

Associazione culturale Ilaria Rambaldi
**Prevenzione come strumento per difendere
il territorio dall'emergenza**

**Verso una ingegneria sismica
resiliente e sostenibile**

Relatore: Alessandro De Stefano – Politecnico di Torino
Alessandro.destefano@polito.it

- Il territorio va difeso dall'emergenza, ma la prevenzione ha nemici potenti:
 - L'indifferenza e la scarsa sensibilità collettiva.
 - L'incapacità a tutti i livelli di investire con visione a lungo termine.
 - La presenza di reti opache e ben protette di interessi condivisi che con l'emergenza prosperano.

**Prevenzione come strumento per
difendere il territorio dall'emergenza**



Immagini

- Terremoto più intenso del previsto?
- Struttura flessibile e tamponamenti rigidi e fragili?
- Collegamenti tra travi e pilastri mal progettati e/o costruiti?
- Struttura irregolare in altezza?

Tutto questo insieme, ma non solo.

Forse occorrerebbe cambiare punto di vista.

Concepire il progetto su basi diverse.

**Rivedere anche l'uso e la scrittura delle norme tecniche
NE RIPARLEREMO PIU' AVANTI**

Come interpretare le immagini?

Un evento sismico non è fenomeno puramente casuale ma riflette meccanismi imponenti di accumulo e rilascio di energia. Purtroppo tali meccanismi non sono pienamente noti, né osservabili e misurabili facilmente e con interpretazione univoca.

I suoi effetti, però, sono osservabili ed in qualche caso illuminanti e suggeriscono punti di vista diversi e filosofie progettuali alternative

Il terremoto di progetto

Ospedale regionale di Lushan: tre corpi di fabbrica separati da giunti



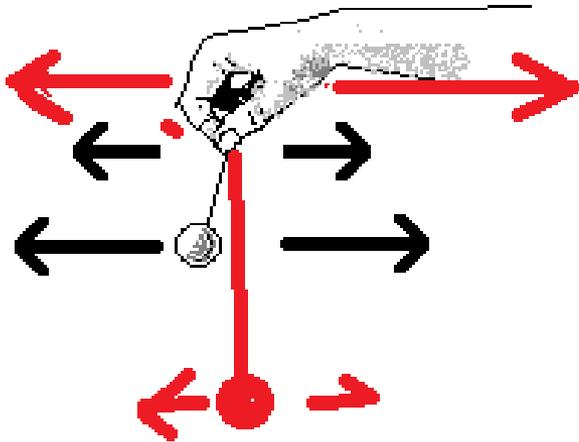
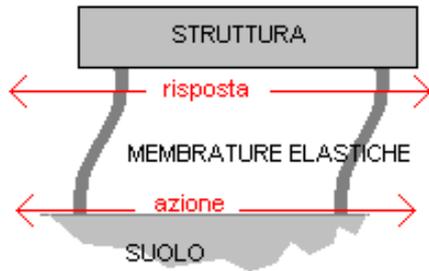
Sisma di Lushan, 20 Aprile 2013: magnitudo 7,0, 150 km lontano, 5 anni dopo il forte sisma di Wenchuan (Magn. 8,1):

◆ 2 corpi di fabbrica non isolati.

Danni: strutture, impianti, muri, controsoffitti.

◆ 1 fabbricato isolato alla base, senza alcun danno, neppure cosmetico, divenuto l'unico centro di soccorso per migliaia di feriti.

Azione e risposta



- In una vibrazione forzata la risposta della struttura può essere sensibilmente più ampia della eccitazione, come si sperimenta facilmente con un semplice pendolo;
- L'amplificazione della risposta dipende essenzialmente dalla natura del suolo e dalle proprietà dinamiche della struttura.
- Se il pendolo è lungo e la massa grande e se la mano che lo regge fa un moto ampio e rapido la massa del pendolo può rimanere quasi ferma (isolamento alla base).

