

INTERVENTI SULL'ESISTENTE PER MIGLIORARE IL COMPORTAMENTO SISMICO

Prof. Ing. C. Nuti

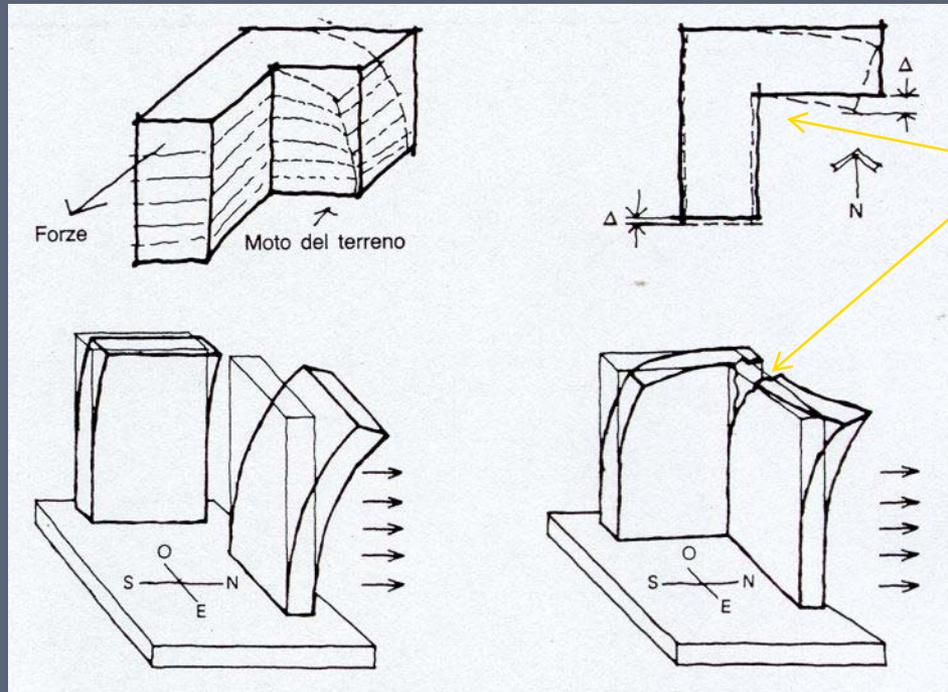


Dipartimento di Strutture

OGGETTO DELLA PRESENTAZIONE

- Protezione sismica delle strutture Esistenti – Danni
- Controventi dissipativi
- Descrizione dei principi alla base della metodologia studiata
- Analisi non lineare delle strutture
- Descrizione della procedura progettuale
- Descrizione di casi studio
- Discussione dei risultati ottenuti dalle analisi di spinta con quelli ottenuti conducendo analisi dinamiche

Effetto del moto del terreno sulle costruzioni



Problema nell'angolo

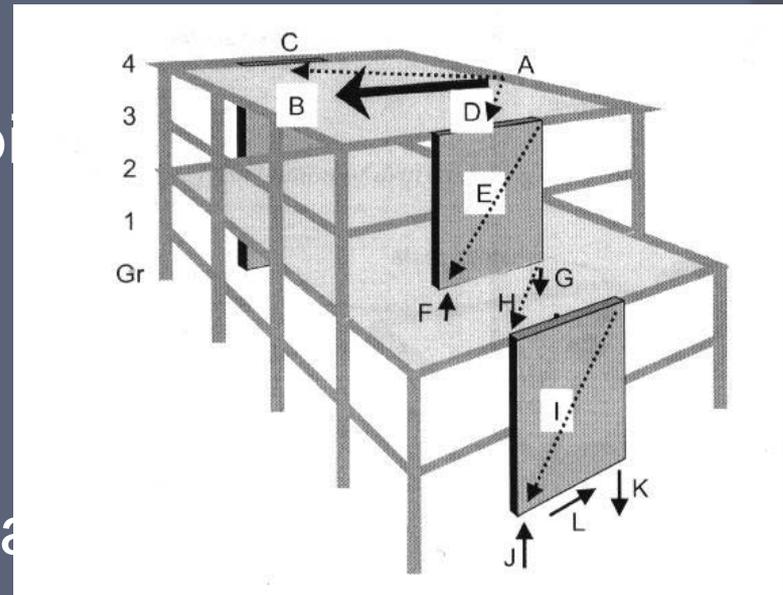
Esiste un percorso resistente adeguato per azioni orizzontali e verticali?

● nello schema indicato vi sono due evidenti difetti:

- Eccentricità diverse ai piani
- Setti interrotti

● Il sistema consente

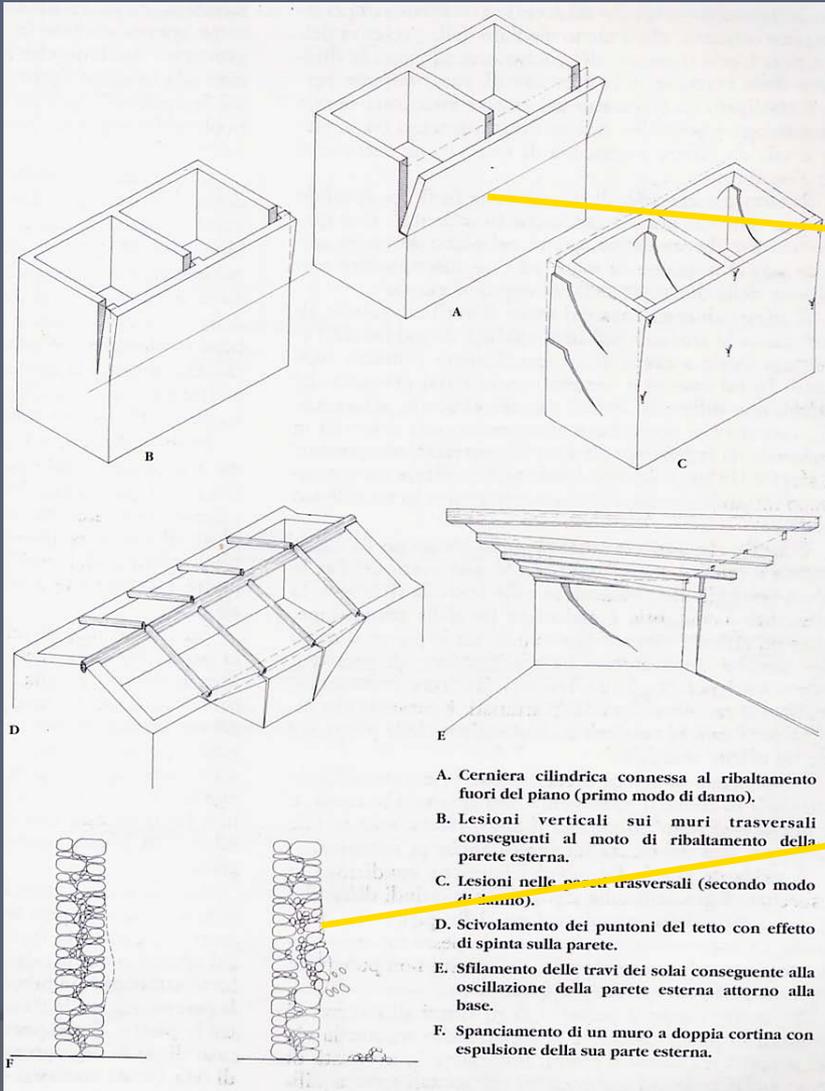
- Sviluppo modi di collasso
- Valutazione della vulnerabilità
- Calibrazione di interventi di rinforzo



