

## LE RECENTI APPLICAZIONI DEI SISTEMI ANTISISMICI E LE RACCOMANDAZIONI DELLA COMUNITÀ SCIENTIFICA INTERNAZIONALE PER IL LORO CORRETTO UTILIZZO \*

Alessandro MARTELLI \*\*

\* Articolo già pubblicato nella rivista della Federazione regionale degli Ordini degli Ingegneri del Veneto (FOIV) "Ingegneri del Veneto" n. 27, dicembre 2009, pp. 38-44

\*\* Presidente dell'associazione GLIS (GLIS – Isolamento ed altre Strategie di Progettazione Antisismica) e dell'International Seismic Safety Organization (ISSO); presidente fondatore ed attuale vicepresidente e coordinatore della Sezione Territoriale dell'Unione Europea e degli altri paesi dell'Europa Occidentale dell'Anti-Seismic Systems International Society (ASSISi); coordinatore del Task Group 5 on Seismic Isolation of Structures dell'European Association for Earthquake Engineering (EAEE-TG5); membro della Commissione IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) per la concessione dell'AIA (Autorizzazione Integrata Ambientale) del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; Collaudatore in corso d'opera di edifici protetti da sistemi antisismici; membro del Collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca in "Ingegneria Civile, Ambiente e Territorio, Edile e in Chimica" del Politecnico di Bari; già Direttore del Centro Ricerche di Bologna dell'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) (in pensione da fine novembre 2012); fino al 2011 docente di "Costruzioni in Zona Sismica" presso la Facoltà di Architettura dell'Università di Ferrara

### INTRODUZIONE

Come si è sottolineato nel numero di settembre della rivista di informazione scientifica ed economica *21<sup>mo</sup> Secolo – Scienza e Tecnologia* (1), il terremoto in Abruzzo del 6 aprile 2009 (di magnitudo 6,3) ha accresciuto fortemente, in Italia, l'interesse nei sistemi e nei dispositivi antisismici ed in particolare in quelli d'isolamento, tecnica che (quando è utilizzabile ed adatta al sito ed al tipo della costruzione in esame) è la più efficace (2). Un analogo effetto aveva provocato, non solo nella Repubblica Popolare (R. P.) Cinese, ma anche in altri paesi, l'assai più violento terremoto di *Wenchuan* del 12 maggio 2008 (di magnitudo 8,0), durante il quale nessuno dei tre gli edifici isolati simicamente presenti nell'area colpita (due in cemento armato – c.a. – e pure uno in muratura, di ben 6 piani) aveva riportato il benché minimo danno (3,4,5). Negli ultimi mesi si sono così moltiplicati le iniziative ed i convegni riguardanti tali tecnologie, sia in Italia che all'estero.

L'associazione nazionale *GLIS (Isolamento ed altre Strategie di Progettazione Antisismica)* ha svolto e continua a svolgere un ruolo di primo piano nell'organizzazione di tali manifestazioni, a livello sia nazionale che internazionale, con l'obiettivo di favorire l'estensione dell'uso delle tecnologie suddette, vigilando, al contempo, sulla loro corretta applicazione (1). Infatti, ora che l'isolamento sismico e le altre moderne tecniche antisismiche sono (per così dire) "divenute di moda", occorre assolutamente evitare di commettere errori nella loro utilizzazione, sia nelle fasi di progettazione e costruzione delle strutture con esse realizzate che durante la "vita" di tali strutture.

Su questo argomento, peraltro affrontato dallo scrivente già lo scorso anno, ben prima del terremoto in Abruzzo (6,7), si è recentemente dibattuto non solo in consessi nazionali (si veda, ad esempio, il numero 26 di luglio 2009 della rivista FOIV *Ingegneri del Veneto* (8)), ma anche a livello internazionale, in particolare in occasione di due importanti convegni, ai quali lo scrivente ha partecipato come relatore su invito in rappresentanza dell'Italia, ospite dell'*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)* e, rispettivamente, della *Japan Society of Seismic Isolation (JSSI)*: l'«*International Workshop on "Make the Citizens a Part of the Solution"*», tenutisi ad Istanbul dal 5 al 7 luglio (9) in occasione del decennale dei due violenti terremoti che colpirono la Turchia nel 1999 (quelli di *Kocaeli* del 17 agosto e di *Düzce* del 12 novembre), ed il «*JSSI 15<sup>th</sup> International Symposium on Seismic Response Controlled Buildings for Sustainable Society*», svoltosi a Tokyo 16 al 18 settembre (5,10). In quest'ultimo convegno lo scrivente, che era membro del comitato organizzatore, ha anche presieduto due sessioni tecniche ed ha partecipato alla tavola rotonda sul controllo passivo ed a quella conclusiva. Nelle due suddette manifestazioni sono state fornite informazioni aggiornate sullo stato delle applicazioni dei sistemi e dei dispositivi antisismici nei paesi ove essi sono maggiormente utilizzati; inoltre, sono emerse importanti considerazioni e sono state condivise raccomandazioni in merito all'uso corretto di tali sistemi e dispositivi, atte a promuoverne adeguatamente sia la crescita nei paesi già attivi in questo settore, sia l'estensione ad altri. Tali informazioni, considerazioni e raccomandazioni sono riportate nel seguito, rinviando, per dettagli sui due eventi, ad un altro recente articolo dello scrivente (11).