2 corpi di fabbrica non isolati



1 fabbricato isolato alla base



IO SONO
DUTTILE, MI
PIEGO MA
NON MI
SPEZZO ED
IL
TERREMOTO
LO
AFFRONTO
CON
SUCCESSO



SONO CONTENTO CHE NON
CROLLIAMO, MA TIENI A
BADA QUESTA TRAVE; SE SI
SPOSTA TROPPO MI FA
MOLTO MALE

**Progetto basato sulla «performance»
(Performance=sicurezza strutturale)**

IO SONO
DUTTILE, MI
PIEGO MA
NON MI
SPEZZO ED
IL
TERREMOTO
LO
AFFRONTO
CON
SUCCESSO

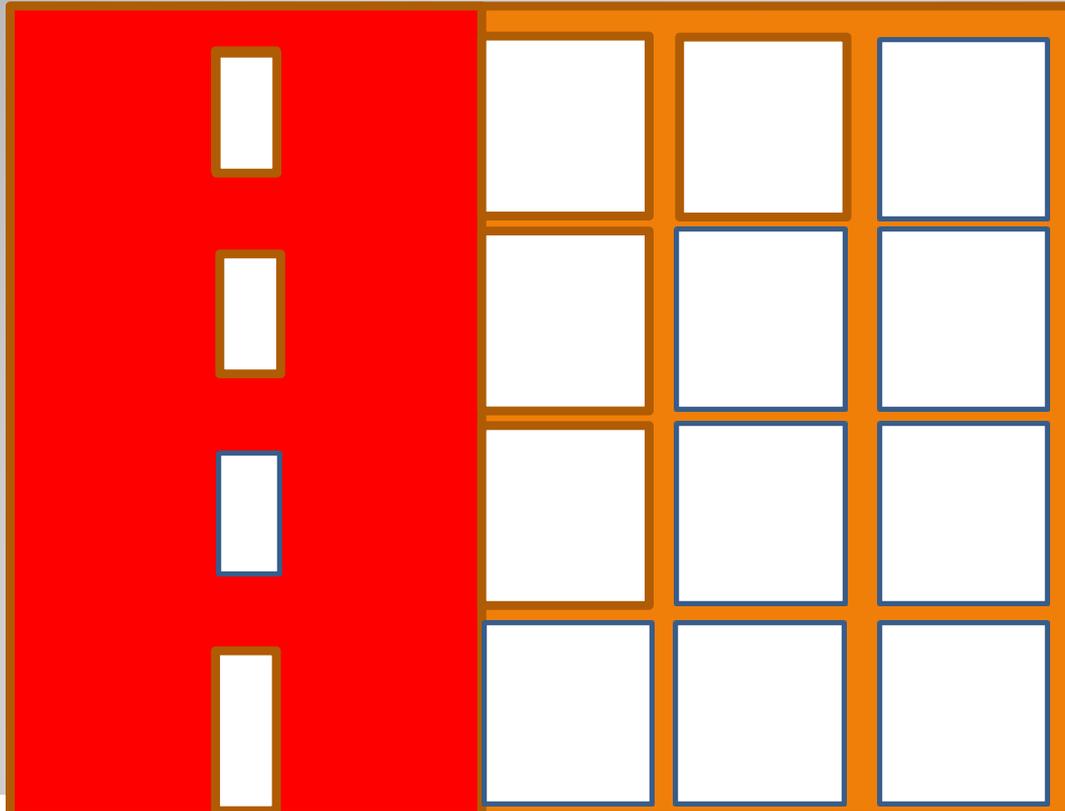


SMETTI DI FARE L'IDIOTA E IL
PRESUNTUOSO. LASCIA CHE ALTRI
SOPPORTINO IL TERREMOTO. TU TIENI
LA SCHIENA DRITTA E PORTA I PESI,
COSÌ IO NON MI DANNEGGIO E LA VITA
RIPRENDE PRESTO E CON POCA SPESA.

Progetto basato sulla «resilienza» (resilienza=limitare i danni e consentire il recupero rapido e poco costoso della funzionalità=sostenibilità=PREVENZIONE)

- Nuovo muro di taglio

Telaio esistente declassato a struttura secondaria (con compito di portare solo forze verticali)



Il **telaio** deve essere **molto meno rigido del muro di taglio**, così subisce solo forze orizzontali modeste e non si danneggia.

Così mantiene la capacità portante verticale

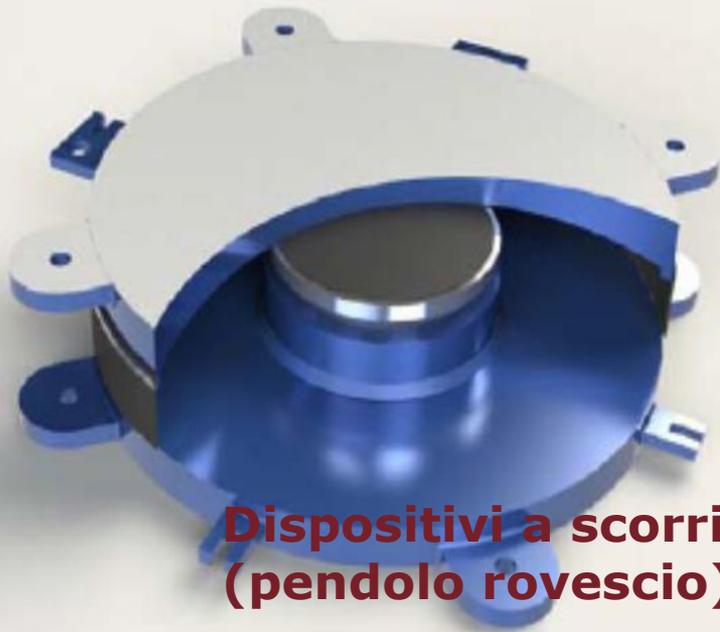
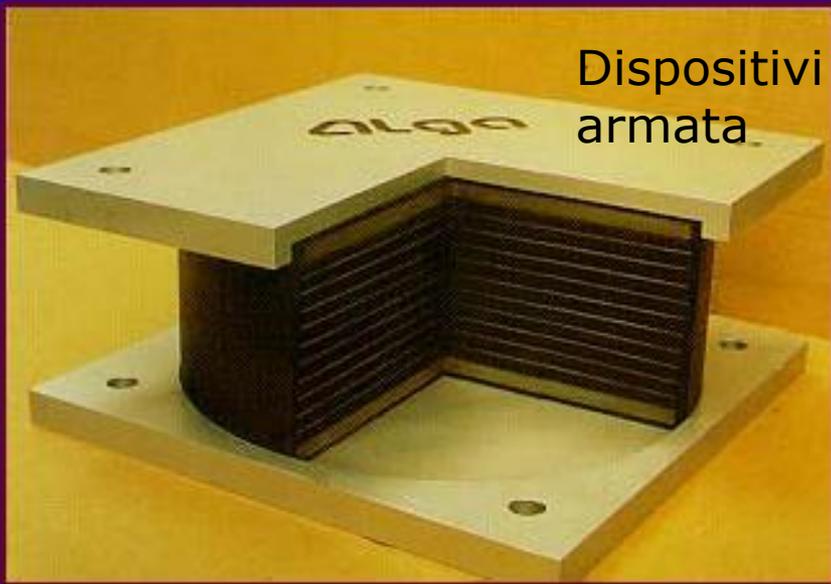
- L'aggiunta di muri di taglio rigidi con declassamento a struttura secondaria del telaio in C.A. preesistente comporta di solito drastiche economie perché:
 - **Non si interviene su tutte le travi, i pilastri e i nodi;**
 - **Non si demoliscono e ricostruiscono sovrastrutture, finiture e impianti;**
 - **Spesso si può intervenire dall'esterno riducendo o eliminando l'interruzione del servizio. Occorre, però, che le fondazioni siano sicure**

