

SEMINARIO  
LE TECNOLOGIE MODERNE DI PROTEZIONE  
ANTISISMICA  
16 settembre 2014, Palazzo della Provincia, Torino

*L'attuale applicazione  
delle moderne tecnologie  
antisismiche alle strutture  
civili e industriali:  
considerazioni tecniche  
ed economiche (parte 2)*

*Alessandro Martelli*

- *Presidente GLIS; "Founding President" ed attuale Vicepresidente ASSISi; "Founding President" ISSO*
- *Già assistente del Direttore Generale dell'ENEA per lo sviluppo di tecnologie antisismiche e, prima, direttore del Centro Ricerche di Bologna*
- *Docente di ingegneria sismica, corsi di dottorato, Politecnico di Bari (fino al 2011 di Costruzioni in Zona Sismica, Facoltà di Architettura, Università di Ferrara)*

*Emilia  
(2012)*



*S. Giuliano di Puglia (2002)*

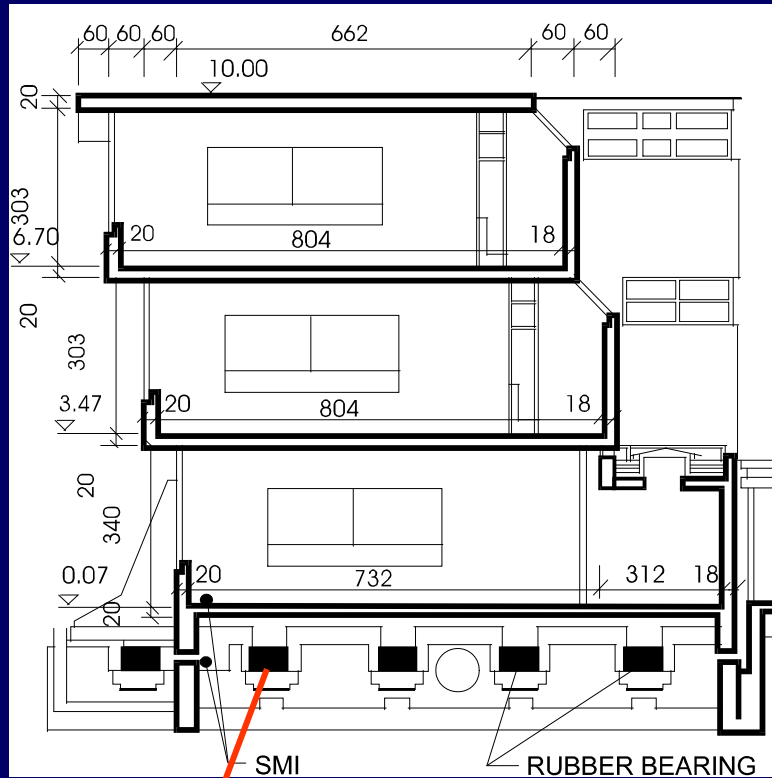


*Abruzzo  
(2009)*



*Sichuan, Cina (2008)*

# 1<sup>a</sup> APPLICAZIONE MODERNA DELL'ISOLAMENTO SISMICO: *Scuola elementare Pestalozzi (Skopje, Macedonia, metà anni 1960)*



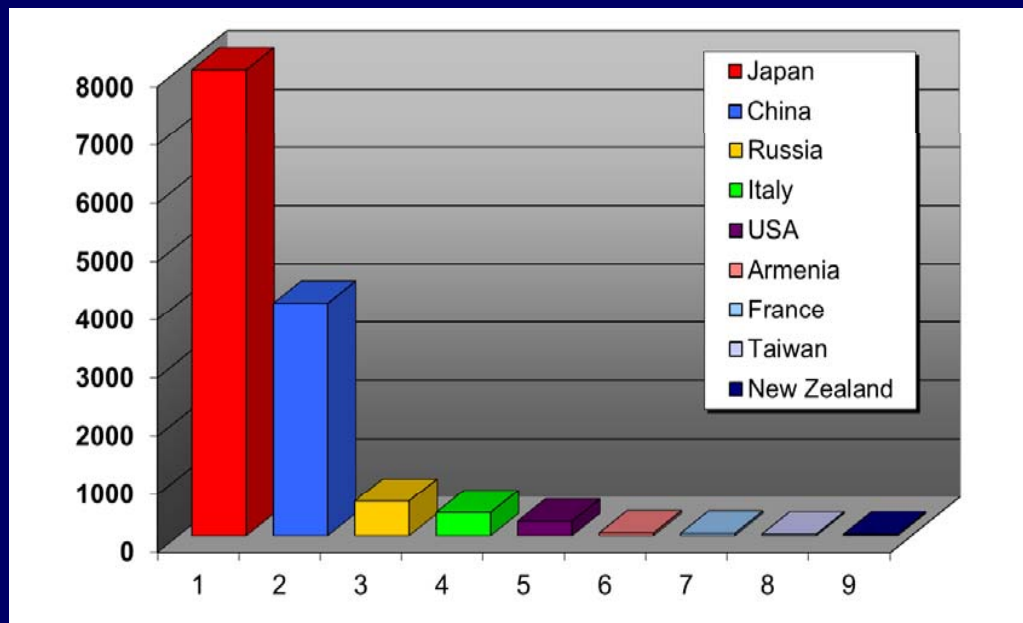
***I LDRB originali, poco armati ed ormai molto deteriorati, furono sostituiti da HDRB nel 2007***