Negli edifici in muratura il percorso resistente in genere apparentemente esiste

Modi di collasso: ed. in muratura

perché si realizzino i modi, i componenti devono essere più resistenti dei meccanismi



- A. Cerniera cilindrica connessa al ribaltamento fuori del piano (primo modo di danno).
- B. Lesioni verticali sui muri trasversali conseguenti al moto di ribaltamento della parete esterna.
- C. Lesioni nelle pareti trasversali (secondo modo di danno).
- D. Scivolamento dei puntoni del tetto con effetto di spinta sulla parete.
- E. Sfilamento delle travi dei solai conseguente alla oscillazione della parete esterna attorno alla base.
- F. Spanciamento di un muro a doppia cortina con espulsione della sua parte esterna.



Qualità delle murature

Muro legato trasversalmente, può oscillare

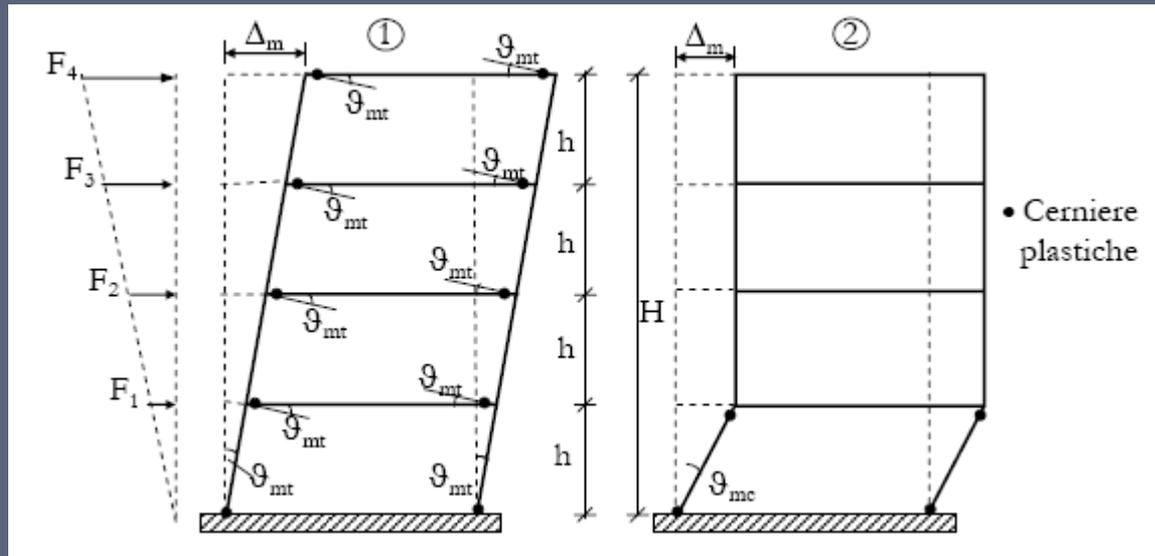


Muro con ricorsi orizzontali, può avere piccoli scorrimenti interni



Nelle strutture a telaio si desidera che si realizzino modi globali che coinvolgano tutto il telaio

- È possibile dimostrare che il terremoto essenzialmente impone spostamenti
- A parità di spostamento la deformazione è minore se non si concentra la deformazione ad un solo piano



Si creano meccanismi?

Se gli elementi sono + resistenti dei meccanismi



Ancoraggio inadeguato dello spiccato pilastri e mancanza ferri orizzontali in fondazione

Qui c'era un palazzo, si è sbriciolato. Gli elementi erano meno resistenti dei meccanismi

Si creano meccanismi?