ISOLAMENTO
DISSIPAZIONE CONTROLLATA
TRASMETTITORI DI SHOCK
SMORZATORI A MASSA

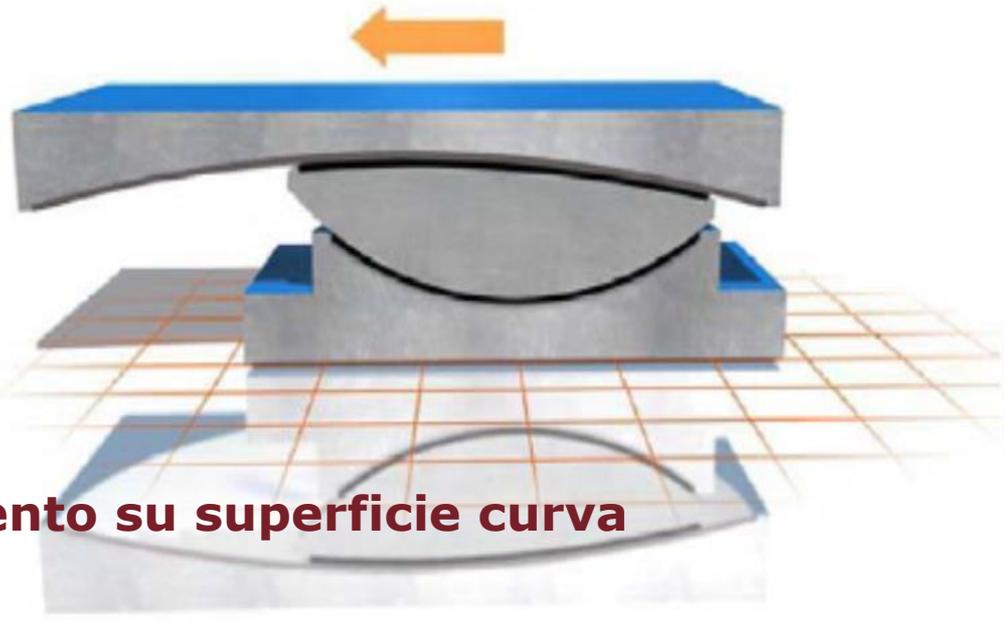
**Non temere le
tecnologie moderne.**

Spesso costano meno di alternative più
tradizionali

Dispositivi in gomma
armata



**Dispositivi a scorrimento su superficie curva
(pendolo rovescio)**