***LDRB donati dalla Svizzera dopo il terremoto di Skopje del 1963 (2008)***

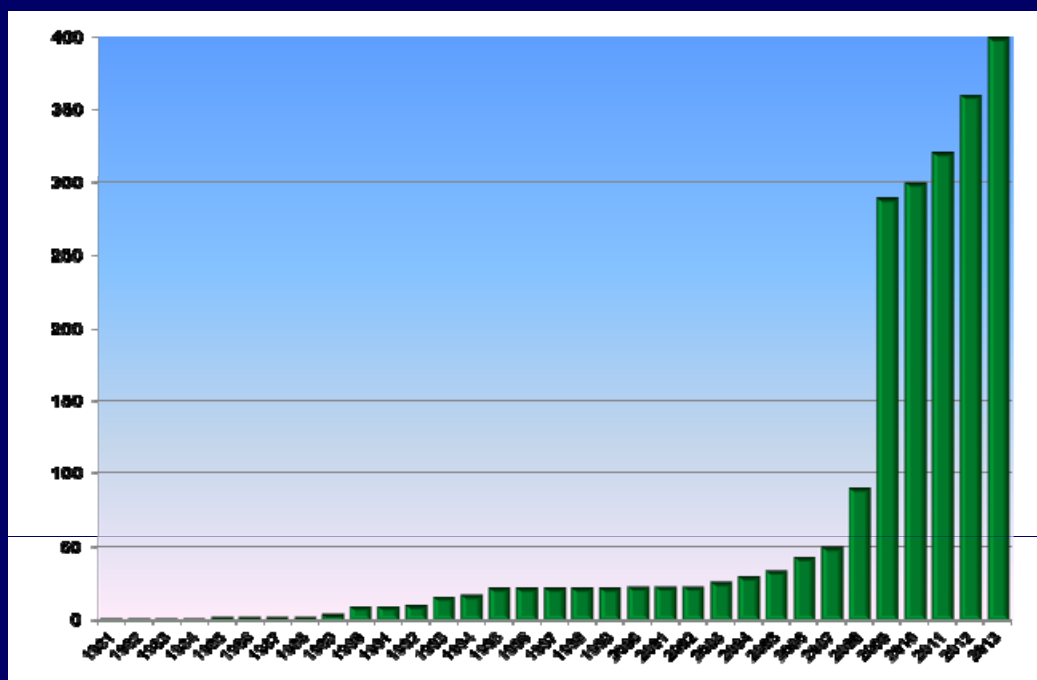


***Un LDRB originario ancora in posizione (a destra) ed un nuovo HDRB subito dopo l'installazione (a sinistra)***



# APPLICAZIONI DEI SISTEMI ANTISISMICI *in settembre 2013* (>23.000)

← **Numero totale degli edifici isolati sismicamente realizzati nei paesi più attivi nel settore della protezione sismica (ASSISi 13<sup>th</sup> World Conference, Sendai, Giappone, settembre 2013)**



← **Numero totale degli edifici isolati sismicamente realizzati in Italia durante gli anni (dati di settembre 2013)**



***Edificio di 87,4 m, Tokyo (2000): 30 LDRB + 99 EPD, T = 4 s; trazione***



***Applause Building a Osaka, protetto da un sistema di controllo ibrido***



# GIAPPONE

***≈ 3·000 edifici isolati, fra cui molti grattacieli (condomini, scuole, ...)***

***1° “Artificial ground” in c.a. a Tokyo: 12·350 m<sup>2</sup> per 21 edifici residenziali di 6-14 piani, con sotto parcheggio; 242 isolatori (LDR, BB, RB/SD); T=6,7 s, S=80 cm (peso sovrastruttura=111·600 t)***



***I retrofit iniziarono alla fine degli anni Novanta***



***Retrofit con sottofondazione del National Western Art Museum (Le Corbusier) e dei Gates of Hell, Tokyo (1999)***



***L'isolamento è ora applicato***

***anche a ≈ 5·000 case private, pure di piccole dimensioni (ad es. isolatori a ricircolo di sfere, accoppiati con dissipatori e dispositivi ricentranti)***

# RECENTI APPLICAZIONI GIAPPONESI

(dissipatori sono installati in  $\approx 1\cdot000$  edifici e  $>5\cdot000$  case)



*“Artificial ground”*



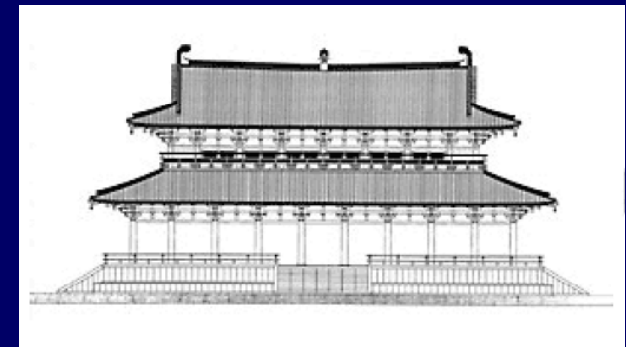
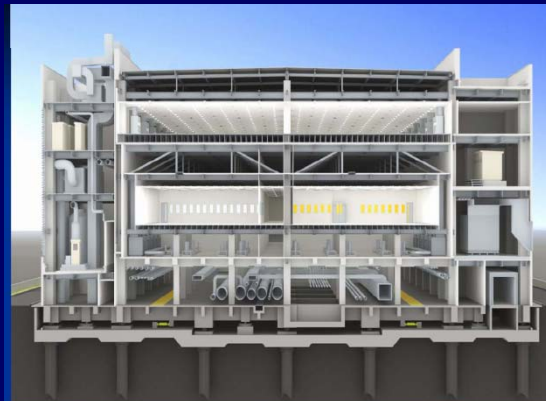
*Giardino pensile (“Green Mass Damper” o GMD) utilizzato come “Tuned-Mass Damper” (TMD)*