Solo se gli elementi sono + resistenti dei meccanismi



Rotto nodo
Elem. non collegati

Mancano staffe



Si creano meccanismi

Solo se gli elementi sono + resistenti

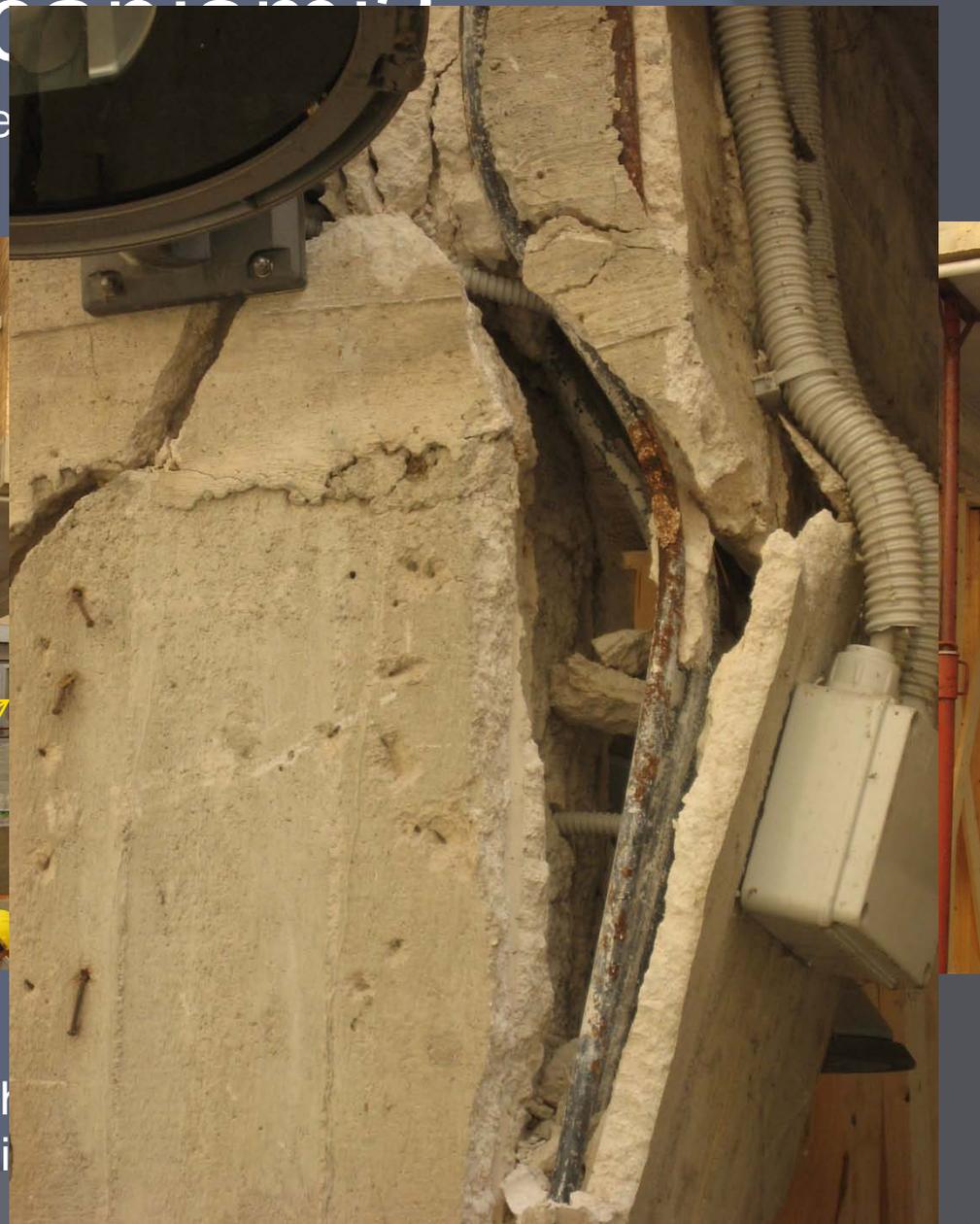


Ingresso ospedale
Strutture integre in
facciata
La struttura si è potuta
deformare

Stessa deformazione



A pochi
Rischi



Si creano meccanismi?

Solo se gli elementi sono + resistenti dei meccanismi

Cordoli in c.a. non ammorsati ai muri né collegati tra loro



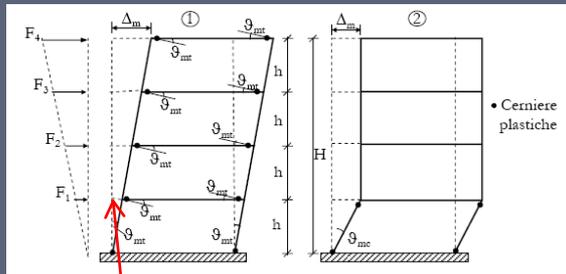
Si creano meccanismi?

Solo se gli elementi sono + resistenti dei meccanismi

Cordoli in c.a. non ammorsati ai muri né collegati tra loro



Problemi di meccanismi locali: sono possibili modesti spostamenti

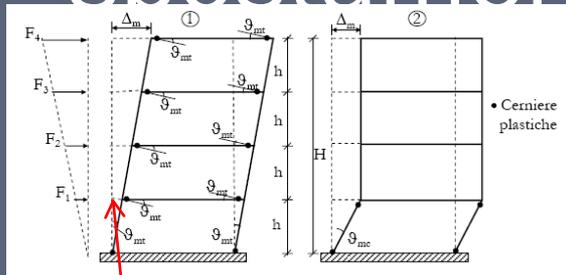


Questo è quanto
si può deformare
un piano



Qui c'era un piano. I pilastri erano meno resistenti delle travi

Problemi di meccanismi locali: sono possibili modesti spostamenti



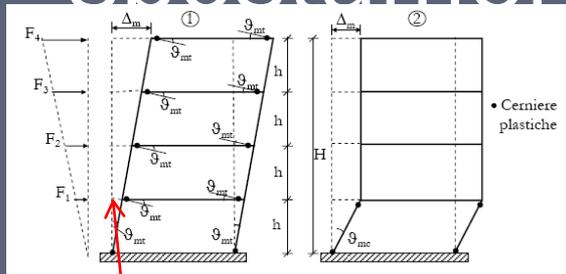
Questo è quanto
si può deformare
un piano

Rottura del nodo



Piano quasi crollato. I pilastri erano meno resistenti delle travi

Problemi di meccanismi locali: sono possibili modesti spostamenti

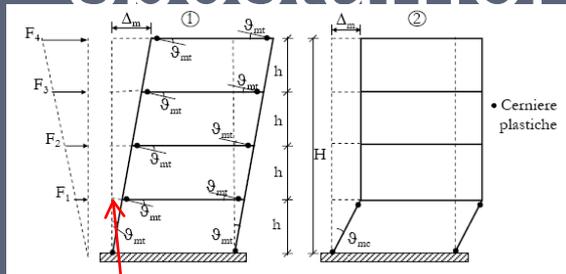


Questo è quanto
si può deformare
un piano



Piano crollato. I pilastri erano meno resistenti delle travi

Problemi di meccanismi locali: sono possibili modesti spostamenti

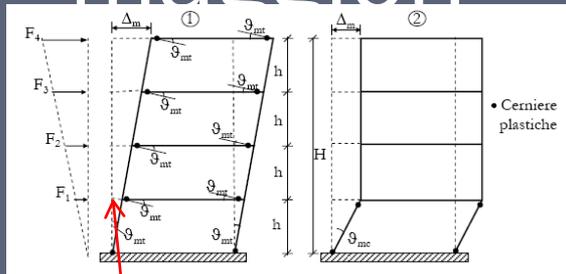


Questo è quanto
si può deformare
un piano



I pilastri erano più resistenti delle travi, non si è formato un meccanismo di piano

meccanismi locali eliminati: sono possibili spostamenti maggiori



Questo è quanto
si può deformare
un piano

La trave si sta plasticizzando
Ma anche il pilastro

I pilastri erano più resistenti
Ci siamo però andati vicino.



