



Amatrice (2016)

Convegno su
**Prevenzione del rischio sismico e
vulcanico: i compiti della politica
e il ruolo degli scienziati**

*Istituto Italiano per gli Studi Filosofici
Napoli, 3 aprile 2017*

Rischio sismico, prevenzione e moderne tecnologie

Alessandro Martelli

- *Presidente GLIS*
- *Presidente fondatore e Vicepresidente ASSISi*
- *Già Presidente fondatore ISSO*
- *Fino al 2011 docente di Costruzioni in Zona Sismica alla Facoltà di Architettura, Università di Ferrara*
- *Membro della Commissione IPCC per la concessione dell'AIA del MATTM e del Comitato Tecnico-Scientifico del Co.Prev.*
- *Socio del Rotary Club Bologna Est dal 1982 e membro della Commissione Ambiente del Distretto 2072 del Rotary dal 2013*
- *Collaudatore in corso d'opera di edifici protetti da sistemi antisismici ed altre moderne tecnologie antisismiche*



*S. Giuliano di Puglia
(2002)*



*L'Aquila
(2009)*



Sichuan, Cina (2008)



*Tomakomai City
(Giappone)
(2003)*



*Emilia
(2012)*

Il libro riporta le principali relazioni presentate al Seminario tenuto a Bologna il 16 settembre 2016 dall'associazione GLIS *Edifici ed impianti, di nuova costruzione ed esistenti, e patrimonio culturale, protetti dal terremoto grazie a moderne tecnologie* – Normativa, sperimentazione, progettazione, realizzazione, collaudo e monitoraggio sismico.

Il curatore ha apportato importanti aggiornamenti per tener conto dei sismi verificatisi nel Centro Italia, a partire da quello di Amatrice del 24 agosto 2016 (inclusi quelli del Matese del 26 ottobre 2016, di Norcia del 30 novembre 2016 e dell'Aquilano del 18 gennaio 2017).

Il volume pertanto fornisce un quadro esauriente e aggiornato sullo stato, assai preoccupante, della protezione sismica degli edifici e degli impianti in Italia, di nuova costruzione o esistenti (70-80% di strutture non in grado di resistere ai terremoti ai quali potrebbero risultare soggette), dell'attuale uso delle moderne tecnologie nel nostro Paese e delle prospettive che, grazie ad esse, sussistono per migliorare la situazione suddetta.

Alessandro Martelli, ingegnere, è presidente del GLIS e vicepresidente dell'Anti-Seismic Systems International Society (ASSIS); ha svolto numerosi incarichi per i Ministri dello sviluppo economico e dell'Istruzione. È membro della Commissione IPCC/AIA (Ministero dell'Ambiente) e della Commissione Ambiente del Distretto Rotary 2072 e presidente della Commissione Tecnica del Comitato Terra Nostra – 2016, Comune di Accumoli.



EDIFICI E IMPIANTI DI NUOVA COSTRUZIONE ED ESISTENTI E PATRIMONIO CULTURALE
PROTETTI DAL TERREMOTO GRAZIE A MODERNE TECNOLOGIE | a cura di Alessandro Martelli

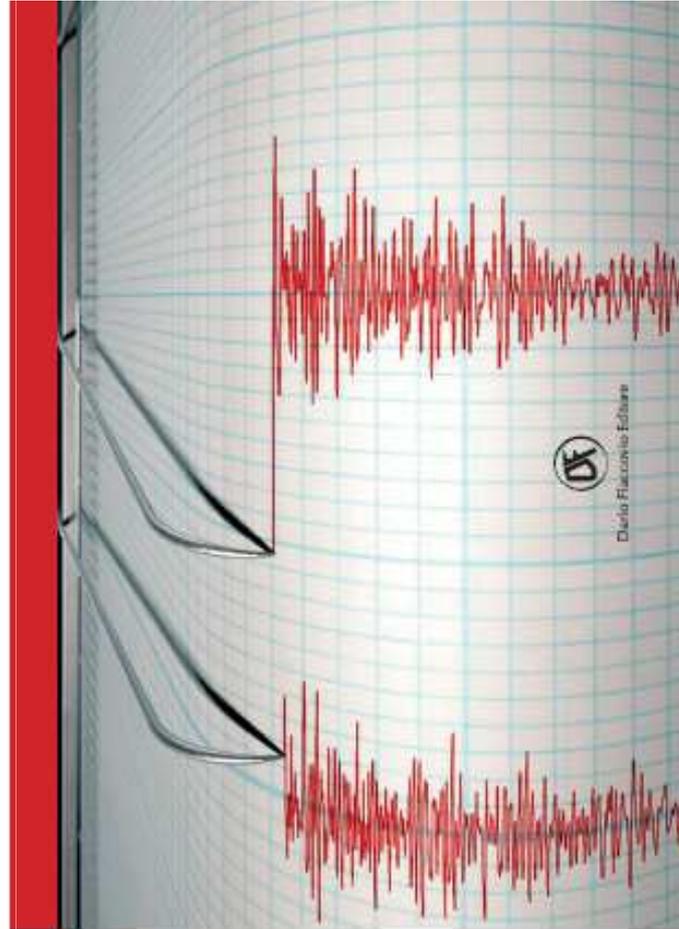


EDIFICI E IMPIANTI DI NUOVA COSTRUZIONE ED ESISTENTI E PATRIMONIO CULTURALE

PROTETTI DAL TERREMOTO GRAZIE A MODERNE TECNOLOGIE

Normativa, sperimentazione, progettazione, realizzazione,
collaudo e monitoraggio sismico

a cura di
Alessandro Martelli



Dario Flaccovio Editore

Kofi Annan, ONU, 1999

(Introduction to Secretary-Generals Annual Report on the Work of the Organization of United Nations - documento A/54/1)