### STATO DELLE APPLICAZIONI DEI SISTEMI E DEI DISPOSITIVI ANTISISMICI

Il simposio di Tokyo è quello che ha meglio permesso di aggiornare il quadro dell'applicazione dei sistemi e dei dispositivi antisismici (5). Infatti, vi hanno partecipato esperti di chiara fama dei paesi ove tali sistemi e dispositivi sono prodotti o maggiormente utilizzati, ovvero se ne prevede a breve un uso significativo. È da notare che, su richiesta della

JSSI, lo scrivente (10) (in quanto *past president* dell'*Anti-Seismic Systems International Society – ASSISi*) non si è limitato a riassumere le applicazioni italiane, ma ha trattato anche di quelle realizzate in stati non rappresentati al simposio (Federazione Russa ed altri paesi dell'Europa Occidentale inclusi), facendo riferimento sia a quanto già pubblicato negli ultimi mesi (2,9,12,13), sia ad informazioni ancora più recenti. Lo scrivente ha messo in rilievo le numerose applicazioni di dispositivi italiani anche all'estero, nonché i progetti di edifici isolati ivi sviluppati da esperti italiani (11).

Risulta confermata la *leadership* del Giappone, per numero di applicazioni agli edifici dei sistemi sia d'isolamento sismico che dissipativi. Infatti, gli edifici giapponesi isolati sono ormai oltre 5.000 (con circa 120 grattacieli – in buona parte condomini – e 3.000 villette) e quelli protetti da dissipatori circa 3.000 (di cui 2.000 sono villette). Per permettere l'utilizzazione dell'isolamento sismico pure in opere alquanto flessibili o suscettibili di essere colpite da terremoti con elevato contenuto energetico a bassa (ma non bassissima) frequenza, sono stati sviluppati e già applicati anche sistemi che assicurano periodi d'isolamento estremamente elevati (e, conseguentemente, comportano spostamenti di progetto altrettanto elevati, si vedano, ad esempio, le Figure 1, 2 e 3). L'uso dei sistemi antisismici continua a crescere, nonostante la normativa nazionale non permetta di trarre vantaggi dalla loro adozione, in quanto i giapponesi sono maggiormente consci, rispetto ad altri popoli, della necessità di proteggersi dal terremoto.



Figura 1 – Tempio buddista in legno pregiato di *Jyourakuin*, costruito a Tachikawa (in prossimità di Tokyo) su una base in cemento armato isolata con 20 dispositivi a ricircolo di sfere prodotti dalle aziende giapponesi THK e *Aseismic Devices Co.*, uniti a 3 coppie di due isolatori in gomma sovrapposti (con la sola funzione di ricentraggio) e ad un grande dissipatore in piombo (periodo d'isolamento superiore a 10 s e spostamento di progetto di circa 1 m) (11)



Figura 2 – Alcuni isolatori a ricircolo di sfere ed una coppia di isolatori elastomerici sovrapposti (con funzioni di ricentraggio) del sistema di isolamento sismico del tempio di Figura 1



Figura 3 – Un isolatore a ricircolo di sfere del sistema di isolamento sismico del tempio di Figura 1

Al Giappone continua a seguire, per numero complessivo di applicazioni dell'isolamento sismico, la R. P. Cinese, dove tale tecnologia è ora già utilizzata in 690 edifici, sia in c.a. che in muratura (con un raddoppio del numero annuo delle nuove realizzazioni, passato da 50 a 100, dopo il terremoto di *Wenchuan*), oltre che in 32 ponti. Inoltre, 83 edifici cinesi sono ora protetti da sistemi dissipativi elastoplastici, viscosi o viscoelastici, 16 da dissipatori "a masse accordate" (*Tuned*

*Mass Damper* o TMD) o di altro tipo e 5 da sistemi semiattivi od ibridi (questi ultimi sistemi sono installati anche in 8 ponti).