meccanismo di piano

Danni strutturali



Staffe troppo rade

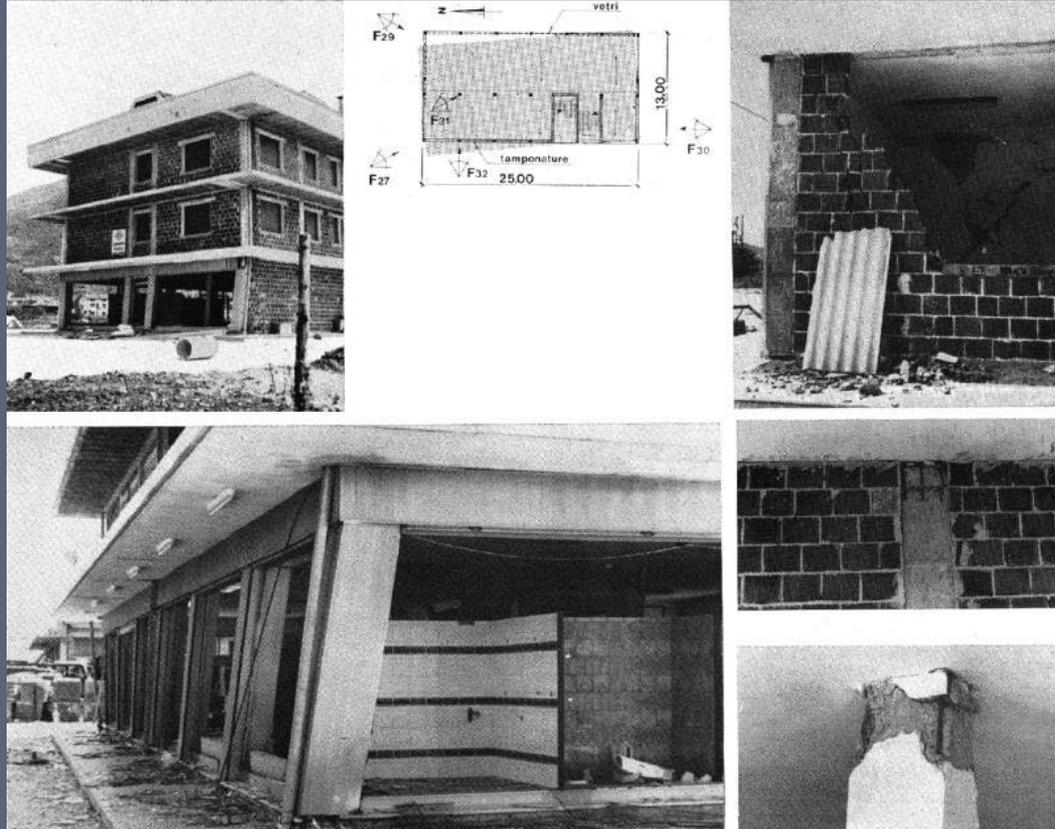


Arm. Orizz. Troppo rade

Anche nelle colonne di muratura:
staffe di contenimento!



Irregolarità verticale e in pianta dovuta a tamponamento + nucleo scale



Edificio in fase di realizzazione con asimmetria alla base nella distribuzione della
muratura di tamponamento

Camillo NUTI – Università degli Studi "Roma Tre" -
Dipartimento di Strutture

Irregolarità verticale e in pianta dovuta alla struttura



Irregolarità verticale e in pianta dovuta alla struttura



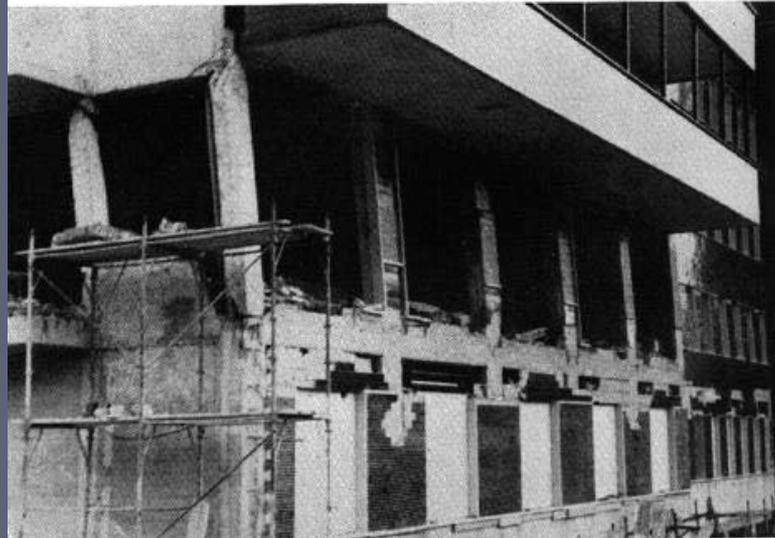
Irregolarità verticale e in pianta dovuta alla struttura



Irregolarità verticale e in pianta dovuta alla struttura



Irregolarità verticale dovuta alla struttura (Ospedale di Gemona 1976)

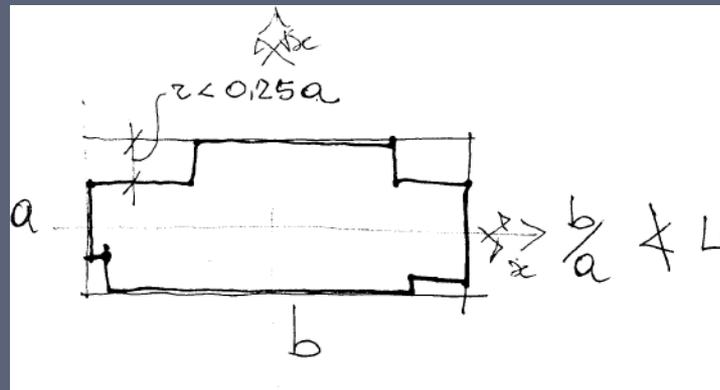


Irregolarità verticale e in pianta dovuta a tamponamento (Molise)