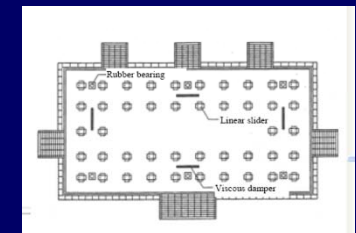
*“Active dissipation bridge” (ADB) fra edifici di notevole altezza*



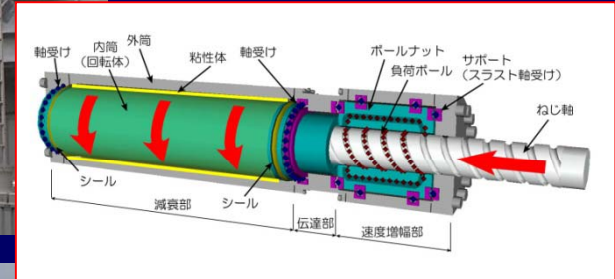
*Uno dei 3 stabilimenti per la produzione di semiconduttori già completati nel 2008  
( $h = 24,23$  m, area totale  $\approx 27\cdot000$  m<sup>2</sup>), 2006*



*Retrofit con isolamento del Daigokuden a Nara, iniziato nel 2007*



# Giappone: dissipazione d'energia



↑ *RTD:  
dissipatore  
viscoso a  
ricircolo di  
sfere*

*Adeguamento  
sismico di  
struttura  
ospedaliera  
esistente  
(Tokyo)*



*Edificio per telecomunicazioni  
(30 piani), con RTD*



*Shantou, 1ª applicazione cinese degli HDRB (1994)*

# R. P. CINESE

*≈ 4·000 edifici cinesi isolati (molti residenziali). 270 in muratura già in giugno 2005 (principalmente nuove costruzioni). Il numero annuo di applicazioni è raddoppiato dopo il sisma di Wenchuan del 2008*



*Cina Occ., 1996*

*60 new masonry dwelling buildings with SI*



*19 piani*

*L'edificio cinese più alto Taiyuan City (Cina Settentrionale)*

*+ 400 ponti isolati & 200 con ED*



*Edificio alto cinese protetto da VD*



*+ 500 edifici protetti da ED, o TMD o AC/HC*

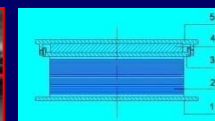


*Risparmio del 25% → altezza media aumentata di 3 piani (ulteriori 100,000 m<sup>2</sup>)*

*Nuovo centro residenziale di Pechino: 50 edifici isolati (7-9 piani, 480·000 m<sup>2</sup>) su un'unica sottostruttura di 2 piani (1500 m · 2000 m), con tutte le infrastrutture*



*Edifici sopra la stazione centrale del metro di Pechino e i loro isolatori 3D (4=isol. verticale)*



# RECENTI APPLICAZIONI NELLA R. P. CINESE



*82 edifici (4-16 piani,  $A_{tot}=210\cdot000\text{ m}^2$ )*



**Complessi  
residenziale nella  
Cina Sudoccidentale**

*94 edifici (4-6 piani,  
 $A_{tot}=280\cdot000\text{ m}^2$ )*



← **Edificio  
ad uso  
uffici,  
Jiangsu  
(Cina  
Orientale)**

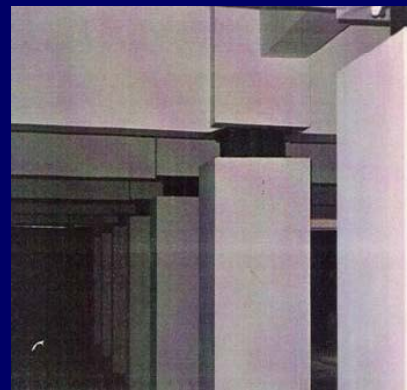


← **Edificio isolato  
alla sommità del 1°  
piano (Canton)**

**Edificio per uffici,  
Xinjian (Cina  
Occidentale) ↓**



←  
**Biblioteca,  
Taiyuan  
City (Cina  
Settentrionale)**





# RECENTI APPLICAZIONI NELLA R. P. CINESE



*4 edifici sulla stessa piastra di "artificial ground"*

**Museo (Cina meridionale)**



*Quartieri generali della China Earthquake Administration (Pechino)*

**(a) Recenti retrofit di edifici storici**

**FEDERAZIONE RUSSA**  
( $\approx$  600 edifici isolati – dati del 2013)

**(b) Progetti di nuovi grattacieli isolati**  
(alcuni con isolatori italiani)



**Banca centrale di Irkutsk (HDRB cinesi)**



**Teatro Nazionale Drammatico, Gorno-Altaysk (HDRB + VED)**



**State Concert Hall di Grozny (HDRB)**



**Chiesa Mihailo – Arkhangel'skaya, Irkutsk (HDRB)**

**Sea Plaza (Hayat) Hotel in c.a. di 27 piani, oltre a 2 interrati (h  $\approx$  93 m, A= 40000 m<sup>2</sup>), a Sochi (193 HDRB italiani)**