La più rapida crescita del numero di applicazioni dell'isolamento sismico dopo il sisma suddetto si deve non solo al già citato ottimo comportamento dei 3 edifici isolati presenti nell'area da esso colpita, ma anche al fatto che (analogamente a quanto avviene dal 2003 in Italia) la normativa cinese permette di tenere parzialmente conto della riduzione delle azioni sismiche agenti sulla sovrastruttura e sulle fondazioni, operata dal sistema di isolamento.

Negli Stati Uniti d'America, invece, la normativa molto penalizzante per l'isolamento sismico degli edifici continua a scoraggiare tali applicazioni. Infatti, il numero annuo di nuovi edifici isolati statunitensi continua ad essere estremamente limitato (3 o 4) ed a riguardare prevalentemente grandi costruzioni strategiche e pubbliche (per la metà oggetto di *retrofit*). Molto migliore è, fortunatamente, la situazione per gli edifici protetti da sistemi dissipativi, il cui numero supera ormai il migliaio. Mentre questo paese mantiene il secondo posto, a livello mondiale, per numero complessivo di strutture protette da sistemi antisismici, esso scenderà a breve al quinto posto considerando i soli edifici isolati (che restano circa 200), preceduto, oltre che dal Giappone, anche dalla R. P. Cinese, dalla Federazione Russa e (a seguito del terremoto in Abruzzo), dall'Italia.

Quanto all'Italia, lo scrivente si è soffermato su alcune importanti applicazioni dell'isolamento sismico, recentemente completate, in corso di realizzazione, o previste (10): dalla nuova Scuola Francesco Jovine di Puglia (che ha collaudato in settembre 2008 assieme al socio del GLIS Ing. Claudio Pasquale) (2,9,11,12,13) a quella appena completata a Galliciano, in provincia di Lucca (Figure 4, 5, 6 e 7) ed al nuovo Centro della Protezione Civile di Foligno (Figure 8 e 9), dai prefabbricati oggetto del Progetto C.A.S.E. nell'area de L'Aquila (Figure 10, 11, 12 e 13) a ricostruzioni ed interventi di *retrofit* già previsti in Abruzzo. Queste ultime realizzazioni dovrebbero interessare edifici sia pubblici (anche d'interesse storico) che residenziali danneggiati dal sisma del 6 aprile. Gli interventi di *retrofit* potranno avvalersi dell'esperienza acquisita grazie all'isolamento in sottofondazione, completato nel 2005 dal socio del GLIS e dell'ASS/Si Ing. Giuseppe Mancinelli (con collaudo in corso d'opera dello scrivente), di una palazzina in c.a. sita a Fabriano (AN), che aveva subito danni gravi (ma non strutturali) durante il terremoto umbro-marchigiano del 2007-2008 (8,14,15,16).



Figura 4 – Vista, durante la costruzione, della scuola elementare e media di Galliciano (LU), isolata sismicamente assieme ad altre 4 nuove scuole toscane nell'ambito delle attività previste dal Protocollo d'Intesa sull'isolamento sismico firmato nel 2004 dalla Regione Toscana, dall'ENEA e dal GLIS. La scuola di Galliciano è stata progettata con la collaborazione del socio onorario del GLIS e socio fondatore dell'ASSISi Prof. Mauro Dolce (ora Direttore dell'Ufficio Rischio Sismico e Post-Emergenza del Dipartimento della Protezione Civile) ed è stata collaudata dal Prof. Alberto Parducci dell'Università degli Studi e-Campus di Roma, membro del consiglio direttivo del GLIS e socio dell'ASSISi



Figura 5 – Alcuni degli isolatori elastomerici che proteggono la scuola di Galliciano di Figura 4



Figura 6 – Un isolatore elastomerico della corona esterna installato nella nuova scuola di Galliciano di Figura 4



Figura 7 – La scuola di Galliciano (LU) di Figura 4, a costruzione ultimata



Figura 8 – Vista dall'alto dell'edificio principale e di quello attiguo, ambedue isolati simicamente, del Centro Operativo e Formazione, in costruzione nel nuovo Centro della Protezione Civile di Foligno (estate 2009). Gli edifici sono stati progettati dal Prof. Parducci; lo scrivente fa parte delle commissioni di collaudo in corso d'opera statico ed amministrativo



Figura 9 – Vista di fronte dell'edificio principale del Centro Operativo e Formazione di Figura 8, sorretto da 10 isolatori elastomerici ad alto smorzamento di 1 m di diametro, realizzati dalla società FIP Industriale



Figura 10 – Alcuni degli isolatori "a pendolo scorrevole" (*Sliding Isolation Pendulum* o SIP) realizzati dalla società FIP Industriale nell'ambito del Progetto C.A.S.E. (si notino le necessarie protezioni dalla polvere e da altri agenti esterni)



Figura 11 – Una delle oltre 184 piastre isolate simicamente realizzate nell'area de L'Aquila per sorreggere i prefabbricati realizzati nell'ambito del Progetto C.A.S.E.