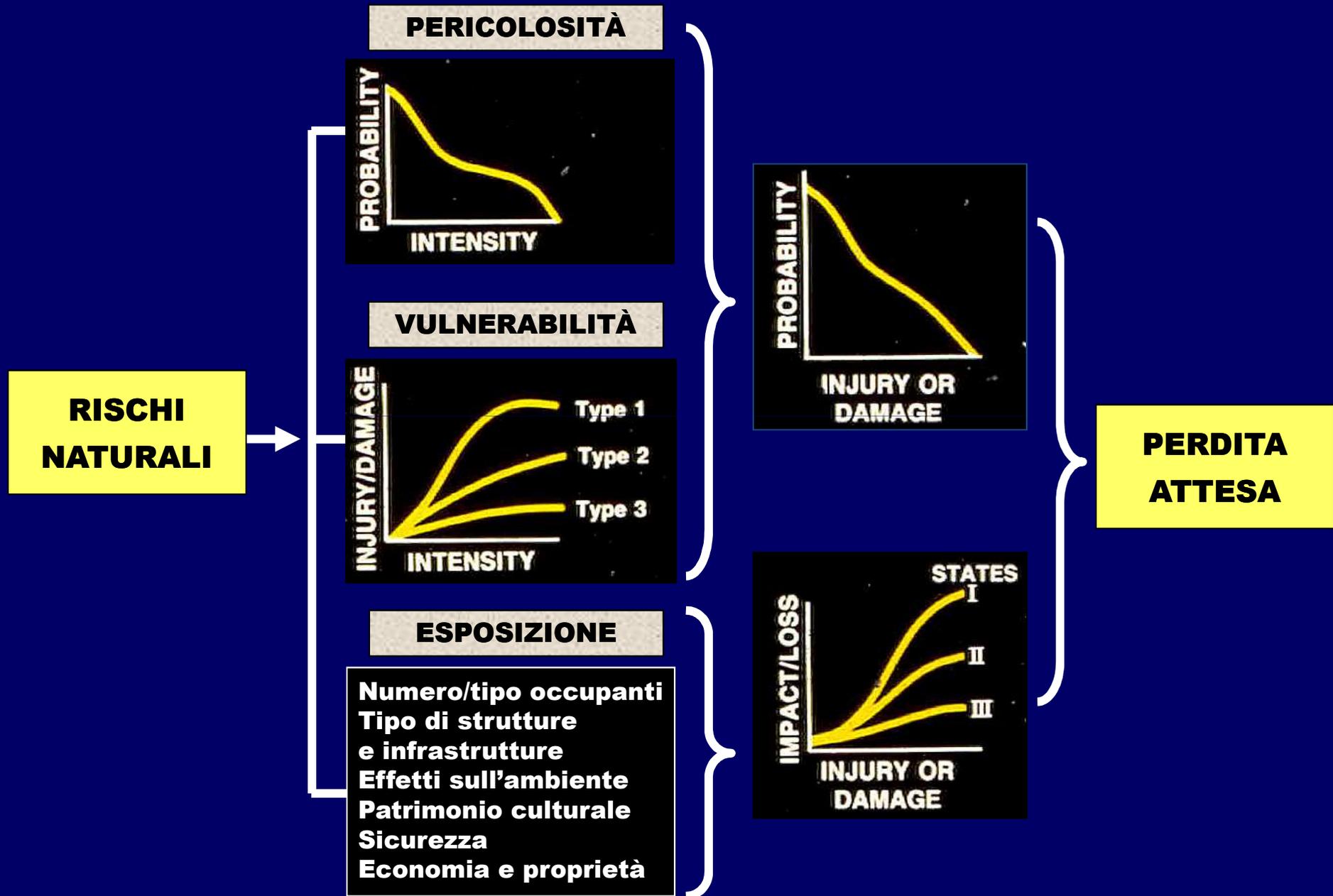
«More effective prevention strategies would save not only tens of billions of dollars, but save tens of thousands of lives. Funds currently spent on intervention and relief could be devoted to enhancing equitable and sustainable development instead, which would further reduce the risk for war and disaster. Building a culture of prevention is not easy. While the costs of prevention have to be paid in the present, its benefits lie in a distant future. Moreover, the benefits are not tangible; they are the disasters that did NOT happen»

*«Strategie di prevenzione più efficaci consentirebbero non solo di risparmiare decine di miliardi di *dollari*, ma permetterebbero di salvare decine di migliaia di vite umane. I fondi attualmente stanziati per le attività di intervento e soccorso potrebbero essere utilizzati, invece, per promuovere uno sviluppo equo e sostenibile, che consentirebbe di ridurre il rischio di guerre ed ulteriori disastri.*

Costruire una cultura di prevenzione, tuttavia, non è semplice.

*Mentre i costi per la prevenzione debbono essere pagati *nel presente*, i suoi benefici risiedono in un lontano futuro. Inoltre, i benefici non sono visibili; essi sono i disastri che NON sono avvenuti»*

VALUTAZIONE DEL RISCHIO



Indagine conoscitiva

sullo «Stato della sicurezza sismica in Italia»

Proponente e relatore: On. Gianluca Benamati

**VIII Commissione Permanente Ambiente,
Territorio e Lavori Pubblici della Camera dei Deputati,**

approvata il 12 aprile 2012,

audizioni iniziate il 30/05/2012 e terminate in novembre 2012

*(parte tecnica scritta con la collaborazione di A. Martelli
e dei Proff. Giuliano Panza dell'Università di Trieste e dell'ICTP ed Antonello
Salvatori dell'Università de L'Aquila)*

(Atto Camera, Resoconti delle Giunte e Commissioni, VIII Commissione, Roma, 12/04/2012, pp. 64-64)

L'ENEA (A. Martelli e P. Clemente) è stata audita sia il 30/05/2012

(assieme ai Proff. G.F. Panza ed A. Salvatori) che il 13/09/2012

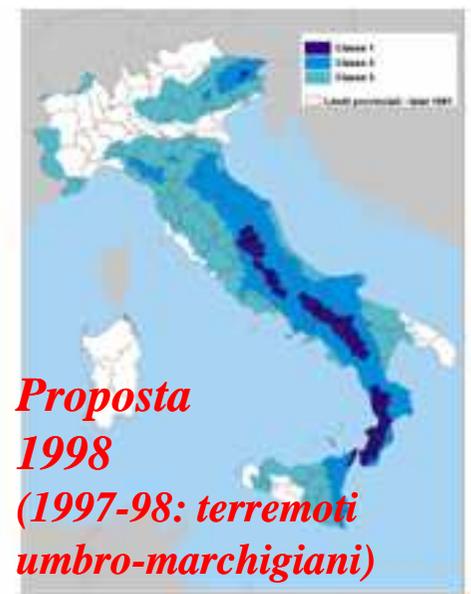
11 giugno 2013: Proposta di Legge dell'On. Benamati et al. su

*“Delega al Governo per l'adozione
del Piano Antisismico Nazionale”*

Dal 70% all'80% degli edifici italiani non è in grado di resistere ai sismi a cui potrebbe trovarsi soggetto
(in base ai dati storici disponibili)

(Indagine conoscitiva della Camera dei Deputati sullo «Stato della sicurezza sismica in Italia», 2012)

