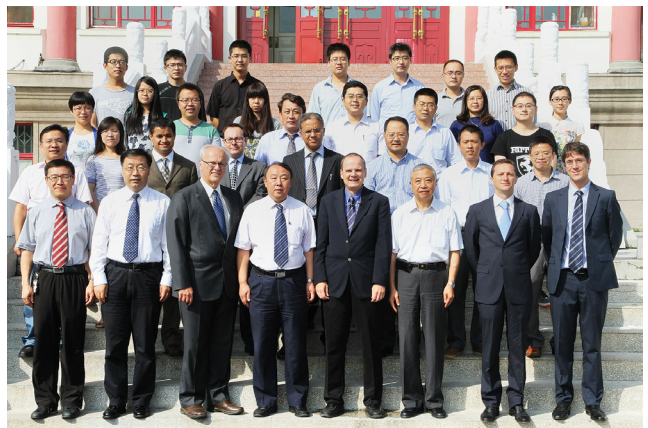
Le cariche di Segretari dell'Associazione sono ricoperte da altri sei docenti provenienti da quattro diversi continenti: **Junwu Dai** (Institute of Engineering Mechanics della China Earthquake Administration), **Gennaro Magliulo** (Università di Napoli Federico II), **Gilberto Mosqueda** (Università della California, San Diego), **Manos Margarakis** (Università del Nevada, Reno), **Rajesh Dhakal** (Università di Canterbury, Nuova Zelanda) e **Timothy Sullivan** (Fondazione Eucentre e Università di Pavia).

I Workshop

In accordo con la sua mission, l'Associazione SPONSE organizza eventi internazionali incen-

Figura 1
Una dimostrazione pratica durante il First International Workshop on the Seismic Performance of Non-structural Elements (SPONSE) ed una foto di gruppo dei relatori (per maggiori dettagli: www.sponse.eu/news/2014-sponse-workshop/).

Figura 2
Il Second International Workshop on the Seismic Performance of Non-structural Elements (SPONSE) tenutosi presso l'Auditorium del CAR College di Pavia: a sinistra uno scorcio della sala durante l'apertura dei lavori e, a destra, una foto di gruppo dei relatori (per maggiori dettagli: www.sponse.eu/news/2015-sponse-workshop/#sthash.JhbdXijA.dpuf).



trati sullo studio delle prestazioni sismiche di elementi non strutturali al fine di promuovere la comunicazione e le sinergie fra i vari gruppi di ricerca e di divulgare i principali risultati raggiunti. È con questo spirito che a fine agosto 2014 si è tenuto il First International SPONSE Workshop presso l'Institute of Engineering Mechanics (China Earthquake Administration) di Harbin, nella Cina nordorientale, che ha riscosso un notevole successo grazie alla buona rappresentanza internazionale dei relatori, provenienti da Università e Istituti di Ricerca sparsi per il mondo. Ricordiamo, per la Cina, la Tongji University di Shanghai e quella di Guangzhou, i Centri di ricerca di Harbin (città ospitante) e Dalian. Fra le altre Università internazionali aventi una profonda conoscenza delle tematiche legate all'ingegneria sismica, erano presenti quelle di Buffalo, San Diego, Berkeley, Reno (Stati Uniti), Canterbury (Nuova Zelanda), l'Universidad de Los Andes (Cile), oltre alle Università di Napoli Federico II e di Pavia.

Come descritto nella parte introduttiva, il Second International Workshop on the Seismic Performance of Non-structural Elements (SPONSE) è stato organizzato dalla Fondazione Eucentre ed ospitato presso l'Auditorium del CAR College di Pavia. L'evento si è svolto lo scorso 13 maggio 2015 condividendo gli obiettivi iniziali del precedente workshop, ma arricchendosi dalla partecipazione aggiuntiva del Tokyo Institute of Technology (Giappone) e dell'Institute of Engineering Mechanics (CEA, Cina), oltre che dell'Università di Stanford (USA), della McGill University (Canada), della Middle East Technical University (METU, Turchia) e di aziende internazionali operanti nel campo delle strutture e della geotecnica (Rutherford + Chekene), e in quello assicurativo (FM Global).

Il workshop è stato aperto al pubblico, che ha dunque potuto partecipare attivamente alle presentazioni dei maggiori esperti internazionali nel campo delle valutazioni di vulnerabilità e prestazioni sismiche di elementi non strutturali. Durante la giornata sono state affrontate tematiche di notevole attualità e sono state divulgate informazioni utili sia per riflettere su errori progettuali correntemente commessi, sia per essere

di riferimento per un nuovo approccio dei codici normativi. Si è parlato, in particolare, di risultati sperimentali ricavati da prove cicliche mediante muro di contrasto su partizioni interne e da prove su tavola vibrante relativamente a edifici pluripiano in scala al vero, dando particolare enfasi alla necessità di maggiori implementazioni sul campo. Fra gli altri lavori maggiormente interessanti meritano una citazione non solo per la loro utilità, ma anche per aver discusso in alcuni casi la scarsa affidabilità di approcci correntemente usati, la descrizione di metodi innovativi per il miglioramento delle prestazioni sismiche di componenti non strutturali, una valutazione più appropriata e corretta dell'input sismico di piano per gli elementi non strutturali, le discussioni sulla stima delle prestazioni dei tamponamenti in muratura e dei loro potenziali aspetti negativi durante un evento sismico, uno stato dell'arte sulla simulazione del comportamento di soppalchi, tubature e tramezze, un inquadramento sull'influenza dei pannelli in gesso in edifici intelaiati in acciaio, una valutazione delle prestazioni sismiche di un tipico edificio ospedaliero.

L'associazione SPONSE ha inoltre recentemente proposto di organizzare alcune Sessioni Speciali dedicate alle prestazioni sismiche degli elementi non strutturali nell'ambito della prossima 16^a Conferenza Mondiale di Ingegneria Sismica, che si terrà a Santiago del Cile dal 9 al 13 gennaio 2017. L'obiettivo è di favorire la divulgazione dei recenti sviluppi della ricerca riguardanti tutte le categorie di elementi non strutturali. Maggiori dettagli sull'impostazione dei relativi abstract, che potranno essere presentati ad un limitato numero di Topic di riferimento, sono consultabili al sito <https://zentidos.wufoo.eu/forms/abstract-submission-16wcee/>.

Ricordiamo, in conclusione, che lo scorso maggio l'Associazione ha approvato il proprio statuto, da cui è possibile, per gli interessati, attingere ulteriori dettagli sugli obiettivi e le attività previsti (www.sponse.eu/uncategorized/bylaws-of-the-international-association-for-the-sponse-association/).

Informazioni continuamente aggiornate sono consultabili presso il sito di riferimento, www.sponse.eu.

Bibliografia

Charleson A. (2007) - Architectural Design for Earthquakes - A guide to the design of non-structural elements, Published by the New Zealand Society for Earthquake Engineering (NZSEE), 2nd edition.
Filiatrault A., Uang C.M., Folz B., Christopoulos C., Gatto K. (2001) - Reconnaissance report of the February 28, 2001 Niqually (Seattle-Olympia) Earthquake, Report No. SSRP-2001/02, Department of Structural Engineering, University of California,

San Diego, La Jolla, CA.

Taghavi S., Miranda E. (2003) - Response assessment of nonstructural building elements, Report PEER 2003/05, Pacific Earthquake Engineering Research Center, Richmond, CA.

Villaverde R. (2004) - Seismic analysis and design of non-structural elements, in Earthquake engineering from engineering seismology to performance-based design, (Eds) Y. Bozorgnia, V.V. Bertero, CRC Press, pp.19-48.