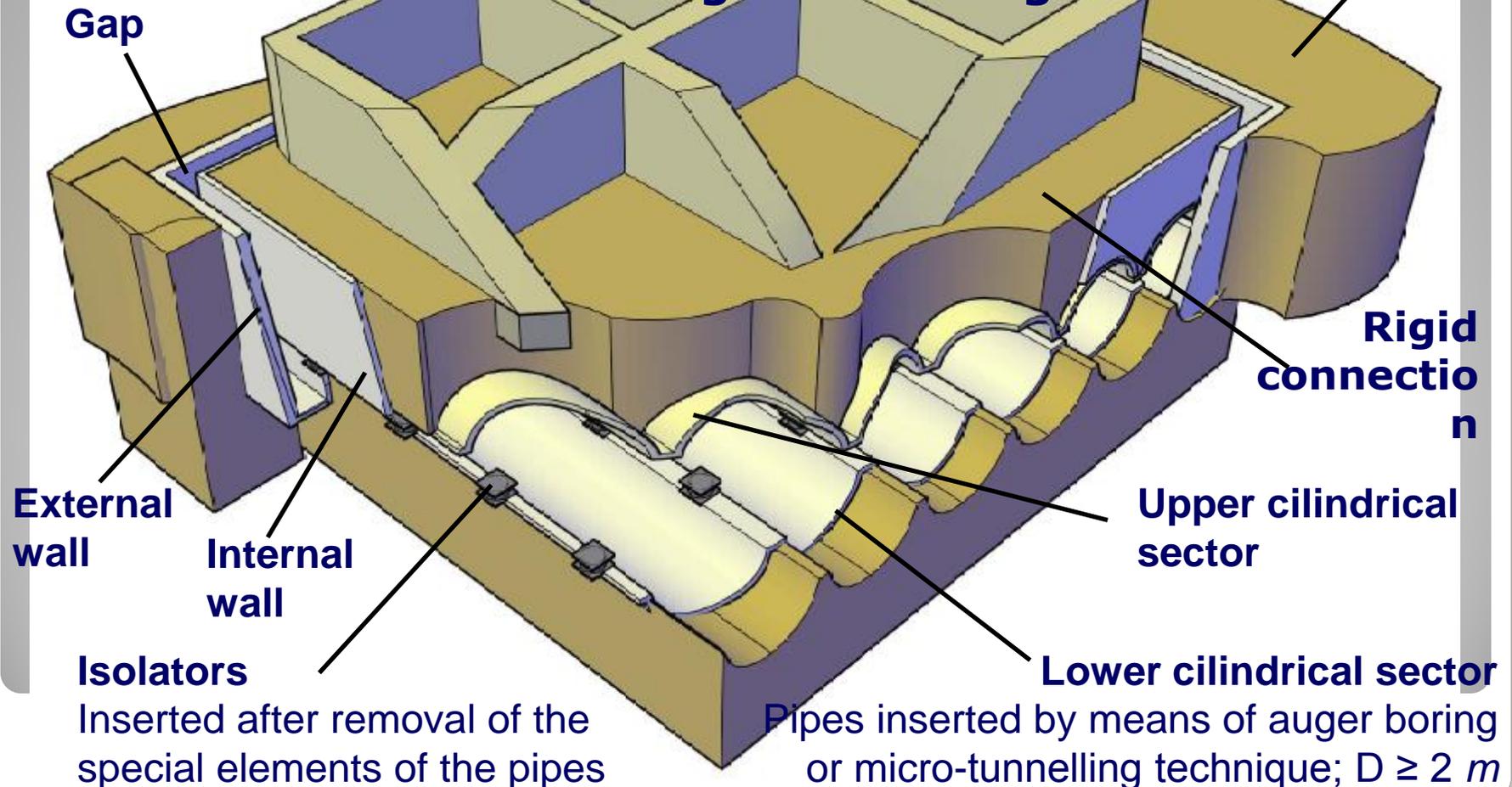




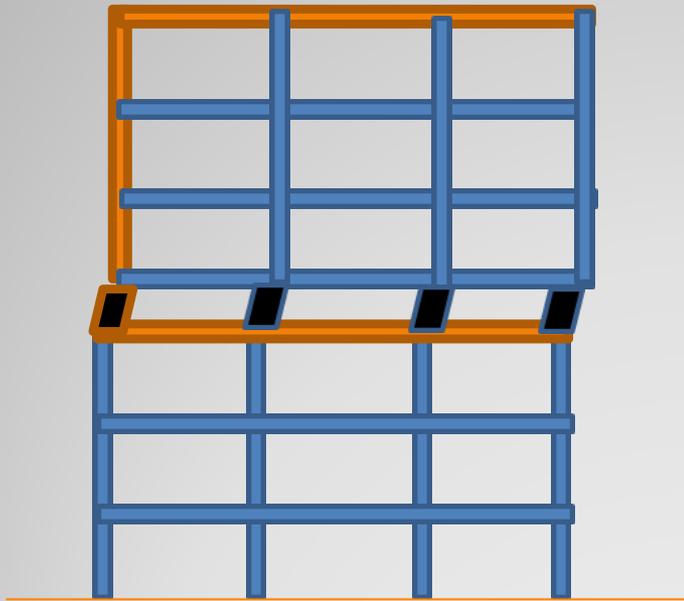
S.I. STRUCTURE FOR EXISTING BUILDINGS

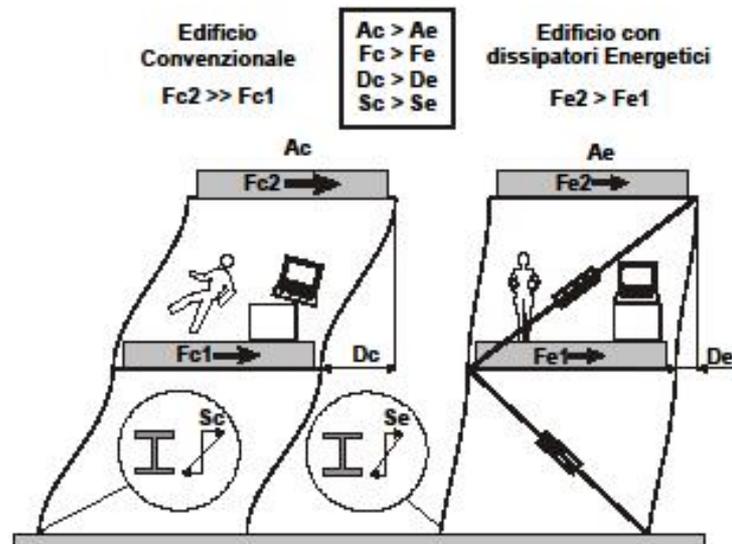
International patent by P. Clemente, A. De Stefano, G. Barla

Isolated platform under the foundations of the building, without touching the building itself



Tuned Mass Damper (TMD)



