

CONTINUA A CRESCERE L'APPLICAZIONE DEI SISTEMI ANTISISMICI *

Alessandro MARTELLI **

* Il testo di questo articolo è stato estratto dall'omonimo articolo del Prof. Ing. Alessandro Martelli pubblicato sulla rivista "21^{mo} Secolo – Scienza e Tecnologia", n. 3 ottobre 2013, pp. 19-26

** *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

Fra le recenti manifestazioni riguardanti i sistemi antisismici, già svoltesi successivamente a quanto riportato nel numero di giugno 2013 di 21^{mo} Secolo – Scienza e Tecnologia [1], quella di maggiore rilevanza a livello internazionale è stata la «13th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures» dell'Anti-Seismic Systems International Society (ASSISi), che ha avuto luogo a Sendai (Giappone) dal 24 al 26 settembre. In tale conferenza, coorganizzata dal GLIS, si è avuto modo sia di constatare la perdurante forte crescita delle applicazioni dei sistemi antisismici in tutti i paesi (in particolare, ma non solo, in Giappone e nella Repubblica Popolare Cinese), sia di venire a conoscenza di ulteriori dimostrazioni dell'efficacia di tali sistemi durante il terremoto di *Lushan*, di magnitudo $M=7,0$, che ha colpito la Repubblica Popolare (R. P.) Cinese il 20 aprile.

Alla conferenza ho rappresentato sia l'ASSISi che il GLIS (come membro dell'*Organization Committee*) e sono stato sia *key-note lecturer* sullo stato delle applicazioni dei sistemi antisismici in Italia [2] che relatore su invito sulla sicurezza sismica delle scuole e degli ospedali [3];

NOTE SULLA CONFERENZA DI SENDAI

La conferenza internazionale di Sendai, la cui denominazione completa era «13th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures – commemorating JSSI 20th Anniversary», è stata organizzata congiuntamente dall'ASSISi e dal suo *corporate member* Japan Society of Seismic Isolation (JSSI), che, appunto, celebrava il 20° anniversario della sua fondazione. Essa ha fatto seguito ad una serie eventi biennali, sempre organizzati (nelle tre occasioni in cui si sono tenuti in Italia) o coorganizzati (se svoltesi all'estero) dal GLIS: il primo ebbe luogo a San Francisco (California, USA) nel 1989 e quelli successivi a Nara (Giappone) nel 1991, Capri nel 1993, Santiago (Cile) nel 1995, Taormina nel 1997, Cheju (Corea del Sud) nel 1999, Assisi nel 2001, Yerevan (Armenia) nel 2003, Kobe (Giappone) nel 2005, Istanbul (Turchia) nel 2007, Guangzhou (R. P. Cinese) nel 2009 e Sochi (Federazione Russa) nel 2011. Fino all'evento di Santiago del 2005, si trattò di un seminario collegato alla conferenza internazionale biennale «Structural Mechanics in Reactor Technology» (SMiRT). L'organizzazione è stata per la prima volta autonoma nel 2001, per l'evento di Assisi, a conclusione del quale si decise la costituzione dell'omonima (in termini di acronimo) associazione ASSISi. L'evento di Yerevan del 2003 fu il primo ad essere stato formalmente organizzato dall'ASSISi.

Alla conferenza di Sendai hanno partecipato numerosi esperti giapponesi e di molti altri paesi. Gli italiani, però, erano solo 5 (me incluso), probabilmente a causa dell'attuale crisi economica nazionale: in particolare, oltre a me, gli unici altri rappresentanti del GLIS presenti erano i soci fondatori dell'ASSISi Ing. Renzo Medeot e Prof. Gianmario Benzoni (quest'ultimo, però, lavorando all'Università di San Diego, rappresentava gli USA).

Alla conferenza si è avuto modo sia di constatare la perdurante forte crescita delle applicazioni dei sistemi antisismici in tutti i paesi (in particolare, ma non solo, in Giappone e nella R. P. Cinese), sia di venire a conoscenza di ulteriori dimostrazioni dell'efficacia di tali sistemi durante recenti violenti terremoti. Quanto alle attuali applicazioni dei sistemi antisismici, la Tabella 1 riporta i dati che sono riuscito a reperire a Sendai e, successivamente, per la Turchia (dove è in corso la costruzione di molti ospedali isolati). Mancano ancora quelli di alcuni paesi importanti, in particolare di Taiwan (dove pure risulta una crescente utilizzazione dei sistemi antisismici), e sono da controllare quelle relative alla Nuova Zelanda (dove risultavano più applicazioni già qualche anno fa).