- **Evoluzione della classificazione sismica del territorio negli anni**
- **Limiti del metodo probabilistico (PSHA) adottato in Italia per la definizione della pericolosità sismica**
- **Evoluzione della normativa per la progettazione antisismica**
- **Ritardi nell'entrata in vigore obbligatoria della nuova normativa sismica (*decreti “milleproroghe”, fino al 2009*)**
- **Frequente cattiva costruzione ed assenza di controlli adeguati**
- **Continui rinvii della data di ultimazione delle verifiche di vulnerabilità sismica degli edifici (*“milleproroghe”, pure nel 2011*)**



Classificazione 2003



Evoluzione della classificazione sismica del territorio italiano

- ~ 25% classificato sismico nel 1980
- ~ 45% classificato sismico nel 1981
- ~ 70% proposto sismico nel 1998

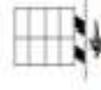
← **OCPM 3274/2003: Criteri generali di classificazione sismica**

(circa 70% del territorio è in zone 1-3 + zona 4)



ORDINE DEGLI
INGEGNERI DELLA
PROVINCIA
DELL'AQUILA

CON IL PATROCINIO DI



GLIS

Isolamento ed altre strategie
di progettazione antisismica



ASSISI

Western European Territorial
Section

SEMINARIO FORMATIVO

IL COLLAUDO IN CORSO D'OPERA DI EDIFICI, DI NUOVA COSTRUZIONE ED ESISTENTI, PROTETTI DA SISTEMI DI ISOLAMENTO SISMICO E DISSIPATIVI

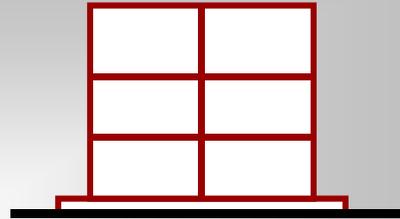
DR. ING. ALESSANDRO MARTELLI, PHD
(PRESIDENTE GLIS E VICEPRESIDENTE ASSISI)

L'AQUILA , 23 FEBBRAIO 2016
c/o ODINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DELL'AQUILA
VIA SARAGAT, 32 - 67100 L'AQUILA

STRATEGIE DI PROTEZIONE SISMICA

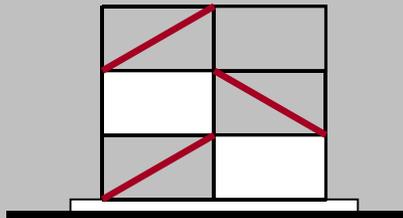
CONVENZIONALE

Danno strutturale accettato sopra allo SLD

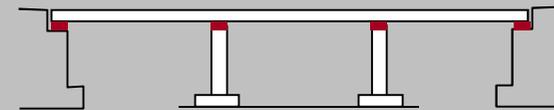
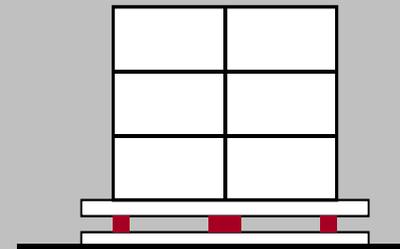


OPCM 3274/2003, EUROCODICE 8 e nuove NTC: La struttura deve essere progettata per resistere senza crollare ai terremoti che hanno probabilità di accadimento del 10% in 50 anni (SLU)

DISSIPAZIONE D'ENERGIA



ISOLAMENTO SISMICO



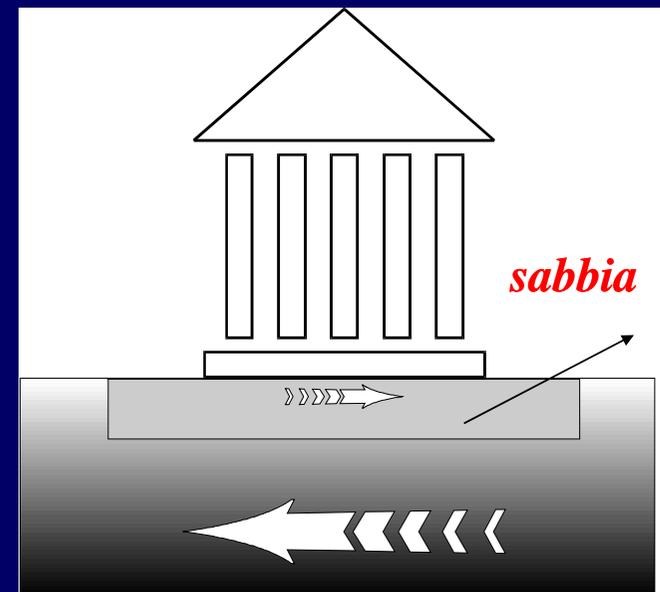
- Nessun danno strutturale
- Dispositivi speciali

L'ISOLAMENTO SISMICO NON È UN CONCETTO NUOVO!

Gaius Plinius Secundus, Naturalis Historia:

*“Graecae magnificentiae vera admiratio extat templum Ephesiae Dianae
CXX annis factum a tota Asia.*

*In solo id palustri fecere, ne terrae motus sentiret aut hiatus timeret,
rursus ne in lubrico atque instabili fundamenta tantae molis locarentur,
calcatis ea substravere carbonibus, dein velleribus lanae”.*



**Antichi templi greci, monasteri, templi e ponti cinesi, costruzioni in Anatolia, in Persia e degli Incas e templi italiani appaiono protetti da rudimentali sistemi d'isolamento sismico (sabbia, strati di pietrisco, tronchi d'albero a mo' di rulli),
CHE PERÒ HANNO PERMESSO AD ESSI DI SOPRAVVIVERE FINO AD OGGI**

MODERNI ISOLATORI USATI IN ITALIA E NEL MONDO

Sistema attualmente più usato:

**Isolatori in gomma naturale
ad alto smorzamento (HDRB)
od in gomma-piombo (LRB),
eventualmente con alcuni
isolatori a scorrimento
a superficie piana acciaio-teflon (SD)**

*I soli utilizzati in Italia prima del
terremoto in Abruzzo del 2009*

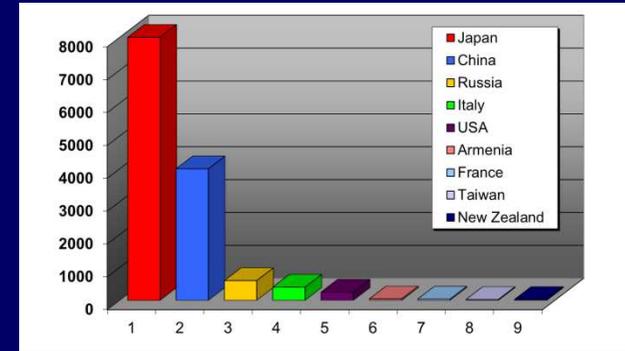
***Esempio: Villa in c.a. di 3 piani + mansarda
a L'Aquila (SS 17), fortemente danneggiata
dal sisma del 2009, rinforzata con il Metodo
CAM ed adeguata con 8 HDRB e 19 SD***



Applicazioni dei sistemi antisismici

> 23.000, a strutture nuove od esistenti (2013)

- *Ponti e viadotti*
- *Impianti e componenti industriali, in particolare a rischio di incidente rilevante*



Rion-Antirion, Grecia (VD ed altri dispositivi italiani)



Prove su un serbatoio isolato (collab. ENEA)

- *Singoli capolavori*



Bronzi di Riace

- *Edifici, incluso il patrimonio culturale*



Primo ospedale giapponese isolato, Kushiro City



San Francesco, Assisi (SMAD & STU)





GIAPPONE

≈ 3·000 grandi edifici isolati, di cui molti grattacieli (condomini, scuole, ..)