Figura 12 – Uno degli isolatori SIP realizzati dalla società ALGA, installati sotto le piastre di Figura 11



Figura 13 – Uno dei prefabbricati in costruzione nell'area de L'Aquila sulle piastre isolate similmente di Figura 11 (estate 2009)

Lo scrivente, inoltre, ha messo in rilievo la crescente “domanda” d’isolamento sismico anche in altre località italiane, a seguito del terremoto in Abruzzo e grazie alla normativa nazionale (recentemente divenuta d’uso obbligatorio, dopo l’evento suddetto), che permette di tener conto della riduzione delle azioni sismiche agenti sulla sovrastruttura ed in fondazione. Egli ha anche citato casi emblematici, come quello riguardante la decisione (presa solo a seguito di dichiarazioni da lui rilasciate alla stampa dopo il terremoto in Abruzzo) di procedere finalmente alla demolizione ed alla ricostruzione, con l’isolamento sismico, di due corpi di fabbrica del Liceo Scientifico Romita di Campobasso, che ospita 1.300 studenti: tali corpi di fabbrica si erano rivelati insicuri già a seguito del terremoto del Molise e della Puglia del 2002, in base ai risultati di indagini numerico-sperimentali effettuate congiuntamente dall’ENEA, dall’Università della Basilicata e dalla società ENEL-Hydro (oggi CESI) di Seriate (BG) (14,15,16), ma le lungaggini burocratiche e la mancanza di fondi avevano impedito di procedere oltre la loro messa in sicurezza dal punto di vista statico.

Per quanto attiene agli altri paesi rappresentati al simposio di Tokyo, a Taiwan (dove applicazioni significative dei sistemi antisismici sono iniziate dopo il terremoto di *Chi Chi* del 1999 e sono favorite dalla normativa sismica entrata in vigore nel 2002 ed aggiornata nel 2006 (14,15,16,17)) gli edifici isolati (alla base od alla sommità del primo piano) hanno superato la trentina e quelli protetti da dissipatori l’ottantina, già da alcuni anni.

L’Armenia, poi, merita una particolare menzione. Infatti, considerando il numero di applicazioni dell’isolamento sismico per abitante, questo paese è secondo solo al Giappone, nonostante sia ancora in via di sviluppo e l’uso della tecnica suddetta sia iniziato più tardi che altrove (dopo il terremoto di *Spitak* del 1988). Anche in Armenia l’applicazione dell’isolamento è favorita da una normativa che permette di tenere conto della riduzione delle azioni sismiche conseguente all’uso di tale tecnica. Gli edifici armeni isolati sono ormai 32, sia in c.a. che in muratura, ed includono alcuni importanti *retrofit*. Questi ultimi riguardano sia edifici con isolamento alla base che la costruzione di un cosiddetto “piano superiore aggiuntivo isolato” (*Additional Isolated Upper Floor*). Le tecniche di *retrofit* sviluppate ed applicate in Armenia permettono di non interrompere le attività negli edifici e di mantenerli abitati durante i lavori. Inoltre, a partire dal 2003-2004 sono stati costruiti a Yerevan (che ospita gran parte della popolazione armena) anche edifici isolati di notevole altezza (fino a 20 piani). Gli isolatori attualmente installati in Armenia sono di produzione nazionale: si tratta di dispositivi in neoprene (armati internamente con lamine d’acciaio come quelli in gomma naturale utilizzati in altri paesi), “a medio smorzamento” (*Medium Damping Rubber Bearing*), caratterizzati da un coefficiente di smorzamento pari al 8%-10%. Tali isolatori sono anche esportati. Negli edifici multipiano prima citati essi hanno un diametro relativamente piccolo e sono installati in gruppi in corrispondenza di ciascun punto d’appoggio della sovrastruttura: l’obiettivo di ciò è sia di facilitarne il trasporto, l’installazione e l’eventuale sostituzione, sia di minimizzare gli effetti torsionali, attraverso un’opportuna disposizione dei singoli dispositivi. Inoltre, gli esperti armeni hanno fornito importanti collaborazioni per realizzazioni persino nella Federazione Russa (per *retrofit* di edifici storici (14,15,16,17)), in Romania ed in Nagorno Karabash.