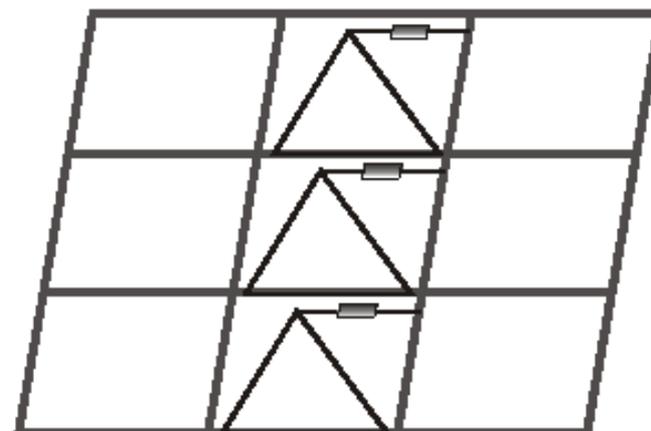
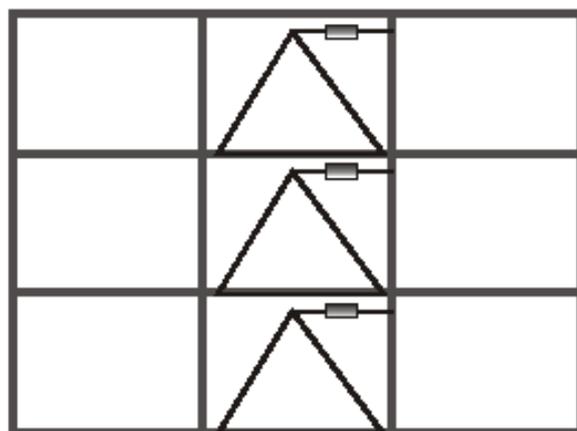
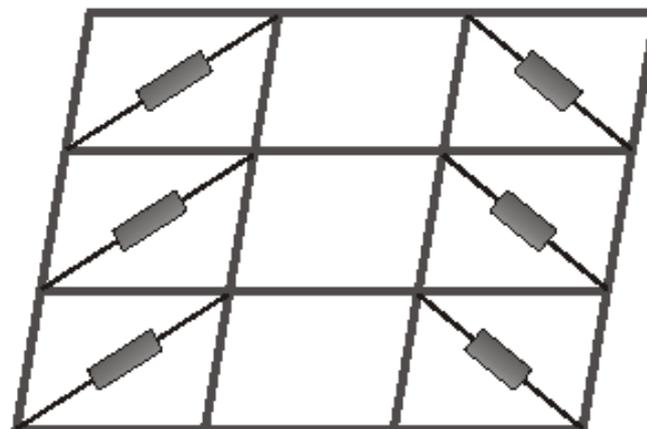
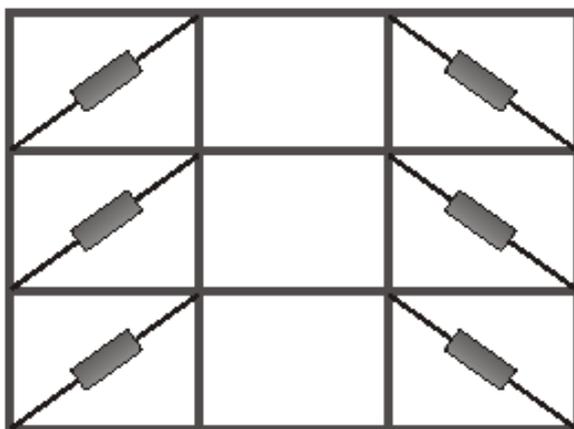


RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA:

dissipazione d'energia

Prove con dissipatori elettroinduttivi sulla tavola vibrante dell'ENEA (Progetto ALGADECS)



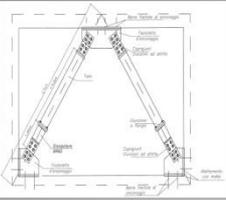


Negli edifici i dissipatori sono installati fra un piano e l'altro (o fra più piani), su rigidi controventi, in direzione diagonale (ove sono massimi gli spostamenti relativi).



Stato di fatto

- Struttura in c.a. – anno 1972 –
- Pianta non regolare a forma di “L”
- Struttura portante a telaio con unico vano ascensore e due vani scala disposti agli estremi del lato lungo