1° “Artificial ground” in c.a. a Tokyo: 12·350 m² 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 della sovrastruttura=111·600 t)

Edificio di 87,4 m, Applause Building Tokyo (2000): 30 LDRB + 99 EPD, T = 4 s; trazione
a Osaka, protetto da un sistema di controllo ibrido



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



L’isolamento è ora applicato

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

I retrofit iniziarono alla fine degli anni Novanta

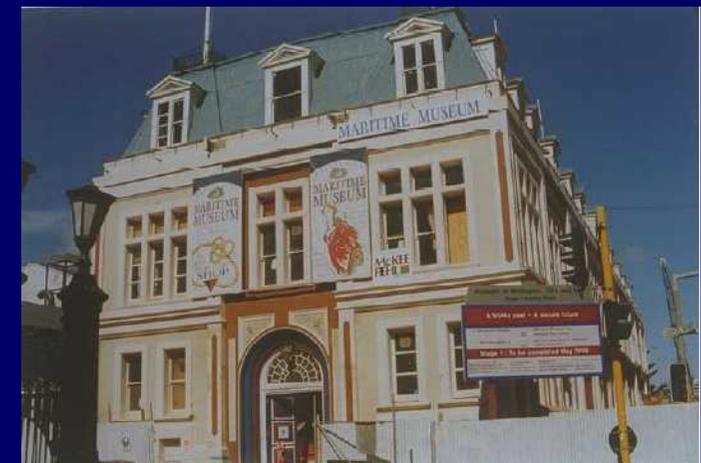


ISOLAMENTO SISMICO DEI MUSEI

*Il modo migliore
per proteggere
i capolavori
in essi contenuti*



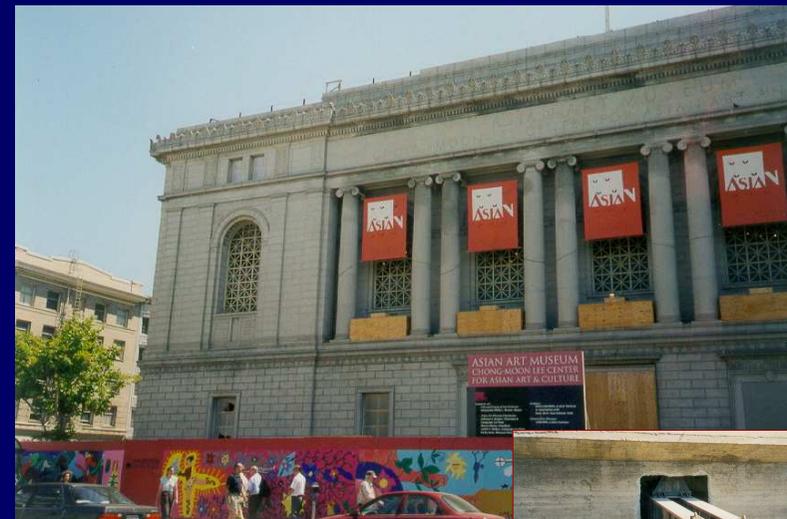
*Te Papa Museum,
Wellington, Nuova Zelanda*



*Maritime Museum, Wellington
(retrofit, 1993), N. Zelanda*



*Museo isolato sismicamente nella
Cina meridionale*



*Asian Art Museum,
San Francisco
(HDRB)*



ISOLAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI MONUMENTALI E DEI MUSEI NEGLI USA

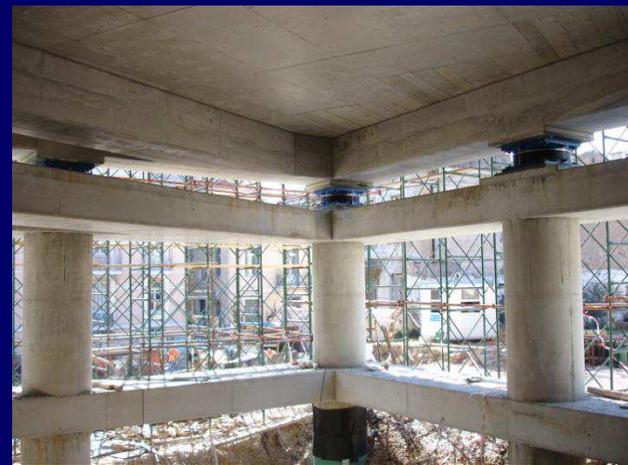
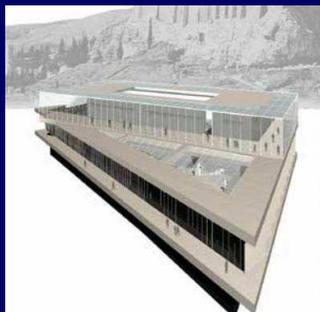
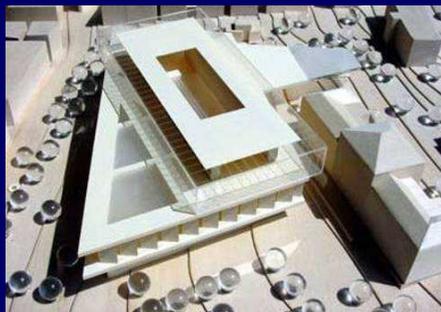
Poco meno del 50% delle applicazioni negli USA riguardano grandi edifici pubblici esistenti, molti dei quali storici

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 = 105 MUS\$)



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

MUSEI ISOLATI IN GRECIA



←↑ Museo dell'Acropoli durante la costruzione con 94 isolatori tedeschi SIP (2006)