Pure in Nuova Zelanda (uno dei paesi in cui l’isolamento sismico e la dissipazione d’energia hanno visto i natali ed al quale si deve lo sviluppo di dispositivi basati sull’uso del piombo (14,15,16,17)) le applicazioni continuano a crescere, nonostante essa sia, come l’Armenia, scarsamente popolata. Nuovi sistemi sono stati recentemente sviluppati e gli edifici isolati superano ormai la trentina, collocando questo paese al terzo posto, a livello mondiale (dopo il Giappone e l’Armenia), nella graduatoria di quelli che ospitano il maggior numero di tali applicazioni per abitante.

Diversa è la situazione in Iran, dove l’enorme progetto iniziato pochi anni fa a Parand, nuova città satellite di Tehran, che prevedeva la realizzazione di un migliaio di edifici residenziali isolati mimicamente (17), si è recentemente arenato (sono stati per ora completati solo 5 di tali edifici, peraltro non ancora consegnati). A parte questi, le moderne applicazioni iraniane dei sistemi antisismici sono ancora assai limitate (una importante di *retrofit*, effettuata con dissipatori italiani, riguarda un hotel); per contro, anche in Iran (così come in Anatolia, in Cina, in Grecia, in Perù e, forse, in Italia (14,15,16,17)) applicazioni di grande rilevanza risultano essere state effettuate nell’antichità con rudimentali tecniche di isolamento (strati di sabbia alla base o di pietrisco nelle murature, tronchi d’albero sotto gli edifici, utilizzati a mo’ di rulli): ci si è domandati a Tokyo se non valga la pena di prendere nuovamente in considerazione anche queste tecniche (a

basso costo), dato che alcune costruzioni con esse realizzate in Iran ed in altri paesi sono sopravvissute per lunghi secoli, anche a terremoti violenti, senza mostrare neppure spostamenti residui apprezzabili.

Infine, in Romania l'uso dei sistemi antisismici è solo agli inizi. Qui l'adozione dell'isolamento richiede grande attenzione, in considerazione dell'elevato contenuto energetico alle basse frequenze che i terremoti presentano in gran parte del territorio (questa problematica era già emersa a Bucarest nel 2008, al simposio «*Modern Systems for Mitigation of Seismic Action*», coorganizzato dall'ENEA e dal GLIS (17)).

## RACCOMANDAZIONI DELLA COMUNITÀ SCIENTIFICA INTERNAZIONALE

A seguito del *workshop* di Istanbul, l'UNESCO ha redatto una dichiarazione (18), che, dopo essere stata approvata dai partecipanti, è stata distribuita ai governi. Su proposta dello scrivente, essa recita al punto (2) delle «Raccomandazioni ai governi»: «*Make sure all the critical facilities such as schools and hospitals can withstand the possible earthquakes, by utilizing advanced techniques such as seismic isolation when applicable, so that they will continue to function immediately after the earthquakes*» e, al punto (6): «*Examine the current insurance system against earthquake and consider the modification to enlarge the coverage and to link with the building control system. The attention should be part for preparedness activities rather than disaster management activities*».

Fra le raccomandazioni condivise al simposio di Tokyo vale la pena di citare le seguenti (11):