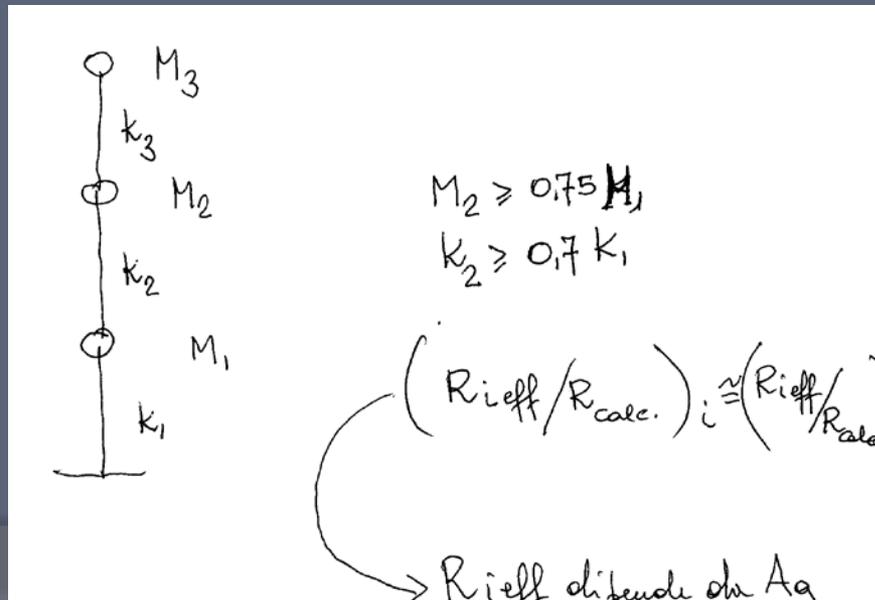
Regolarità:

- Per quanto riguarda gli edifici, una costruzione è **regolare in pianta** se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:
- a) la configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze;
- b) il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4;
- c) nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25 % della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione;
- d) gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti.



Regolarità in altezza:

- se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:
- e) tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione;
- f) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione
 - le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %,
 - la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%;



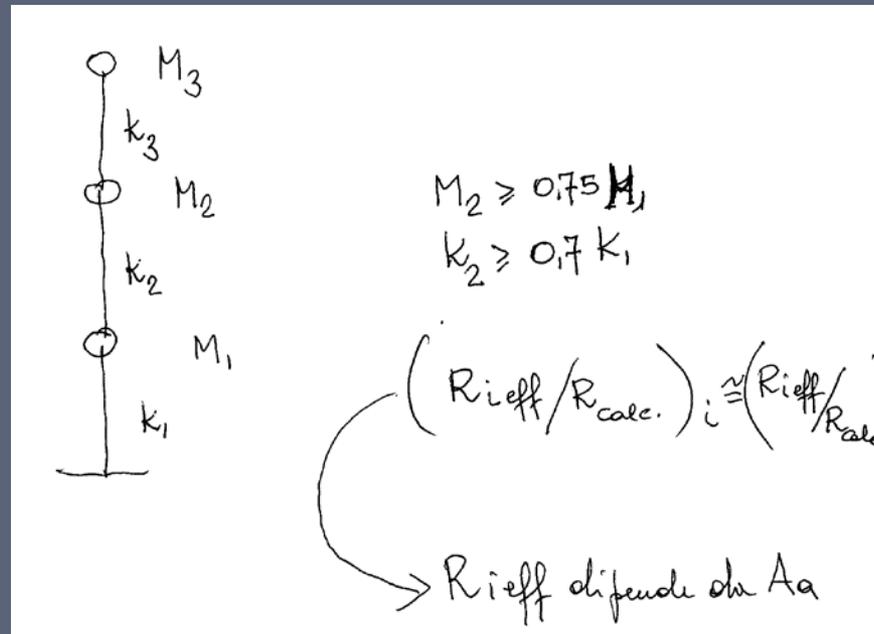
Regolarità in altezza:

○ f)(continua)

- ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base;

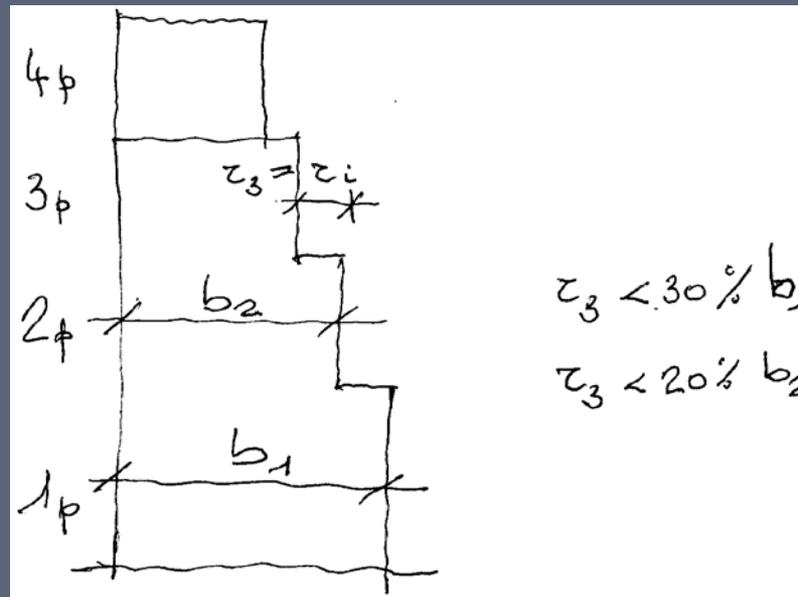
Regolarità in altezza:

- g) nelle strutture intelaiate progettate in CD "B" il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi
 - (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti;