**Centro Commerciale in c.a. di Sochi di 21 piani + piano terra e 2 interrati (h  $\approx$  100 m, 200 LRB)**



# SOCHI (FED. RUSSA): RECENTI APPLICAZIONI



↑ *Golden Lagoon Hotel* (c.a.), in costruzione su LRB cinesi



← Uno dei 4 edifici di 28-33 piani in c.a. del complesso *Zarya*, in costruzione su 160 LRB cinesi



↑ *Russian International Olympic University* (8 edifici in c.a.) in costruzione su on 996 LRB cinesi

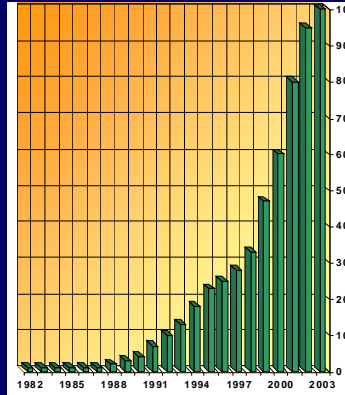


↑ *Complesso residenziale New Alexandria* (2 edifici in c.a., 22 e 23 piani), con controventi dissipativi



# ISOLAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI NEGLI USA

La normativa per gli edifici isolati è particolarmente penalizzante: le attuali 100÷200 applicazioni riguardano prevalentemente grandi edifici pubblici, progettati per resistere a violentissimi sismi



*Nuovo centro della protezione civile di San Francisco (M = 8,3)*



*Art Museum, Golden Gate Park, San Francisco (sostituisce il precedente, non sufficientemente sicuro, 2005)*



*Il Municipio di San Francisco, distrutto dal sisma del 1906, ricostruito nel 1912, danneggiato dal sisma di Loma Prieta del 1989 ed adeguato nel 2000 con 530 LRB e 62 SD (costo del retrofit = 105 MUS\$)*

**Poco meno del 50% delle applicazioni negli USA riguardano grandi edifici pubblici esistenti, molti dei quali storici**

**Inoltre, 600÷650 sono i ponti e viadotti isolati e  $\approx$  1.000 gli edifici protetti da dissipatori**

## USA: Altri esempi di adeguamento sismico con isolamento

← *Salt Lake City & County Bldg. (1894),  $A=15\cdot300\text{ m}^2$ ,  $H_m=75\text{m}$  (retrofit nel 1989, 447 LRB & LDRB, costo=4,4 MUS\$)*



↑ *Asian Art Museum, San Francisco (HDRB)*

*Corte d'Appello di San Francisco (FPS) →*



← *Civic Centre, Berkeley (HDRB)*

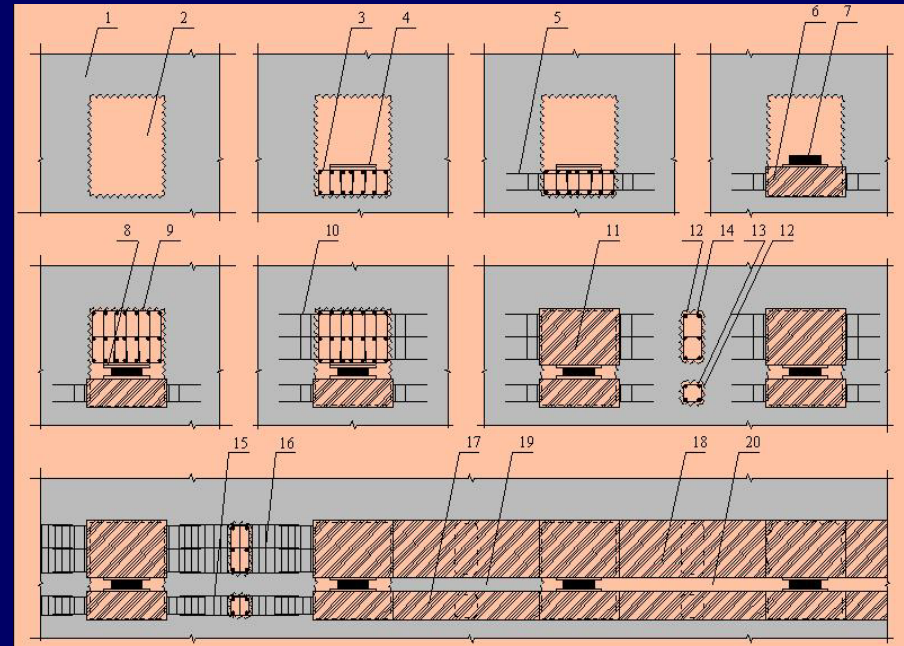


*Kerkhoff Hall,  $A=8\cdot300\text{ m}^2$ , 6 piani*

# EDIFICI ISOLATI IN ARMENIA

(43 edifici isolati)