Centro Onassis, Atene



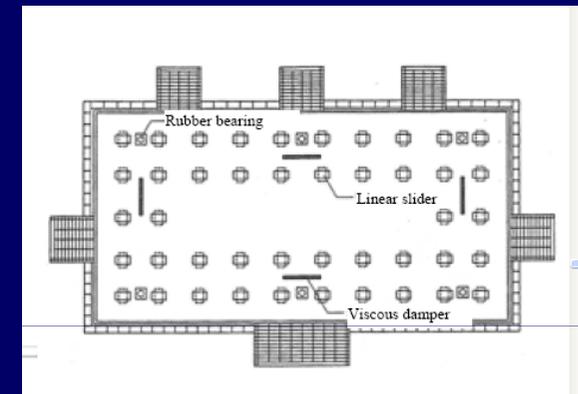
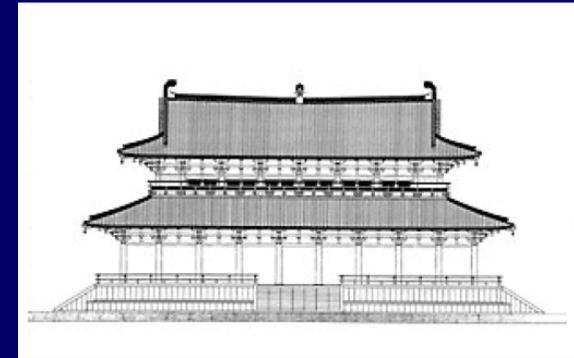
←↑ Onassis House of Letters & Fine Arts, durante la costruzione con isolatori SIP nel 2007



**ISOLAMENTO SISMICO IN
GIAPPONE: APPLICAZIONI A
TEMPLI E MUSEI E RECENTI
CONFERME DELL'EFFICACIA
(SISMA DI TOHUKU, 11/03/2011)**



National Western Art (Le Corbusier) Museum di Tokyo (4 piani), adeguato sismicamente con HDRB in sottofondazione nel 1999: il sistema d'isolamento ha ridotto l'accelerazione orizzontale massima del terreno da 0,19 e 0,28 g alla base a 0,08 e 0,10 g alla sommità



Retrofit del Daigokuden a Nara, iniziato nel 2001



Isolamento delle vicine Gates of Hell



**UNA RECENTE CONFERMA
DELL'EFFICACIA FELL'IS.:**
terremoto di Lu Shan (芦山), Cina

- ◆ **20 aprile 2013, ore 8:02** (solo 5 anni dopo il terremoto di Wenchuan del 2008)
- ◆ **Magnitudo $M = 7,0$,
profondità ipocentrale = 13 km**
- ◆ **Accelerazione massima del terreno registrata = 0,4-0,5 g,
mentre il valore di progetto era = 0,15 g**
- ◆ **196 morti, 21 dispersi, 250.000 feriti**
- ◆ **Danni economici diretti =
65,57 miliardi di dollari USA**
- ◆ **75% degli edifici crollati o danneggiati
(≈ 40.000)**



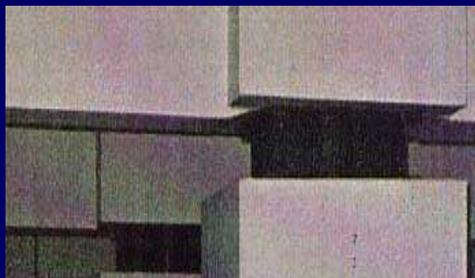
Ospedale della contea di Lu Shan



- ◆ 2 edifici fondati convenzionalmente: danni strutturali ed alle apparecchiature; crolli del tetto e delle pareti
- ◆ 1 edificio con isolamento sismico: assenza di danni, pienamente operativo dopo il terremoto

+7 piani fuori terra

-1 piano interrato



L'edificio isolato è stato l'unico della contea a superare il sisma indenne ed ha permesso di curarvi migliaia di feriti



**Danni subiti dai 2
edifici fondati
convenzionalmente
dell'ospedale di Lu
Shan: tali edifici sono
risultati *inutilizzabili*
dopo il terremoto**



**Assenza di danni
all'edificio isolato
sismicamente
dell'ospedale di Lu
Shan: tale edificio è
rimasto pienamente
operativo dopo il sisma**



EDIFICI ITALIANI CON SISTEMI A.S.



1^o edifici scolastici isolati italiani

Università della Basilicata, PZ (221 HDRB, 1995)



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



10 HDRB ($\Phi=1$ 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 ↓



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



retrofit ↓



Collaudo di A. Martelli

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



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



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



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



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

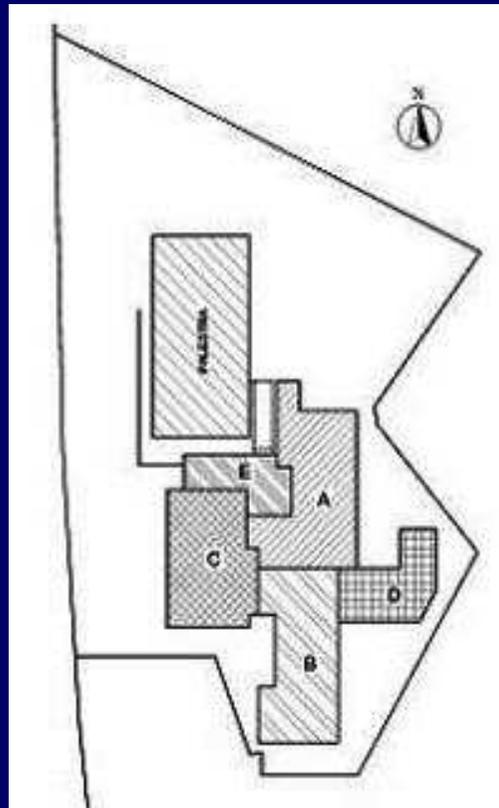


**Notare l'architettura!
*(premio di eccellenza
2011 dell'A.I.C.A.P.)***

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/cm²)



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**

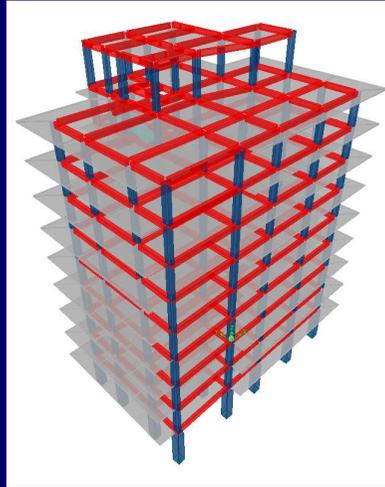
Liceo Romita (CB): demolizione e ricostruzione *(coll. in c.o. di A. Martelli per l'ENEA nel 2013)*



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

**Nuovo edificio
residenziale di 8 piani
fuori terra e cantinato a
Messina**

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



***Problema:** protezione dal collasso del vecchio edificio
adiacente a base fissa*



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)