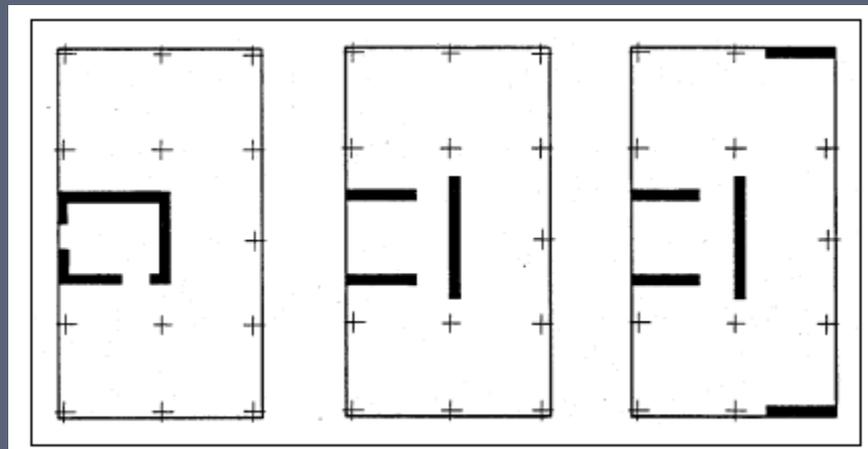
Regolarità in altezza:

- h) eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti:
 - ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.



Irregolarità in pianta

Strutture sensibili alla torsione:



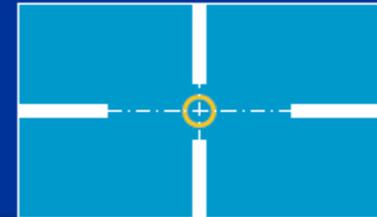
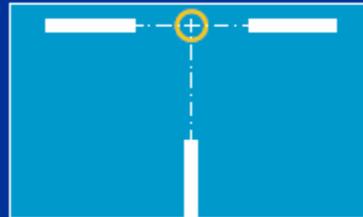
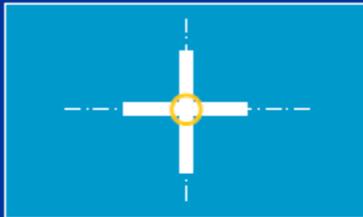
sensibile