*Scuola #4 in muratura a Vanadzor: età = 55 anni, retrofit con isolatori in neoprene a medio smorzamento (MDRB) nel 2002*



# ITALIA

## Centrale dei Vigili del Fuoco, Napoli



1974 - 1976  
(1976: sisma del Friuli)



1981



### Viadotto Somplago, autostrada Udine-Tarvisio

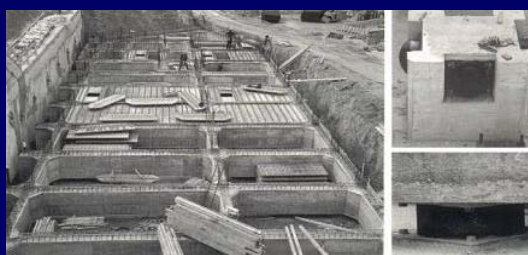


Inizio necessità ↑  
di approvazione

↑ **OPCM**  
3274/2003



San Giuliano di Puglia (2002):  
la scuola elementare crollò →



← prove in sito (1990) fino a  
 $s = 110 \text{ mm} (= 0,8 S_{\text{progetto}})$

### Centro Regionale delle Marche della Telecom Italia, 1<sup>a</sup> grande applicazione italiana dell'isolamento ad edifici (5 edifici, 8 piani, $h = 25 \text{ m}$ , 297 HDRB, 1991)

**ANTE SISMA IN ABRUZZO:**  
≈ 70 edifici isolati (ORA > 400) +  
decine di edifici e > 250 ponti  
e viadotti con altri sistemi

# TIPI DI EDIFICI ITALIANI ISOLATI



*1<sup>o</sup> edifici scolastici isolati italiani*

*Università della Basilicata, PZ (221 HDRB, 1995)*



*Ospedale Gervasutta, Udine (52 HDRB, 2005)*



*10 HDRB (Φ=1 m)*

*Collaudo di A. Martelli  
Centro della Protezione Civile di Foligno (>7 edifici isolati con HDRB e SD, 5 finiti)*



*Centro NATO, Napoli Sud, in costruzione (399 HDRB +20 SD)*



*Basilica Superiore di San Francesco in Assisi (2 · 47 SMAD + 34 STU, 1999)*



*retrofit ↓*



*retrofit ↓*



*retrofit della cupola*

*Santuario della Madonna delle Lacrime (11-000 t), Siracusa (EPD, 2007)*



*Nuova palazzina privata, San Giuliano di Puglia (13 HDRB + 2 SD, 2007)*



*Centro Polifunzionale Rione Traiano, Napoli (630 HDRB, 2005)*



*Collaudo di A. Martelli*

*Palazzina a Fabriano, danneggiata dal sisma del 1997 (56 HDRB, 2006)*





**Collasso della scuola Francesco Jovine di San Giuliano di Puglia (31/10/2002)**

**Ricostruzione  
della scuola  
F. Jovine  
(autunno 2006 –  
settembre 2008,  
collaudo in corso  
d'opera di A.  
Martelli per  
l'ENEA e di  
C. Pasquale  
il 02/09/2008)**



**zona 2, HDRB + SD**



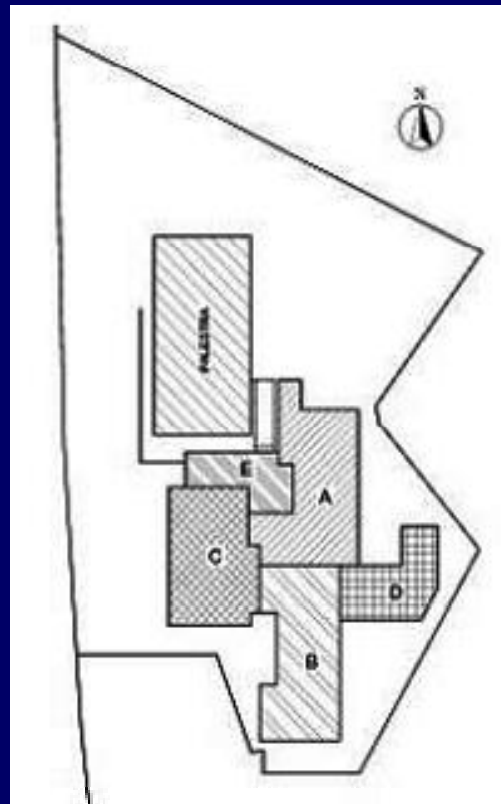


**La nuova scuola  
elementare di Marzabotto  
(Bologna, ex zona sismica 3):  
28 HDRB + 14 SD, certificato di  
collaudo statico in c.o. di A.  
Martelli in settembre 2010**



**La nuova scuola materna ed  
elementare di Mulazzo  
(Massa Carrara, ex zona sismica  
2): 29 LRB+ 15 SD, certificato di  
collaudo statico in c.o. di  
A. Martelli in settembre 2012**

Liceo scientifico  
Romita a Campobasso,  
1300 studenti  
(attuale ex zona sismica 2),  
per il quale l'ENEA  
evidenziò perfino problemi  
statici dopo il sisma del  
Molise e della Puglia del  
2002)



←  
Provino  
prima e  
dopo la  
rottura  
(resistenz  
a minima  
= 46  
kg/cm<sup>2</sup>)