- l'isolamento sismico dovrebbe essere adottato quantomeno nella realizzazione di tutte le nuove strutture strategiche (ospedali, *lifelines*, ecc.), pubbliche (*in primis* le scuole) ed a rischio di incidente rilevante site in aree significativamente sismiche, perché trattasi dell'unica tecnica attualmente nota che è in grado di proteggere integralmente tali strutture, le persone in esse presenti e gli oggetti e le apparecchiature in esse contenuti e di garantirne la piena funzionalità dopo il terremoto (condizione indispensabile almeno per le opere strategiche);
- è comunque da promuovere l'adozione dell'isolamento sismico e della dissipazione d'energia anche negli edifici residenziali ed industriali, nonché nella comune impiantistica e nella comune rete viaria e ferroviaria, sia nelle città che nelle campagne, in quanto, per garantire alla società la continuazione di una "vita normale", occorre che anche queste opere restino integre;
- occorre ricordare che l'isolamento sismico e la dissipazione di energia sono due tecniche complementari, la cui sovrapposizione può portare ad inattese conseguenze negative (uno smorzamento eccessivo può immettere energia in un edificio isolato a frequenze pericolose, quantomeno per la protezione delle apparecchiature in esso contenute);
- per il motivo suddetto ed in considerazione delle perduranti incertezze evidenziate dai sismologi circa la possibilità di accadimento di terremoti caratterizzati da un elevato contenuto energetico alle basse frequenze, a parere di molti esperti (compresa parte dei giapponesi) l'applicazione dell'isolamento sismico ai grattacieli è criticabile, soprattutto perché tecniche come la dissipazione d'energia possono essere altamente efficaci per tali realizzazioni;
- nella scelta dei dispositivi antisismici occorre prestare molta attenzione, soprattutto quando ci si trovi in condizioni di *near fault* (vicinanza alla faglia), che possono dar luogo ad eventi altamente impulsivi con forti componenti verticali del moto sismico (ciò si verificò, ad esempio, durante il terremoto di *Wenchuan* in Cina, dove l'accelerazione verticale di picco del terreno raggiunse 0,95 g, contro i 0,65±0,96 g delle componenti orizzontali (5) e, sebbene in misura minore, anche in Abruzzo);
- nel dimensionare i suddetti dispositivi occorre, inoltre, ricordare che la violenza di molti fra i più recenti terremoti è stata largamente sottostimata dall'approccio probabilistico, che è usualmente utilizzato per la definizione della pericolosità sismica (nella R. P. Cinese, nell'area colpita dal terremoto di *Wenchuan*, ben di un fattore 10, dato che era previsto, per l'accelerazione orizzontale di picco del terreno, un valore di 0,1 g (3,5)); allo stesso modo è stata sovente largamente sottostimata l'amplificazione locale del terreno (ciò è avvenuto anche in occasione del terremoto in Abruzzo);
- oltre ad una buona progettazione dei sistemi e dei dispositivi antisismici e delle strutture di essi dotate, occorre controllare adeguatamente la correttezza della costruzione; ciò richiede la scelta di imprese affidabili (da effettuarsi più sulla base delle capacità tecniche che su quella di considerazioni economiche) ed accurati controlli (in Italia da parte del direttore dei lavori e del collaudatore in corso d'opera);
- l'adeguatezza dei controlli suddetti può essere agevolata da un efficace sistema assicurativo, così come già avviene in vari paesi (ma ancora non in Italia);
- per garantire la sicurezza delle opere dotate di sistemi antisismici, non è sufficiente progettare e realizzare bene tali sistemi e tali opere, ma per l'intera "vita utile" di queste ultime, occorre assolutamente assicurare, attraverso adeguati piani d'ispezione e manutenzione, pure il corretto funzionamento dei dispositivi antisismici (anche conservando integre le loro protezioni), la sostituibilità di tali dispositivi, che resti completamente libero il giunto strutturale e che rimangano integre le tubazioni "d'interfaccia" rilevanti per la sicurezza e (ove richiesta) la funzionalità dell'opera (ad esempio, le giunzioni delle tubazioni del gas devono sopportare indenni deformazioni pari allo spostamento massimo di progetto);

- i suddetti piani d'ispezione e manutenzione sono stati predisposti in alcuni paesi (come il Giappone), ma devono ancora esserlo in altri, inclusa l'Italia, dove, per il momento, essi sono stati solo volontariamente elaborati in alcuni casi (ad esempio, da parte dello scrivente, che ha già incluso apposite raccomandazioni nel certificato di collaudo del complesso costituito dalla nuova scuola Francesco Jovine e dal Centro Professionale ed Universitario «Le Tre Torri» di San Giuliano di Puglia (8,19), nonché in quello riguardante i quattro edifici residenziali isolati del nuovo Quartiere San Samuele di Cerignola (8));
- nei paesi in cui non è ancora completamente affermata la consapevolezza del fatto che il terremoto è un evento "reale", si raccomandano incentivi per l'applicazione dell'isolamento e delle altre moderne tecnologie antisismiche, come quelli di recente adottati in Italia, in particolare in Sicilia (1).

Da ultimo, per quanto attiene all'utilizzazione dell'isolamento sismico negli edifici, al simposio di Tokyo si è ritenuto importante sottolineare quanto segue:

- in paesi come il Giappone, gli Stati Uniti d'America ed altri che adottano le regole americane (come ad esempio il Cile) la normativa non permette di trarre vantaggi, nella progettazione degli edifici, dall'utilizzazione dell'isolamento sismico; pertanto, tale sistema costituisce una sicurezza "aggiuntiva" e la sua applicazione comporta sempre un aumento del costo di costruzione;
- il suddetto aumento di costo di costruzione è ormai sufficientemente accettato in Giappone (a fronte della maggiore sicurezza e dei vantaggi in termini di bilancio economico complessivo che l'isolamento garantisce), mentre non lo è ancora in altri paesi, come, ad esempio, gli Stati Uniti d'America od il Cile;
- da ciò consegue che, mentre in Giappone il numero di edifici isolati è ormai molto rilevante, negli Stati Uniti d'America ed in Cile resta assai limitato e, dunque, pur essendo pari ed elevato il livello di sicurezza di ogni singola applicazione, le comunità giapponesi sono complessivamente molto più sicure di quelle americane o cilene;
- in altri paesi (come, ad esempio, la R. P. Cinese, Taiwan, l'Armenia, o – almeno fino a prima del sisma in Abruzzo – l'Italia), nei quali la popolazione è ancora assai meno consapevole (rispetto a quella giapponese) della realtà del rischio sismico, per promuovere l'isolamento degli edifici si è fatta la scelta di emanare normative che, come si è detto, permettono di alleggerire la sovrastruttura (e, conseguentemente, le fondazioni) per tenere parzialmente conto della drastica riduzione delle azioni sismiche che la tecnica suddetta comporta;
- da ciò segue, in tali paesi, quantomeno un contenimento dei costi aggiuntivi di costruzione (e, talvolta, un risparmio), con il raggiungimento (anche in essi, come in Giappone) dell'obiettivo di promuovere un numero crescente di realizzazioni;
- anche in tali paesi, dunque, si tende ad aumentare sempre più la sicurezza complessiva delle comunità;
- in tal modo, però, diversamente dal Giappone, un elevato livello di sicurezza, sia delle singole applicazioni che complessivo, potrà essere raggiunto se e solo se i sistemi d'isolamento degli edifici e tutti i particolari costruttivi importanti per le costruzioni isolate (giunti strutturali, loro protezioni ed elementi "di interfaccia") saranno adeguatamente progettati, realizzati ed assoggettati alle indispensabili ispezioni e manutenzioni.

In conclusione, se nella R. P. Cinese, a Taiwan, in Armenia od in Italia si commetteranno errori nella progettazione o nella realizzazione di edifici isolati, ovvero non si provvederà ad una loro adeguata ispezione o manutenzione durante l'intera "vita utile", il risultato sarà di realizzare costruzioni che potranno risultare meno sicure di quelle convenzionali, avendo fatto riferimento, nel progetto, ad azioni sismiche minori. In Italia, dunque, non vi è più scusa per non utilizzare tecnologie come l'isolamento sismico, ma, nel farlo, occorre agire con estrema serietà ed attenzione.

## NOTE

- 1 Roberto Irsuti (2009), «Le attività del GLIS dopo il terremoto dell'Abruzzo del 6 aprile 2009 – Si impone la moderna progettazione antisismica», *21<sup>mo</sup> Secolo – Scienza e Tecnologia*, N. 3-2009 (ottobre), pp. 53-58
- 2 Alessandro Martelli (2009), «Lo Studio – Sistemi antisismici: da Skopje a San Giuliano – La prima applicazione risale a sessant'anni fa in Macedonia. Giappone leader a livello mondiale, Italia leader europeo», *Rivista degli Ingegneri del Veneto (FOIV)*, N. 25, pp. 34-37
- 3 Yong Feng Du, Alessandro Martelli e Giuliano Panza (2008), «Nuovamente sotto accusa il metodo probabilistico per la definizione della pericolosità sismica ed i criteri di progettazione antisismica delle scuole, degli ospedali e degli altri edifici strategici e pubblici, ma una nota è positiva: l'ennesima riprova dell'efficacia dell'isolamento sismico – Il terremoto di Wenchuan del 12 maggio 2008, di magnitudo quasi 8,0», *21<sup>mo</sup> Secolo – Scienza e Tecnologia*, N. 3-2008, pp. 39-44
- 4 Alessandro Martelli (2009), «Anti-seismic systems: state of the art of research and implementation», relazione su invito, in *Modern Systems for Mitigation of Seismic Action – Proceedings of the International Technical-Scientific Seminar*, Bucharest (Romania), October 31, 2008, AGIR Publishing House, Bucarest (Romania), ISBN 978-973-720-223-9, pp. 41-70