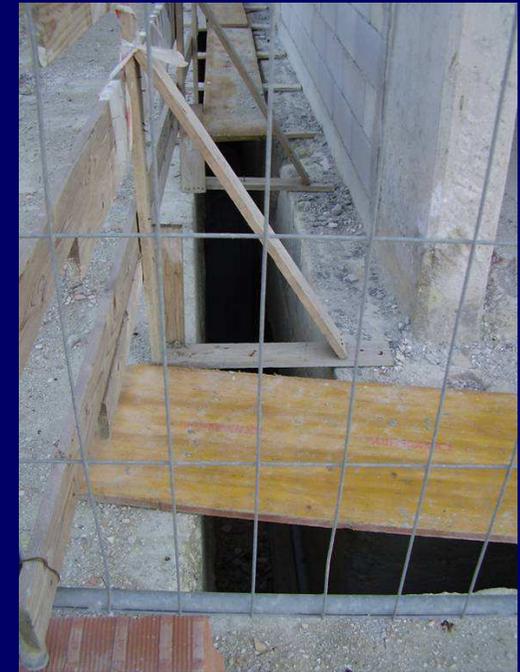
*5 piani, costi
aggiuntivi = 0*



*Protezione
dei gap
(giunti
strutturali)
con
lamierini
ad "L" in
acciaio*



Tubazioni flessibili



Adeguamento della palazzina di Fabriano:
HDRB tutti inseriti, vecchi pali quasi tutti tagliati,
tubazioni montate, viste del giunto in aprile 2005
(collaudo in c.o. di A. Martelli in maggio 2006).

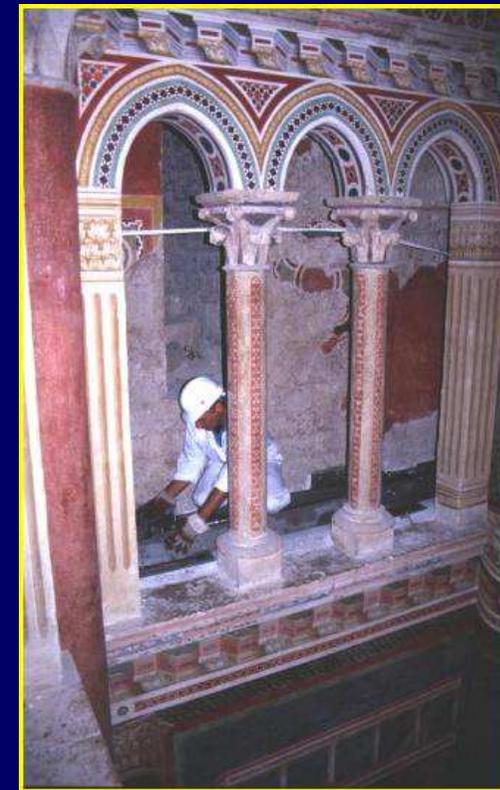
PROTEZIONE SISMICA DEL PATRIMONIO CULTURALE

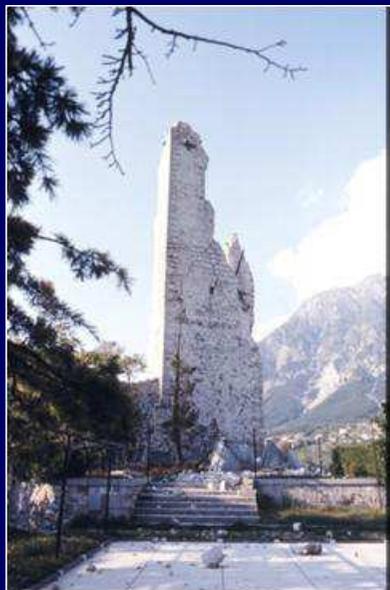
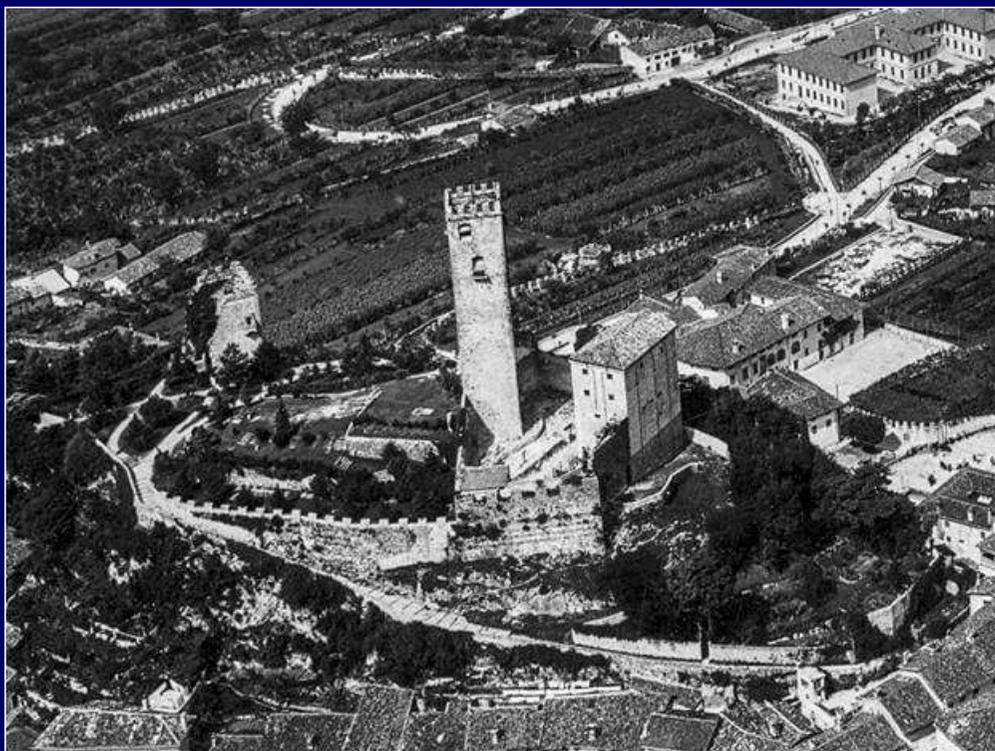


Installazione dei 47 SMAD (1999) ↑

Installazione dei 34 STU (1999) →

*Basilica Superiore di San
Francesco in Assisi, danneggiata
dal sisma del 1997: STU e SMAD
sviluppati con la collaborazione
dell'ENEA (1999)*