sensibile

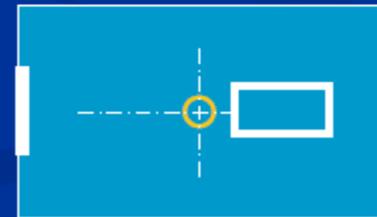
Poco sensibile

Irregolarità in pianta

Sistemi instabili



Sistemi stabili

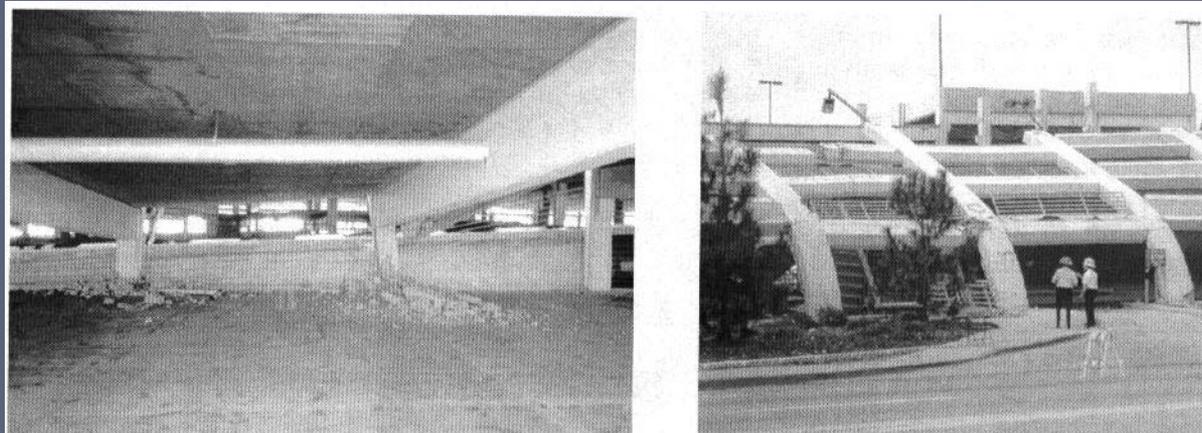


Problemi dei solai

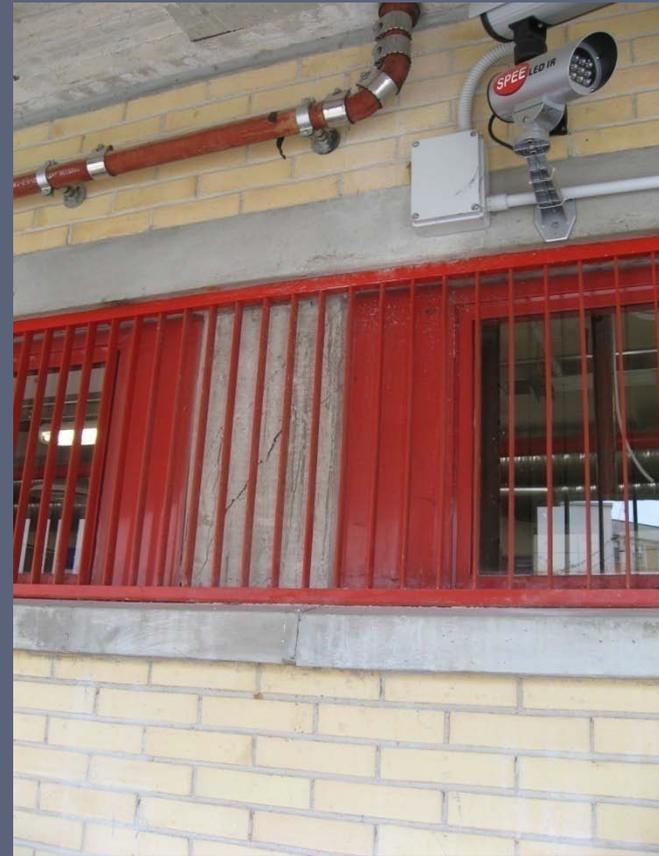
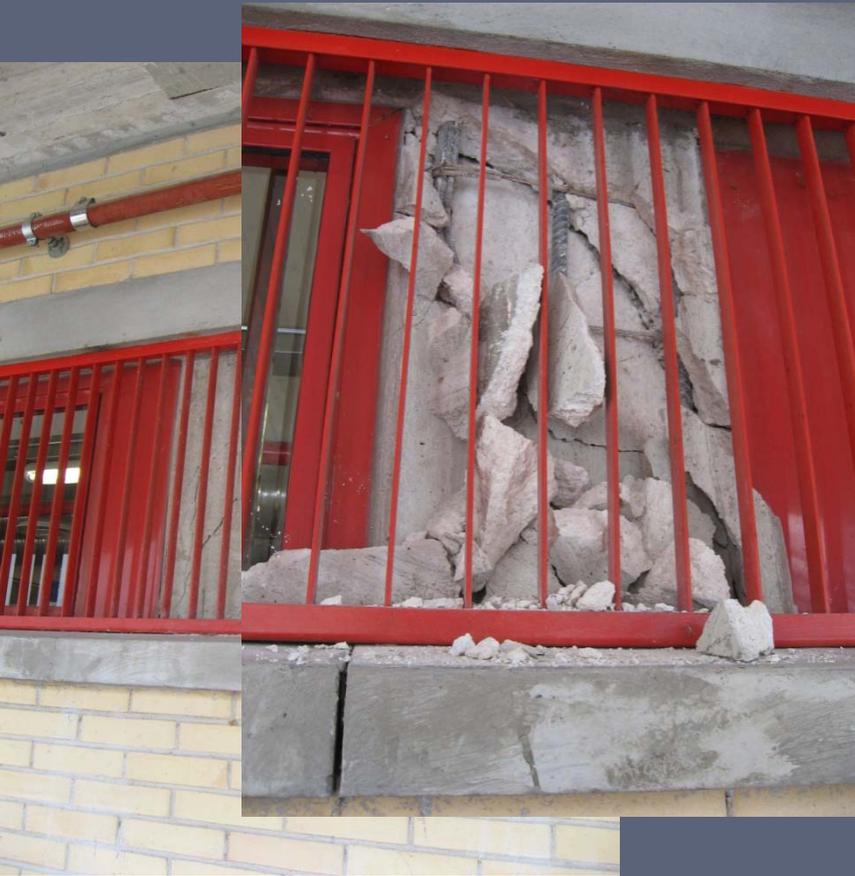
- ⦿ aperture di notevole dimensione nei solai (insufficiente rigidezza e resistenza)
- ⦿ collegamento (a taglio) tra solai e elementi (telai-pareti ecc) resistenti
- ⦿ collegamento di elementi prefabbricati

Insufficiente capacità deformativa nelle strutture secondarie per le az. orizzontali

- I pilastri interni non hanno resistito alle deformazioni imposte, la struttura esterna era duttile e resistente(destra)! (1994 Norththrige, NISEE)



Insufficiente capacità deformativa nelle strutture secondarie per le az. orizzontali



Insufficiente capacità deformativa nelle strutture secondarie per le az. orizzontali

- la struttura esterna era duttile e resistente(destra!)
(1994 Norththrige, NISEE)
- A l'aquila anche deformazioni modeste hanno indotto gravi problemi (mancano le staffe) (sinistra!)



Problemi specifici del telaio se non è parte del sistema resistente alle azioni orizzontali.

- ⦿ Controllo se portano i carichi verticali, escludendo collassi fragili (taglio)
- ⦿ controllo se gli elementi verticali sono collegati a quelli orizzontali

Danno non strutturale

S. Demetrio effetti topografici



Danno non strutturale

fabbricato uguale altra posizione nessun danno



Martellamento tra edifici contigui

- Giunti inadeguati Giunto, si vede il polistirolo caduto



Martellamento tra edifici contigui

- Giunti inadeguati
- Termosifoni a cavallo giunto!
- Scarsa attenzione ai componenti non strutturali



Tamponature cadute fuori piano



Tamponature collassate nel piano



Gli edifici sono privi di pareti di irrigidimento
Le tamponature si rompono per eccessiva deformazione



Tramezzo con pianta a Z privo di cordoli verticali di estremità

DANNI RISCONTRATI SU TELAI IN C.A.

COLLASSO delle tamponature agli angoli delle strutture: le strutture realizzate su forte pendio hanno risentito di forte torsione



Contrasto tra situazione esterna e danni interni 1/5



Contrasto tra situazione esterna e danni interni 2/5



Contrasto tra situazione esterna e danni interni 3/5



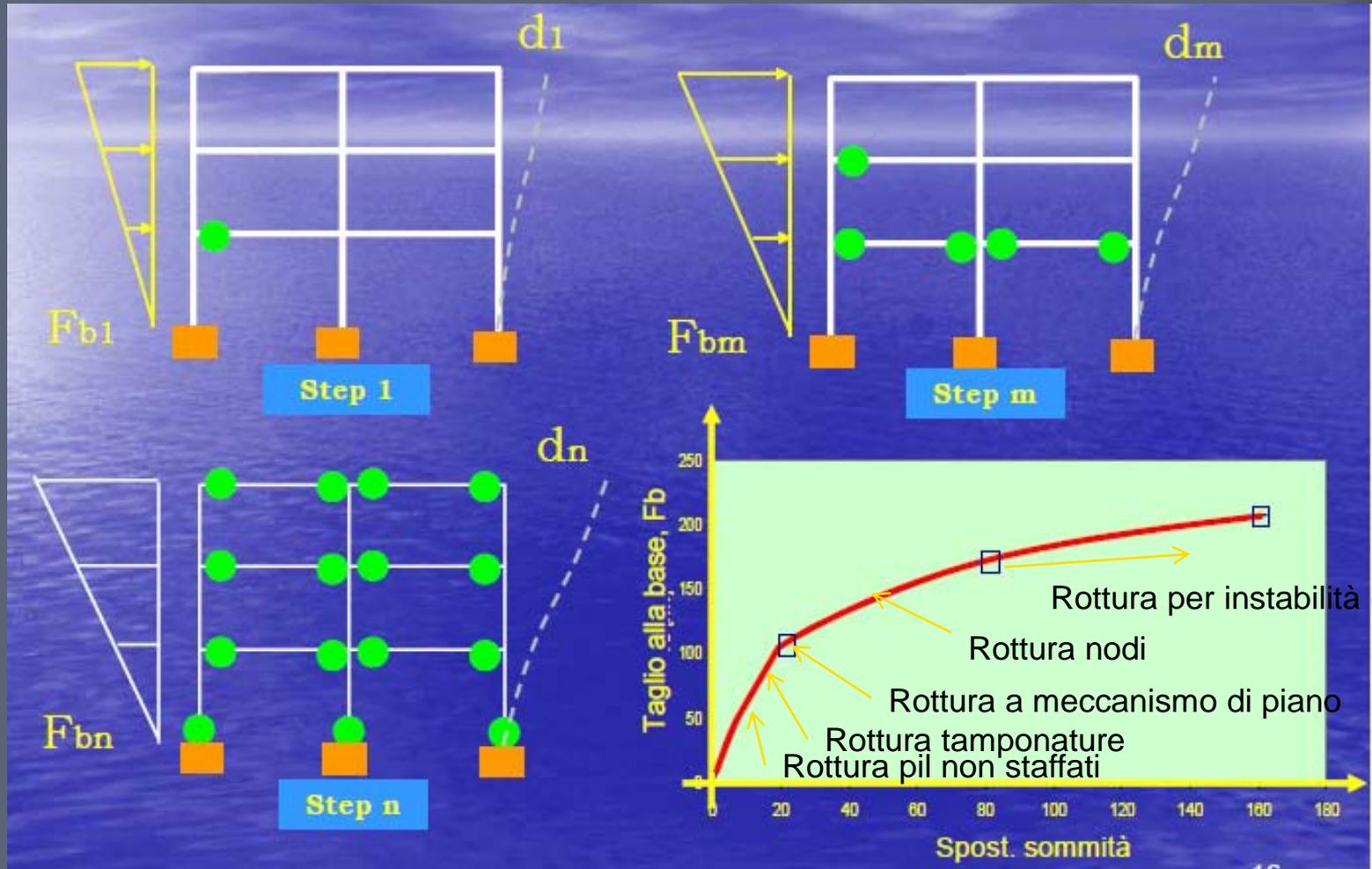
Contrasto tra situazione esterna e danni interni 4/5