- 3 piani f.t. con seminterrato
- Preferenza di intervento esterno alla struttura



Dissipatori isteretici

- Aste in acciaio armonico inserite nella struttura come elementi controventanti
- Dotati della capacità di raggiungere un livello di plasticizzazione controllata
- Attivi sia in fase di trazione che in fase di compressione
- Dissipazione dell'energia cinetica del sistema edificio mediante cicli isteretici del materiale
- Riduzione progressiva degli effetti del sisma

L'intervento

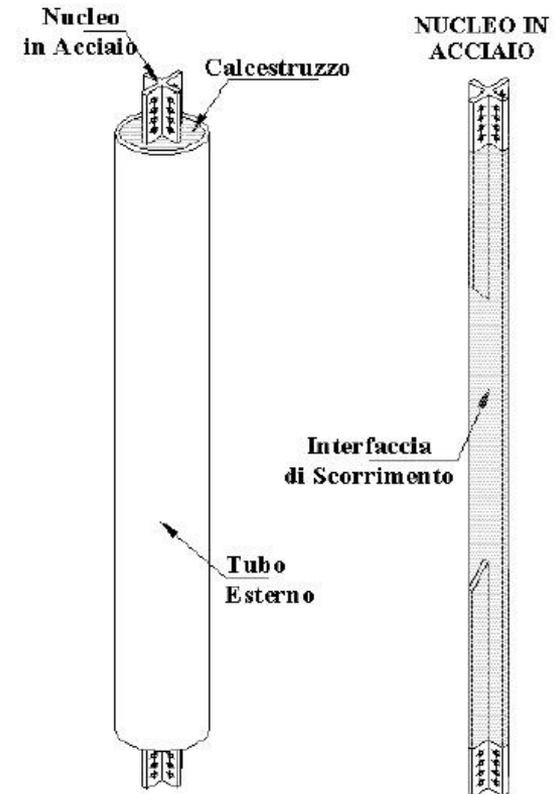
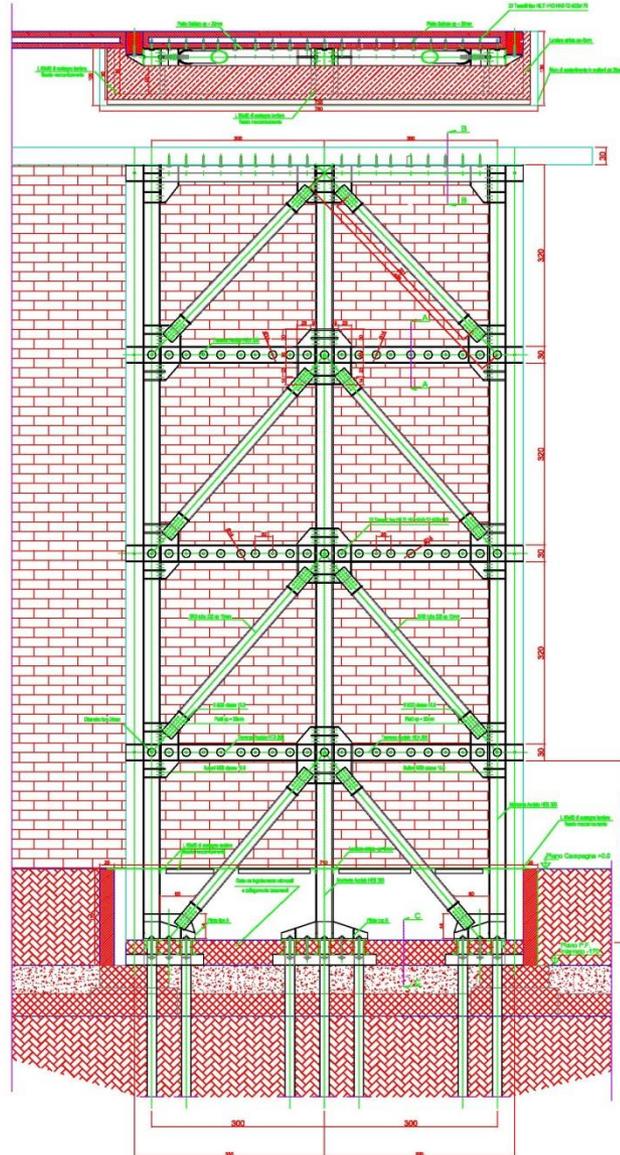
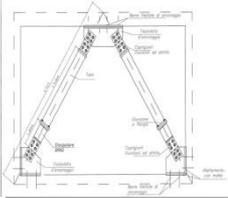
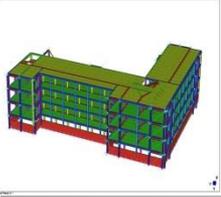