**Però, fu solo rinforzato staticamente**

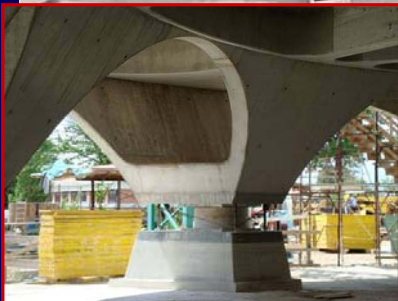
**Solo a seguito del  
terremoto del 2009 in  
Abruzzo, si è deciso di  
demolirlo e  
ricostruirlo  
parzialmente con  
l'isolamento sismico**

# Liceo Romita: demolizione e ricostruzione *(coll. in c.o. di A. Martelli)*



**30 novembre  
2011 →  
(collaudo  
avvenuto in  
giugno 2013)**

**Edificio principale (“Sale Operative”) del Centro della Protezione Civile di Foligno (progetto di A. Parducci, collaudo in c.o. di A. Martelli nel 2011)**



**Notare l'architettura!  
(premio di eccellenza  
2011 dell'A.I.C.A.P.)**

**I 4 edifici isolati sismicamente di Cerignola (ex zona sismica 2)**  
*(settembre 2008, pronti per il collaudo di A. Martelli, avvenuto però solo in maggio 2009, per ritardi nell'allacciamento delle tubazioni del gas con giunti flessibili)*



*5 piani, costi  
aggiuntivi = 0*



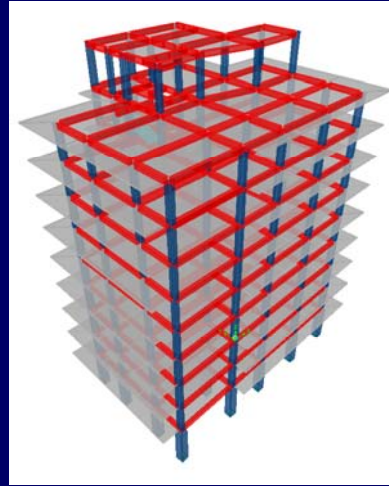
*Protezione  
dei gap*



*Tubazioni flessibili*

**Nuovo edificio  
residenziale di 7 piani  
fuori terra e cantinato a  
Messina**

*(zona 1, 22 LRB e 2 SD, collaudo  
statico in c.o. di A. Martelli,  
luglio 2014)*





**Adeguamento di una palazzina a Fabriano,**  
**danneggiata agli elementi non strutturali dal sisma umbro-**  
**marchigiano del 1997-98: HDRB tutti inseriti, vecchi pali**  
**quasi tutti tagliati, tubazioni montate, giunto (2005, progetto**  
**del socio GLIS G. Mancinelli, collaudo in c.o. di A. Martelli)**

***Risparmio = 20%***



## Ricostruzione a L'Aquila e, in generale, in Abruzzo

È in corso un vasto uso dell'isolamento, anche per il *retrofit* di edifici residenziali, strategici e pubblici, in particolare (con HDRB o LRB, + alcuni SD), in parte nell'ambito di Protocolli d'Intesa firmato dall'ENEA e dal Comune de L'Aquila nel 2010

*Edificio residenziale di Pianola (L'Aquila), appena costruito prima del sisma del 2009 e da esso danneggiato*





**Adeguamento sismico con l'isolamento dell'edificio residenziale di Via dei Tigli, località Pianola (L'Aquila) (42 HDRB e 62 SD, progetto dei soci GLIS G. Mancinelli e D. Corsetti, collaudo statico in c.o. di A. Martelli in maggio 2014)**

# Ricostruzione all'Aquila e, in generale, in Abruzzo

È previsto un largo uso dell'isolamento anche per il *retrofit* di alcuni edifici monumentali, in particolare (con HDRB o LRB, + SD), nell'ambito di Protocolli d'Intesa firmati dall'ENEA e dai comuni de L'Aquila e di Sulmona nel 2010 e 2011



*prima del  
sisma del  
2009*

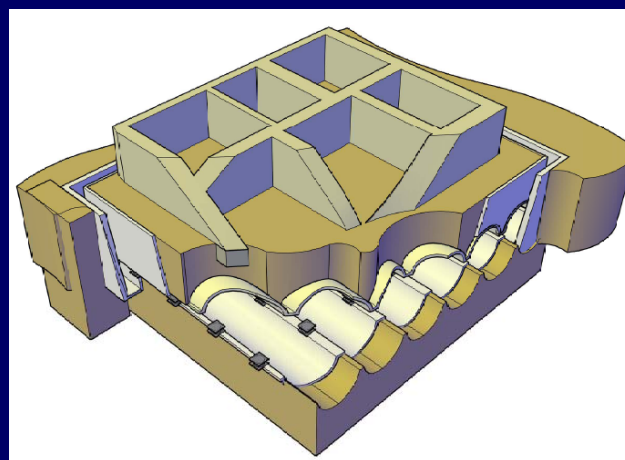


*danneggiato  
dopo il sisma*

← *Palazzo Margherita*



*Scuola De Amicis* ↑



*“Struttura d’Isolamento Sismico per Edifici Esistenti”*: *Brevetto dei soci del GLIS P. Clemente (ENEA) e A. De Stefano (Politecnico di Torino), 2010*

# ISOLAMENTO SISMICO DI IMPIANTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE



## I 2 SERBATOI LNG DELLA EGEGAZ AD ALIAGA, TURCHIA (operativi)

- diametro LRB = 900 mm, diam. nocciolo di piombo = 280 mm, altezza totale = 640 mm
  - coeff. di smorzamento all'OBE = 10%
  - coeff. di smorzamento al SSE = 20%
    - spostamento all'OBE = 240 mm
    - spostamento al SSE = 440 mm.