- 5 JSSI (2009), Proceedings of the International Workshop Celebrating the 15 Years Anniversary of JSSI, Tokyo, Japan, September 16-18, 2009
- 6 Alessandro Martelli (2008), «Compito del GLIS sarà anche vigilare sulla corretta applicazione delle moderne tecnologie antisismiche – Ora che le moderne tecnologie antisismiche si sono finalmente affermate anche in Italia, non possiamo permettere che poche applicazioni scorrette mettano a repentaglio i nostri sforzi di tanti anni», *21<sup>mo</sup> Secolo – Scienza e Tecnologia*, N. 1-2008 (marzo), pp. 46-48
- 7 Alessandro Martelli e Massimo Forni (2008), «Nel proseguire l'opera di promozione di nuove applicazioni, il GLIS conferma anche il suo impegno a vigilare sulla corretta effettuazione di quelle in corso, per garantire la sicurezza delle strutture protette dai moderni sistemi antisismici – Nuove applicazioni dei moderni sistemi antisismici? Certamente sì, ma nel pieno rispetto della normativa e della legge», *21<sup>mo</sup> Secolo – Scienza e Tecnologia*, N. 3-2008 (luglio), pp. 29-38
- 8 Alessandro Martelli (2009), «Sismica – Dispositivi di protezione dal terremoto. Intervento del responsabile della Sezione Prevenzione Rischi Naturali e Mitigazione Effetti dell'ENEA – Isolamento sismico: serve realizzarlo correttamente – Per mantenere un edificio isolato in condizioni di sicurezza occorre che siano rilasciate istruzioni a chi gestirà l'edificio durante la sua vita. La normativa non ne fa ancora cenno. Presto una proposta del GLIS», *Rivista degli Ingegneri del Veneto (FOIV)*, N. 26 (luglio), pp. 20-23
- 9 Alessandro Martelli (2009), «Lessons learned from recent earthquakes in Italy: from the San Giuliano di Puglia tragedy in 2002 to the collapses in Abruzzo in 2009», relazione su invito, *Extended Abstract Volume, UNESCO-IPRED-ITU International Workshop on "Make the Citizens a Part of the Solution, Istanbul, Turkey, July 5-7, 2009*
- 10 Alessandro Martelli (2009), «Application of seismic isolation in Italy and other countries», *key-note lecture, Proceedings of the International Workshop Celebrating the 15 Years Anniversary of JSSI, Tokyo, Japan, September 16-18, 2009*, p. 4 (sommario) e pp. 13-20 (testo completo)
- 11 Alessandro Martelli (2009), «UNESCO-IPRED-ITU International Workshop on Make the Citizens a Part of the Solution (Istanbul, 5-7 luglio, 2009) e JSSI 15<sup>th</sup> International Symposium on Seismic Response Controlled Buildings for Sustainable Society (Tokyo, 16-18 settembre 2009) – Raccomandazioni della comunità scientifica internazionale per la corretta applicazione dell'isolamento sismico e della dissipazione di energia», *21<sup>mo</sup> Secolo – Scienza e Tecnologia*, N. 3-2009 (luglio), pp. 59-63
- 12 Alessandro Martelli e Massimo Forni (2009), «La protezione degli edifici dal terremoto mediante isolamento sismico e dissipazione di energia», *Energia, Ambiente e Innovazione, Bimestrale dell'ENEA, Speciale Terremoti*, Anno 55 (maggio-giugno), pp. 89-106
- 13 Alessandro Martelli (2009), «Applicazioni dell'isolamento sismico e della dissipazione di energia in Italia e nel mondo», *21<sup>mo</sup> Secolo – Scienza e Tecnologia, Speciale Terremoto in Abruzzo*, N. 2-2009 (giugno), pp. 12-17
- 14 Mauro Dolce, Alessandro Martelli e Giuliano Panza (2005), *Proteggersi dal Terremoto: le Moderne Tecnologie e Metodologie e la Nuova Normativa Sismica*, 2<sup>a</sup> edizione, ISBN 88-87731-28-4, 21<sup>mo</sup> Secolo, Milano
- 15 Mauro Dolce, Alessandro Martelli e Giuliano Panza (2006), *Moderni Metodi di Protezione dagli Effetti dei Terremoti*, Edizione speciale per il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile a cura di A. Martelli, ISBN 88-87731-30-6, 21<sup>mo</sup> Secolo, Milano
- 16 Alessandro Martelli, Umberto Sannino, Alberto Parducci e Franco Braga (2008), *Moderni Sistemi e Tecnologie Antisismici. Una Guida per il Progettista*, ISBN 978-88-87731-37-8, 21<sup>mo</sup> Secolo, R. Irsuti, ed., Milano
- 17 Umberto Sannino, Horea Sandi, Alessandro Martelli e Ion Vlad (2008), *Modern Systems for Mitigation of Seismic Action – Proceedings of the Symposium Held at Bucharest, Romania, on October 31, 2008*, ISBN 978-973-720-223-9, AGIR Publishing House, Bucarest
- 18 UNESCO (2009), *Declaration of Participants in the UNESCO-IPRED-ITU Workshop – Istanbul, 7 July 2009*, Parigi (Francia)
- 19 Alessandro Martelli e Claudio Pasquale (2008), «Ispezione, manutenzione, verifiche e sostituzioni degli isolatori sismici e delle loro protezioni, degli elementi d'interfaccia e delle piastre di protezione dei giunti strutturali – Raccomandazioni dei collaudatori della nuova scuola Francesco Jovine e del Centro Professionale ed Universitario Le Tre Torri di San Giuliano di Puglia», *21<sup>mo</sup> Secolo – Scienza e Tecnologia*, N. 4-2008 (ottobre), pp. 36-40