Figura A



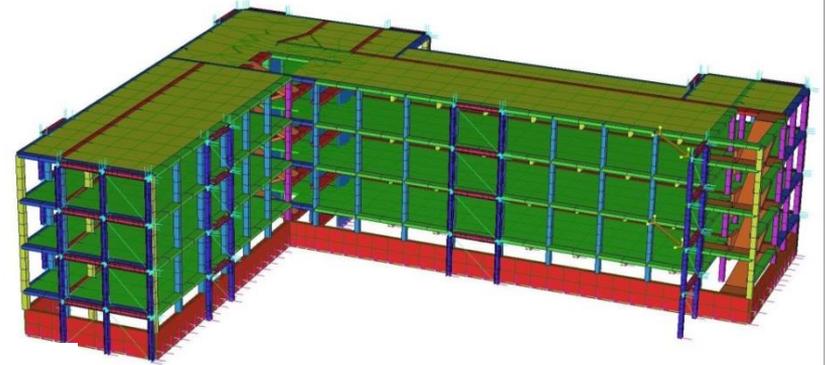
Telai applicati

- Montanti HEB300
- Traversi HEA300
- BRAD 500kN
- Pali D168 s10 L=12m

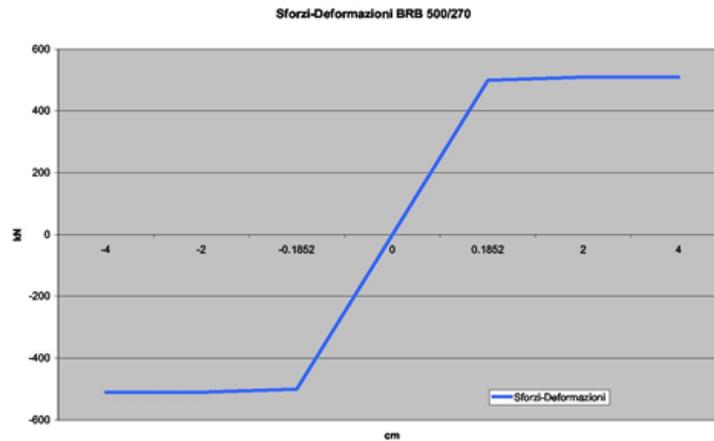


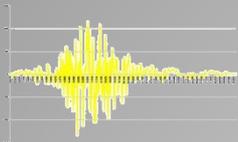
Modello di calcolo

- Modello agli elementi finiti tridimensionale



Analisi strutturale



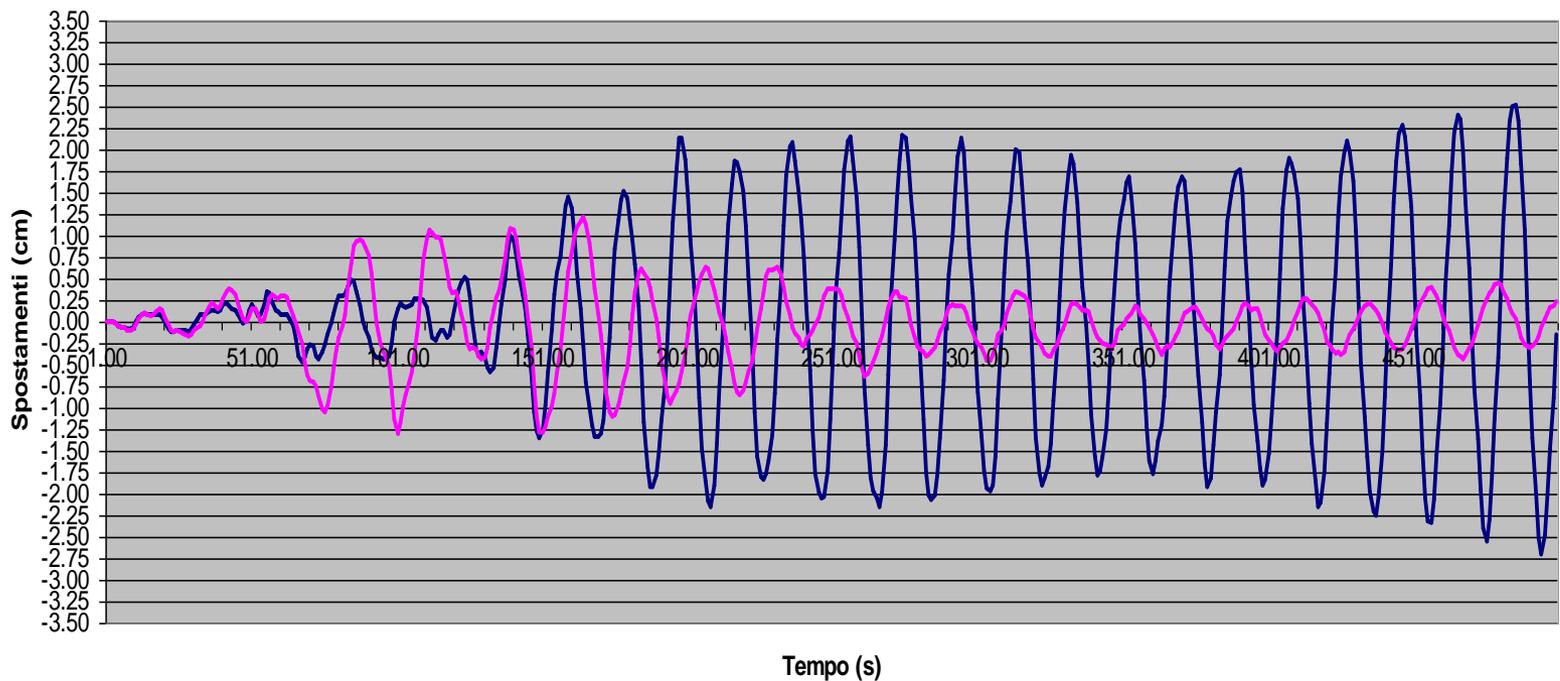


Effetto dei dampers

Confronto spostamenti

Spostamenti BY PILASTRI INCERNIERATI

— Senza BRAD — Con BRAD



Risultati

Domanda: Qual'è il Tempo di Ritorno (tempo atteso di intervallo tra due eventi) di un terremoto che ha il 10% (o il 2%) di probabilità di verificarsi almeno una volta in n anni?

	n = 10 anni	n = 50 anni	n = 100 anni	n = 200 anni
TR ($P[I \geq I_0] = 10\%$)	95	475	950	1900
TR ($P[I \geq I_0] = 2\%$)	495	2475	4950	10000

**Torniamo ora al terremoto di progetto;
Tempo, probabilità e intensità
(c'è da crederci? Funziona davvero così)**

Seismic hazard

Debolezze dell'approccio probabilistico

L'approccio probabilistico (PSHA) alla stima della scuotibilità (hazard) connette la magnitudo o l'intensità epicentrale al tempo di ritorno (RT). Il legame è dato dalla legge di Gutenberg-Richter (original e o corretta) e dalla distribuzione di Poisson (in forme quali la legge esponenziale). Sono modelli senza memoria ed invarianti nel tempo.

Il recepimento normativo lega il tempo di ritorno, e quindi la grandezza del terremoto di progetto, all'importanza della costruzione ed della sua destinazione d'uso.

- La vulnerabilità sismica di un edificio è un suo carattere comportamentale descritto attraverso una legge causa-effetto in cui la causa è il terremoto e l'effetto è il danno.
- Indichiamo genericamente con s e con w due parametri misuratori del sisma e del danno.

Vulnerabilità

Immaginiamo ora che una «Critical Industrial Facility (CIF)» ed un numero di costruzioni ordinarie (OC) insistano sullo stesso territorio. Progettiamo la CIF , p.es. perché resista ad un terremoto con il 2% di probabilità di eccedenza in 100 anni (RT di circa 5000 anni)

Progettiamo le OC perché resistano ad un sisma con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni (RT di circa 500 anni).

Supponiamo, ora, di sapere che un terremoto con RT di 5000 anni, ammesso che sia verosimile, si è verificato 5000 anni fa e non si è mai ripetuto fino ad oggi. Qual è la probabilità che avvenga nel prossimo anno?

Se do credito alla distribuzione esponenziale posso stimare che un simile evento abbia una probabilità piuttosto alta. Se ciò avvenisse, che ne sarebbe delle costruzioni ordinarie, non attrezzate per un sisma così intenso?

Ma la storia sismica di 5000 anni non è nota. Non ci sono dati. Una previsione su base statistica non si può fare con leggi di distribuzione vuote di dati, o per estrapolazione da basi di dati di sismi più modesti e più frequenti. Ed ancora, non possiamo considerare un sisma molto violento, fisicamente possibile, come improbabile perché raro se non sappiamo nulla di ciò che è avvenuto in passato. LA PRUDENZA E' D'OBBLIGO.

Terremoto probabile o massimo terremoto credibile?