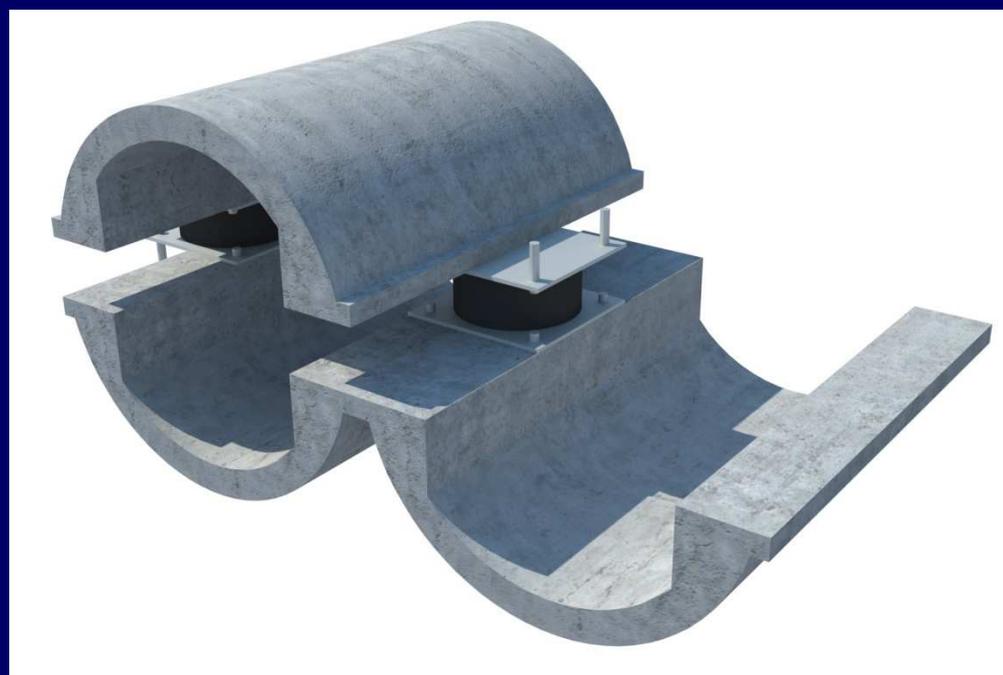
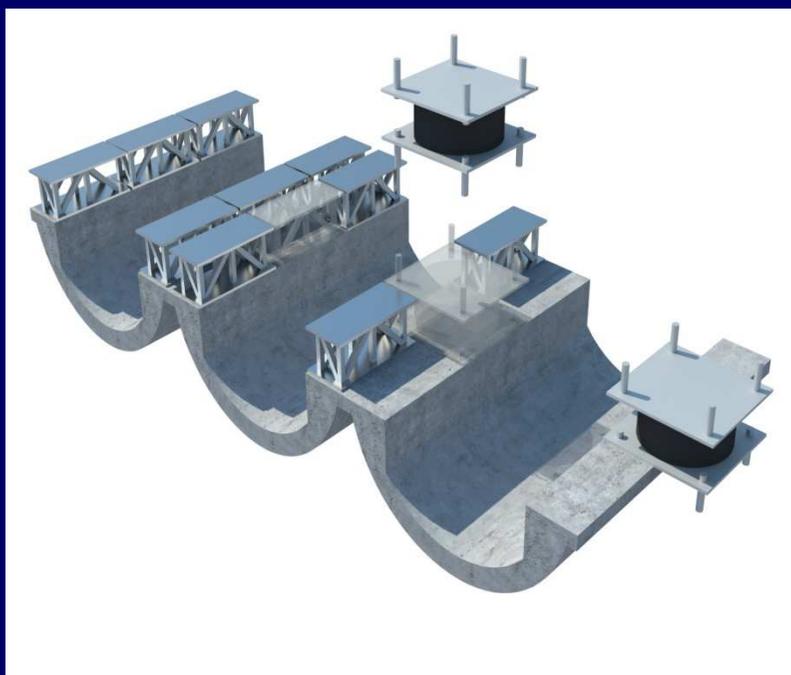
Il Castello di Gemona del Friuli prima dei due terremoti del 1976 (sopra) e crollato durante tali eventi (a sinistra).

**Collaudi in c.o.
di A. Martelli
(2015 e 2016)**



Ricostruzione della “Torre dell’Orologio” del Castello di Gemona del Friuli con una struttura interna in acciaio (a 3 livelli), dotata di 22 dissipatori BRAD (lunghezza = 1,49 m, diametro esterno = 213 mm). Per evitare *martellamento* con la parte esterna in muratura, il giunto strutturale è di 10 mm alla base e 17-20 mm alle quote superiori.

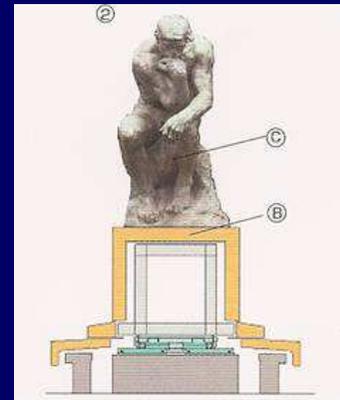
*“Struttura
d’Isolamento
Sismico per
Edifici
Esistenti”*



ISOLAMENTO SISMICO DI SINGOLE OPERE D'ARTE



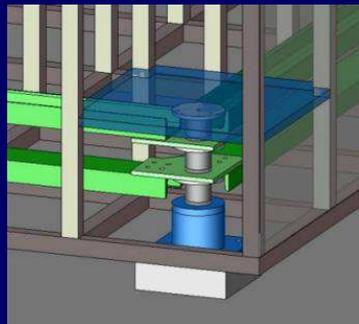
USA
(9 statue, Museo J. Paul Getty, Santa Monica, California, almeno una restituita all'Italia)



Cina
(quelle sopra risalgono a 1200 anni fa)