# CIÒ CHE NON VOGLIAMO VEDERE PIÙ:



**12/05/2008: 900 studenti muoiono a causa del crollo della scuola secondaria di Dujiangyan (Cina), durante il terremoto di Wenchuan**



**05/04/2009: numerosi edifici crollano o sono fortemente lesionati durante il terremoto dell'Abruzzo**



**11/03/2011: i 4 BWR di Fukushima Daiichi (Giappone)**



**17/08/1999: Impianto petrolchimico di Tupras (Turchia)**



**Isolare le scuole!**

**Isolare anche ospedali, altri edifici e pure gli impianti!**



**02/09/2008**

**La nuova scuola isolata Jovine di S. Giuliano di Puglia (collaudo in c.o. di A. Martelli & C. Pasquale)**



**Priolo Gargallo (SR)**

**Gli unici 3 componenti chimici italiani isolati**

**↑ COME? ↑**

## CONDIZIONI PER L'USO CORRETTO DELL'ISOLAMENTO

- **In paesi come l'Italia la percezione del rischio sismico è limitata.**
- **Pertanto, le normative sismiche di tali paesi permettono un certo abbassamento delle forze sismiche agenti sulla sovrastruttura e (di conseguenza) sulle fondazioni, quando si usi l'isolamento.**
- **Però, in tali paesi, la sicurezza delle strutture isolate può essere effettivamente assicurata se e solo se si presta grande attenzione:**
  - (1) **alla scelta dei dispositivi d'isolamento (tenendo conto dell'ampiezza delle vibrazioni verticali e delle vibrazioni a bassa frequenza), alla loro qualificazione, qualità di produzione, protezione, installazione e manutenzione, nonché alla verifica che le caratteristiche di progetto restino immutate durante l'intera vita utile delle strutture;**
  - (2) **ad alcuni altri dettagli costruttivi (giunti strutturali, loro protezioni, elementi d'interfaccia – come le tubazioni del gas ed altre rilevanti ai fini della sicurezza, cavi, scale, ascensori –, ecc.).**

## CONDIZIONI PER L'USO CORRETTO DELL'ISOLAMENTO

- **Altrimenti, gli isolatori, invece di aumentare nettamente la protezione sismica, renderanno la struttura meno resistente al sisma di una fondata convenzionalmente, esponendo così sia la vita umana che la tecnologia dell'isolamento a *gravi rischi*.**
- **Infine, un requisito chiave per il funzionamento ottimale di tutti i dispositivi antisismici (ma specialmente degli isolatori) è la definizione realistica ed affidabile dell'input sismico, che non può più basarsi solo sui metodi probabilistici comunemente usati (PSHA), soprattutto per la definizione degli spostamenti (parametro sul quale si basa la progettazione degli edifici isolati).**
- **Pertanto, è ora molto urgente migliorare nettamente l'approccio probabilistico, ora utilizzato in numerosi paesi (inclusa l'Italia), affiancandogli modelli neodeterministici (NDSHA)**  
**(Position Statement dell'ISSO, agosto 2012 & DdL di Benamati et al.).**

# Indagine conoscitiva

«sullo stato della sicurezza sismica in Italia»

*Resoconti stenografici, 13 settembre 2012, pag. 12:*

«ALESSANDRO MARTELLI – ... (omissis) ... Aggiungo un'ultima notazione sulle scuole.

Bisogna veramente lanciare un segnale. In Italia purtroppo tutto ciò che ha cinquant'anni diventa antico, mentre molte volte è solo vecchio e bisogna demolirlo. Bisogna smettere di considerare tutto uguale al Colosseo.

Io dovrò recarmi nei prossimi giorni – sono stato chiamato sessanta volte e dovrò andarci, finalmente – nelle Marche, in un ex convento di suore che ospita una scuola, la quale è assolutamente incapace di reggere il terremoto che può avvenire in quell'area. Non si può far nulla, però, perché *il Ministero dei beni culturali non vuole*.

Si lascino le suore nel convento e si mettano i ragazzi in una scuola nuova. Bisogna privilegiare la sicurezza rispetto ad altri aspetti.»



## CON IL PATROCINIO DI



Comune di Avezzano



Comune di Catania



Comune di Ferrara – Urban Center



Comune di Palermo



Coordinamento Nazionale Associazioni di Volontariato per la Prevenzione Sismica e Ambientale (Co.Prev.)



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Messina



Structural Engineers World Congress – Italian Group (SEWC-IG)

## ESPOSITORI



**MADIS**  
COSTRUZIONI EDILI



**SI/ONTEC**

**MAURER SÖHNE**  
Innovations in steel



## Quote di partecipazione

- 60,00 € da pagare al GLIS per i soci in regola GLIS, ANTEL e SEWC-IG, nonché per i dipendenti del Comune di Catania e per i docenti dell'Università di Catania. Modalità di pagamento: bonifico bancario, IBAN IT63Y0707202408031000143264 intestato a GLIS, presso EMIL BANCA - CREDITO COOPERATIVO, Via dell'Arcoveggio n. 56/22, 40129 Bologna (si prega di indicare Nome e Cognome nella prima parte della causale).