Come mostra la Tabella 1, il Giappone resta il paese *leader* per numero complessivo di applicazioni dei sistemi antisismici, con un perdurante consistente aumento di tale numero (a metà dello scorso anno gli edifici isolati giapponesi erano circa 6.600, incluse circa 4.000 case, e quelli protetti da sistemi dissipativi circa 3.000, incluse circa 2.000 case [4]). Però, nella R. P. Cinese, l'utilizzazione dei suddetti sistemi sta crescendo ancora più rapidamente che non in Giappone, soprattutto per quanto attiene all'isolamento sismico (a metà dello scorso anno gli edifici isolati cinesi erano circa 2.500 e quelli protetti da dissipatori od altri dispositivi circa 450 [4]).

PAESE	ISOLAMENTO SISMICO				DISSIPAZIONE DI ENERGIA ED ALTRI SISTEMI			
	Grandi edifici	Case	Ponti e viadotti	Strutture industriali	Grandi edifici	Case	Ponti e viadotti	Strutture industriali
Giappone	3.000	5.000	>1.000 (?)	alcune	1.000	>5.000	n.n.	n.n.
R. P. Cinese	4.000		400	50	500		200	50
Federazione Russa	600	0	>100	0?	8	0	>100	0?
USA	≈250		centinaia	alcune	centinaia		n.n.	n.n.
Italia	>400?		decine?	3	decine?		>300?	0
Taiwan	n.n. (>29)	n.n.	n.n. (>20)	n.n.	n.n. (>85)	n.n.	n.n.	n.n.
Armenia	43	2	≈10	0	3	0	0	0
Nuova Zelanda	15 (?)	0 (?)	3 (?)	2 (?)	2 (?)	0 (?)	1 (?)	2 (?)
Turchia	18	0	11	2	2	0	0	0
Altri paesi	decine?		n.n.	decine	decine?		n.n.	n.n.
Totali	>14.000		>>1.500	≈80	>>6.500		>>600	>50

Tabella 1 - Applicazioni attuali dei sistemi antisismici (dati forniti alla conferenza di Sendai del 24-26 settembre 2013 e, per la Turchia, successivamente) [n.n. = non noto; ? = da verificare]



Figura 1 - Distruzioni causate dal terremoto di *Lushan* (R. P. Cinese) del 20 aprile 2013 [5].

Quanto all'efficacia dell'isolamento sismico, nuove importanti conferme si sono avute in occasione del terremoto di *Lushan*, che ha colpito nuovamente il Sichuan, nella R. P. Cinese, il 20 aprile scorso (Figura 1) [5]. Tale terremoto, di magnitudo $M = 7,0$ e con profondità ipocentrale di 13 km, si è infatti verificato in un'area già interessata dall'evento di *Wenchuan* del 2008 [4] (la distanza fra i due epicentri è stata di 150 km) ed è stato caratterizzato da valori massimi dell'accelerazione orizzontale del terreno (*Peak Ground Acceleration* o *PGA*) che hanno raggiunto 0,4-0,6 g, contro il valore di progetto di 0,3 g [5] (si noti, anche per questo terremoto, l'inadeguatezza del metodo probabilistico utilizzato per definire il suddetto valore di progetto, nonché il fatto che il nuovo evento si è verificato solo 5 anni dopo quello di *Wenchuan*, mentre quest'ultimo era stato preceduto da un sisma di magnitudo comparabile quasi 80 anni prima [4]).

Il terremoto di *Lushan* ha causato 196 morti (oltre a 21 dispersi) ed il ferimento di 250.000 persone; sono crollati o sono stati lesionati circa 40.000 edifici (cioè circa il 75% di quelli presenti nell'area interessata dall'evento) [5].

Le costruzioni fortemente lesionate annoverano numerosi edifici strategici e pubblici, anche costruiti o ricostruiti dopo l'evento di *Wenchuan*, inclusi ospedali e scuole. Però, ove era utilizzato, l'isolamento sismico risulta aver dato ottima prova di sé [5]. Particolarmente interessanti sono, a *Lushan*, due casi di strutture in cemento armato (c.a.): quello dell'ospedale della contea (7 piani fuori terra ed 1 interrato), costituito da 2 corpi di fabbrica fondati convenzionalmente ed 1 con isolamento sismico alla base (Figure 2-4), e quello di due scuole elementari, l'una fondata convenzionalmente e l'altra sismicamente isolata ed ambedue strumentate (Figura 5). Le Figure 6-12 mostrano che i due edifici dell'ospedale fondati convenzionalmente hanno subito danni sia strutturali che ai tramezzi, al tetto ed alle apparecchiature contenute, risultando inutilizzabili dopo il terremoto, mentre quello isolato è stato l'unico della contea a restare totalmente indenne ed operativo: ciò ha permesso di curarvi migliaia di feriti [5].