**Statua
bronzea
isolata
dell'Im-
peratore
Germanico,
Perugia**

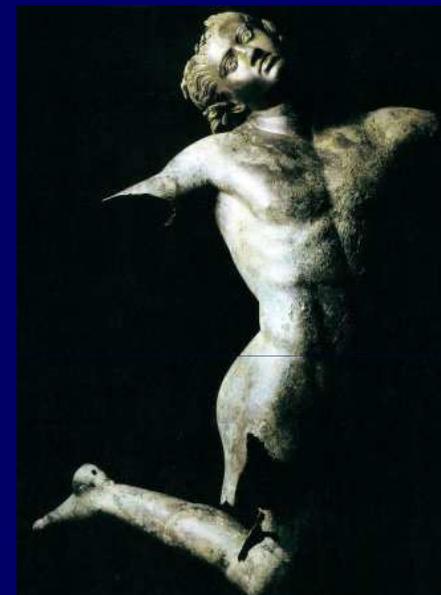


**Satiro Danzante
di Mazara del Vallo**

←↑ **HDRB multistrato**



Scilla



← **SMAD + SD**



**Copia di
Scilla
e
Nettuno,
Messina**

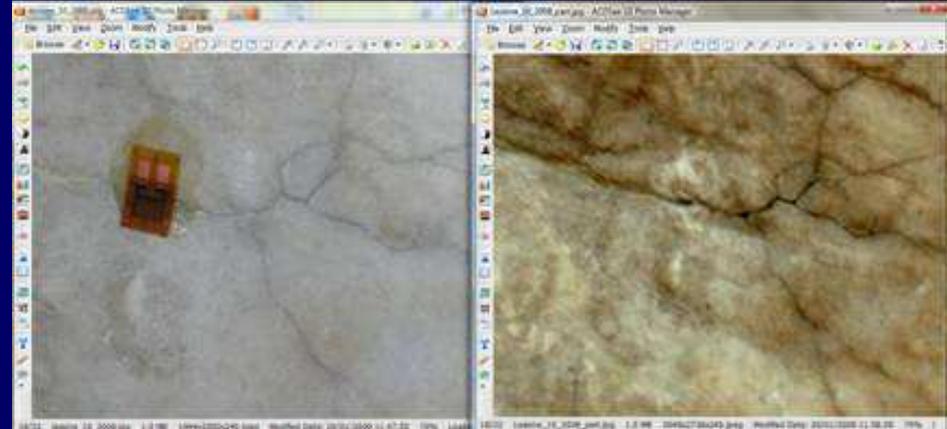


**Applicazioni
dell'isolamento a
singole opere
d'arte in Italia**

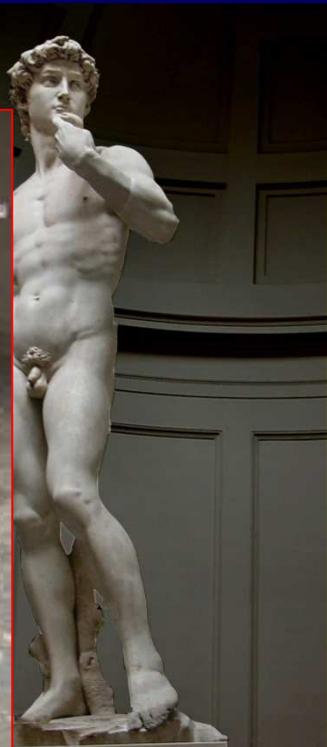
2008



2003



Evoluzione delle fessurazioni alle caviglie del David di Michelangelo



Museo dell'Aquila: statue distrutte dal sisma del 6/4/2009 (foto di A. Borri)

Evitiamo questa fine al David!!!

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 Tuzlucepetrol (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.).

Indagine conoscitiva

«sullo stato della sicurezza sismica in Italia»

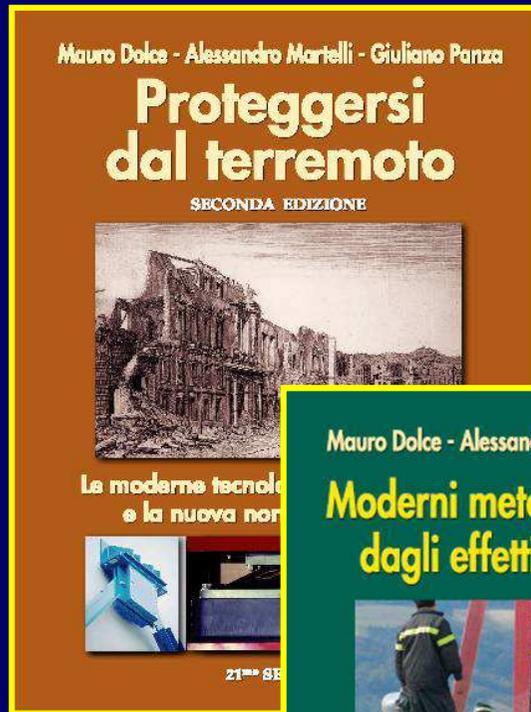
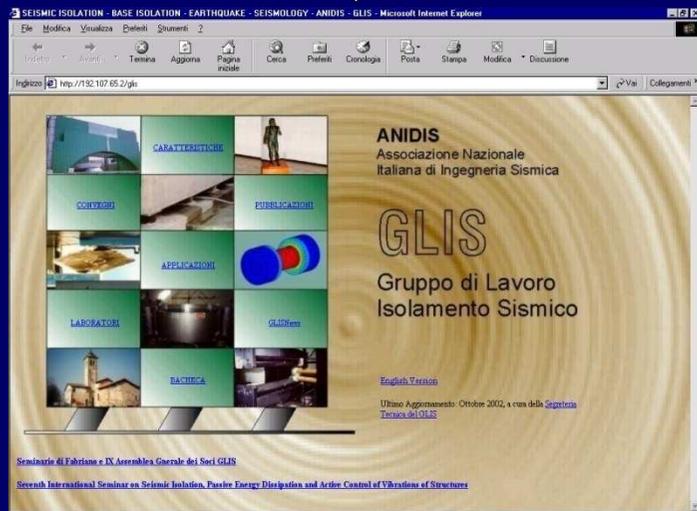
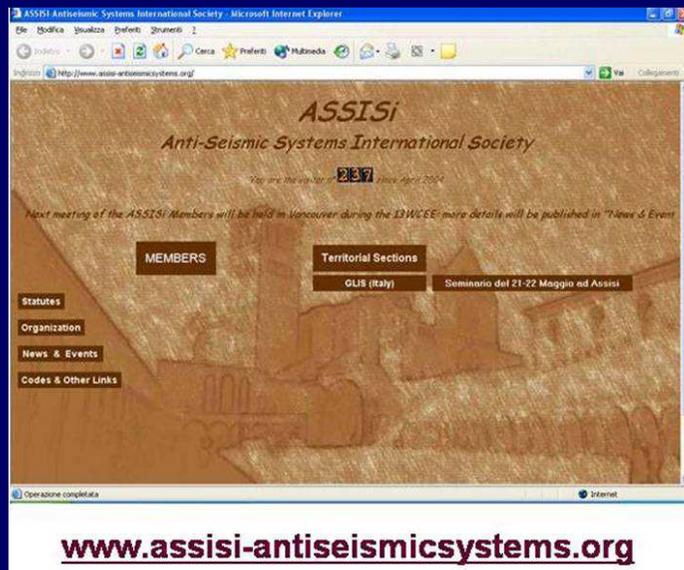
Resoconti stenografici, 13 settembre 2012, pag. 12:

«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.»



Grazie per la vostra attenzione



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