- 74,00 € compreso IVA, per i non soci GLIS, ANTEL o SEWC-IG, iscritti all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Catania o ad altri Ordini Professionali che patrocineranno l'evento. Il pagamento dovrà essere effettuato alla Fondazione dell'Ordine degli Ingegneri della provincia di Catania (dopo il ricevimento della mail di conferma dell'iscrizione) tramite bonifico bancario, IBAN IT03G0503616900CC0451292227 intestato a FONDAZIONE ORDINE INGEGNERI CATANIA. Agli iscritti all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Catania, partecipanti al convegno, verranno riconosciuti n° 5 CFP, validi ai fini dell'aggiornamento professionale; l'iscrizione al convegno, per i primi 200 iscritti, sarà possibile a partire dalle ore 10:00 del XXXXX pv e fino al 9 giugno 2014, **soltanto** telematicamente collegandosi al sito della Fondazione [www.fonding.ct.it](http://www.fonding.ct.it) e compilando l'apposito "form" dedicato al seminario GLIS.

- 80,00 € da pagare al GLIS (vedi sopra) o (oltre IVA) alla Fondazione dell'Ordine degli Ingegneri della provincia di Catania (vedi sopra) per gli altri partecipanti che non appartengono alle categorie sopra elencate. Partecipazione gratuita per i relatori, i presidenti di sessione ed i partecipanti alla tavola rotonda.

Partecipazione gratuita (senza diritto al pranzo di lavoro) per gli studenti universitari muniti di tesserino e che si siano prenotati entro il 6 giugno.

Segreteria Tecnica:

Ing. Massimo Forni

Segretario Generale GLIS

tel.: 051 6098554, fax: 051-6098544

[massimo.forni@enea.it](mailto:massimo.forni@enea.it)

[www.assisi-antiseismicsystems.org](http://www.assisi-antiseismicsystems.org)



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



Associazione Nazionale Tecnici Enti Locali



## SEMINARIO ANNUALE GLIS

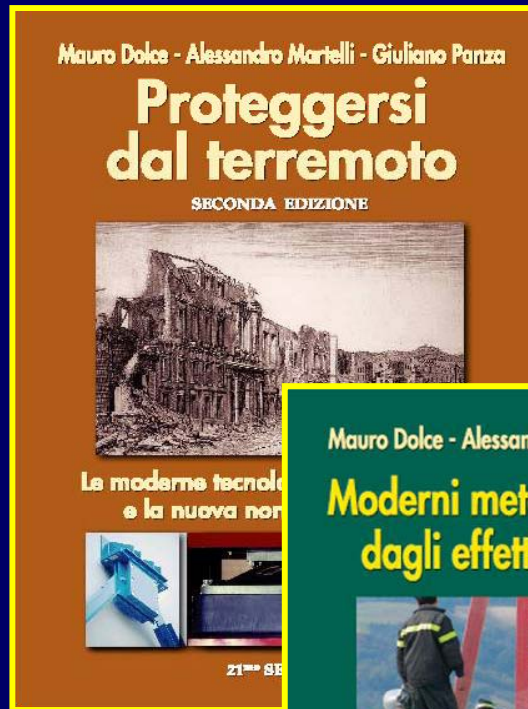
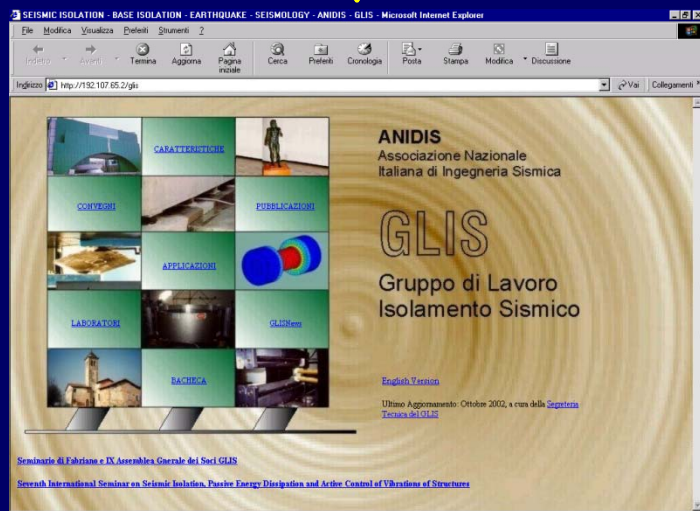
### Per non dover riparare o ricostruire dopo il terremoto

Interventi preventivi sugli edifici nuovi ed esistenti con le moderne tecnologie antisismiche

## PRIMO ANNUNCIO



venerdì 13 Giugno 2014, ore 9:00  
Monastero dei Benedettini, Aula Magna  
Piazza Dante Alighieri 32 – Catania



*Grazie per la vostra attenzione*



*In novembre 2006 è stata fondata, con lo stesso nome abbreviato, l'associazione GLIS ("GLIS – Isolamento ed altre Strategie di Progettazione Antisismica")*