Analogo è stato l'effetto dell'isolamento sismico sulle due scuole elementari summenzionate (Figura 5). Mentre quella fondata convenzionalmente ha visto il valore della *PGA* di 0,2 g amplificato, al tetto, a 0,72 g, per quella isolata il valore della *PGA* è risultato invece ridotto da 0,2 g a 0,12 g. L'efficacia dell'isolamento sismico risulta quindi quantificabile in un fattore riduttivo dell'accelerazione massima alla sommità pari 6 [5].



Figura 2 - Vista (prima del terremoto del 20 aprile 2013) dell'ospedale della contea di Lushan, costituito da un edificio isolato simicamente (quello frontale, nella foto) e due fondati convenzionalmente (quelli laterali) [5]



Figura 3 - Vista dell'edificio isolato dell'ospedale di Figura 2, protetto da 83 isolatori in gomma-piombo (*Lead Rubber Bearing* o LRB), transennato dopo il terremoto del 20 aprile 2013



Figura 4 - Isolatori sismici del sistema utilizzato per proteggere d'edificio isolato di Figure 2 e 3



Figura 5 - Una delle due scuole elementari di Lushan, la prima fondata convenzionalmente e l'altra con l'isolamento sismico, colpite dal terremoto del 20 aprile 2013 [5]



Figura 6 - Danni causati dal terremoto di *Lushan* alle strutture portanti dei due edifici fondati convenzionalmente dell'ospedale di Figura 2 e 3 [5]



Figure 7 e 8 - Danni causati dal terremoto di *Lushan* all'interno dei due edifici fondati convenzionalmente dell'ospedale di Figure 2 e 3 [5]



Figura 9 - Assenza di danni, dopo il terremoto di *Lushan*, alle strutture portanti dell'edificio isolato sismicamente dell'ospedale di Figure 2 e 3 [5]



Figura 10 - Assenza di danni, dopo il terremoto di *Lushan*, all'interno dell'edificio isolato sismicamente dell'ospedale di Figure 2 e 3 [5]



Figura 11 - Totale funzionalità, dopo il terremoto di *Lushan*, dell'edificio isolato sismicamente dell'ospedale di Figure 2 e 3 [5]



Figura 12 - Vista laterale dell'ospedale di *Lushan* dopo il terremoto del 20 aprile 2013 (a sinistra sono visibili i danni riportati da uno dei due edifici fondati convenzionalmente, mentre a destra risulta evidente l'integrità di quello isolato sismicamente) [5]

BIBLIOGRAFIA

- [1] Alessandro Martelli (2013), «Prosegue l'impegno del GLIS per la prevenzione sismica – Si proteggano finalmente le scuole italiane», *21^{mo} Secolo – Scienza e Tecnologia*, N. 2/2013 (giugno), pp. 17-23.
- [2] Alessandro Martelli, Paolo Clemente, Alessandro De Stefano, Massimo Forni e Antonello Salvatori (2013), «State of the art on seismic isolation, energy dissipation and active vibration control technology in Italy», *Key-note lecture, Atti su chiavetta elettronica della 13th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures – Commemorating JSSI 20th Anniversary*, 24-26 settembre, Sendai (Giappone).
- [3] Alessandro Martelli, Paolo Clemente e Alessandro De Stefano (2013), «On the benefits of a wide use of anti-seismic systems for the seismic protection of schools and high risk chemical plants», *Relazione su invito, Atti su chiavetta elettronica della 13th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures – Commemorating JSSI 20th Anniversary*, 24-26 settembre, Sendai (Giappone).
- [4] Alessandro Martelli, Massimo Forni e Paolo Clemente (2012), «Recent worldwide application of seismic isolation and energy dissipation and conditions for their correct use», *Presentazione orale n. 397, Atti su chiavetta elettronica della 15th World Conference on Earthquake Engineering (15WCEE)*, Lisbona (Portogallo), 24-28 settembre; *Conference Programme*, p. 52.
- [5] Fu Lin Zhou, Ping Tan, Wen L. H. Heisa e X. L. Xian (2013), «Lu Shan earthquake M7.0 on 2013.4.20 and recent development on seismic isolation, energy dissipation & structural control in China», *Key-note lecture, Atti su chiavetta elettronica della 13th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures – Commemorating JSSI 20th Anniversary*, 24-26 settembre, Sendai (Giappone).