Elenco dei terremoti con il maggior numero di vittime avvenuti nel mondo a partire dall'anno 2000

**Tutti i terremoti più devastanti sono stati sottostimati dalle tradizionali stime probabilistiche dello scuotimento atteso (GSHAP)
=> Necessità di una verifica oggettiva delle stime di pericolosità**

Region	Date	Magnitude	Fatalities	Intensity difference
Sumatra-Andaman "Indian Ocean Disaster"	26.12.2004	9.0	227898	4.0 (IV)
Port-au-Prince (Haiti)	12.01.2010	7.3	222570	2.2 (III)
Wenchuan (Sichuan, China)	12.05.2008	8.1	87587	3.2 (III)
Kashmir (North India and Pakistan border region)	08.10.2005	7.7	~86000	2.3 (II)
Bam (Iran)	26.12.2003	6.6	~31000	0.2 (=)
Bhuj (Gujarat, India)	26.01.2001	8.0	20085	2.9 (III)
Off the Pacific coast of Tōhoku (Japan)	11.03.2011	9.0	15811 (4035 missing)*	3.2 (III)
Yogyakarta (Java, Indonesia)	26.05.2006	6.3	5749	0.3 (=)
Southern Qinghai (China)	13.04.2010	7.0	2698	2.1 (II)
Boumerdes (Algeria)	21.05.2003	6.8	2266	2.1 (II)
Nias (Sumatra, Indonesia)	28.03.2005	8.6	1313	3.3 (III)
Padang (Southern Sumatra, Indonesia)	30.09.2009	7.5	1117	1.8 (II)

Differenza fra i valori di intensità osservati e quelli previsti da GSHAP

Il concetto di tempo di ritorno (RT) si concilia anche difficilmente, ai fini pratici, con l'evidenza dei terremoti replicati in poco tempo nella stessa area geografica ma con sismogenesi diversa.

Tra i molti esempi:

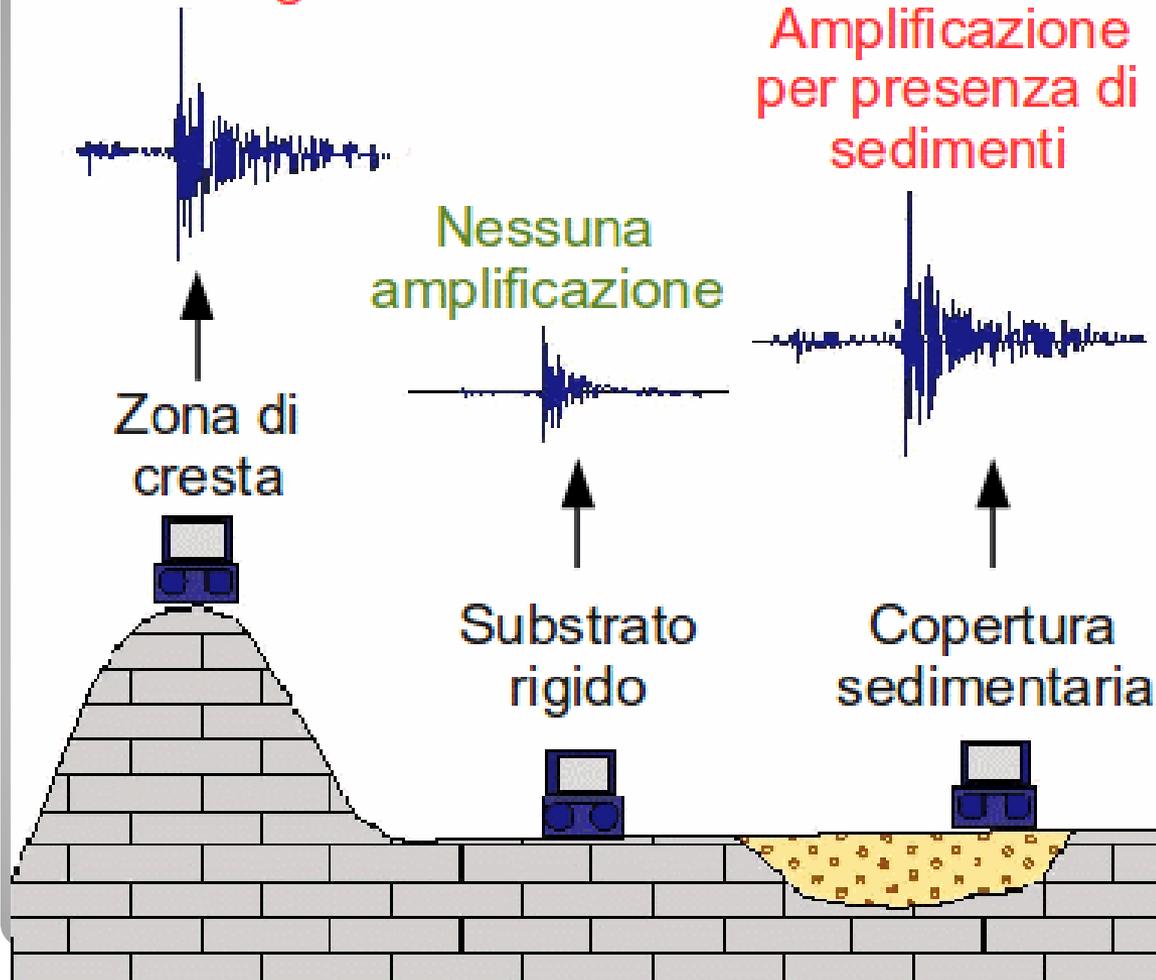
- California: San Fernando (1971), Loma Prieta (1989), Northridge (1994)
- Turchia: due forti sismi presso il mar di Marmara (17 agosto, 12 novembre 1999)
- Cina: Wenchuan (maggio 2008, M 7,9), Lu Shan (150 km di distanza, 5 anni dopo)
- Cile

Tempo di ritorno?

Amplificazione
per effetti
morfologici

Amplificazione
per presenza di
sedimenti

Nessuna
amplificazione



Importanza
degli effetti di
amplificazione
locale.

**Le norme tecniche
suggeriscono
strumenti
semplificati per
tenerne conto IN
ASSENZA DI
ANALISI PIU'
ACCURATE che
non vengono
effettuate quasi
mai**

Grazie per l'attenzione
E tanti auguri
Di una vita felice
Senza terremoti