Contrasto tra situazione esterna e danni interni 5/5



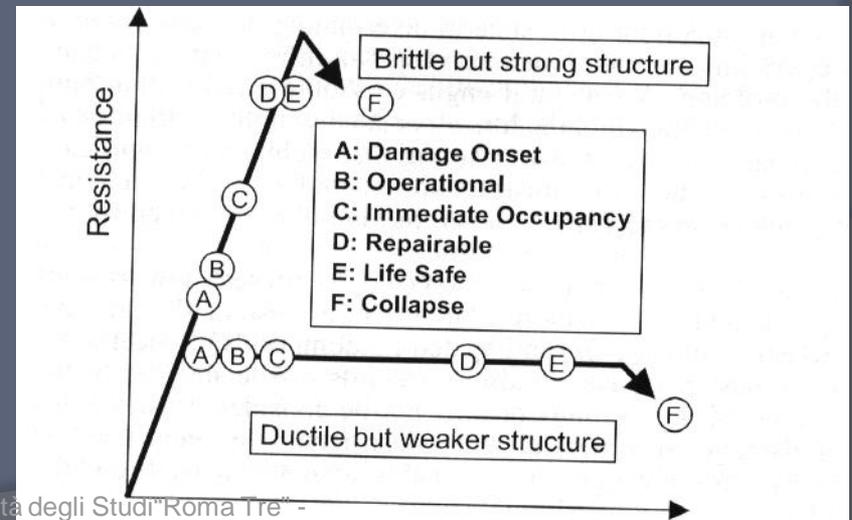
Come si valuta la capacità di resistere ad un terremoto?



Strategie di intervento

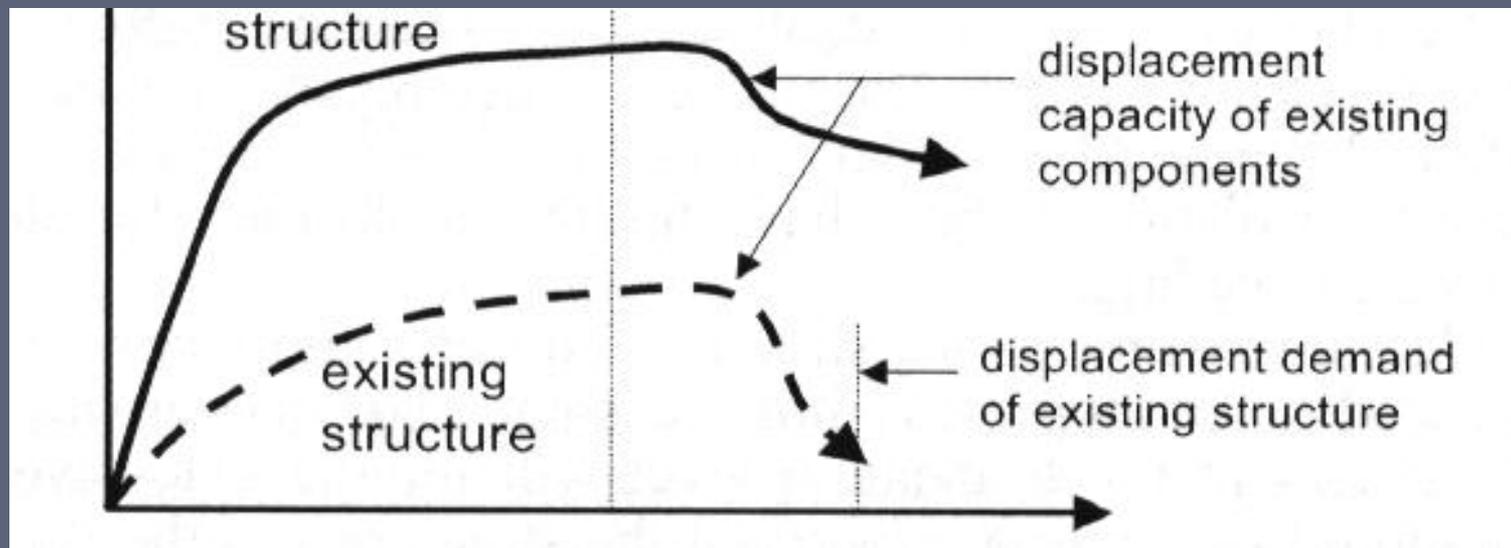
● Tre possibili filosofie

- Due agiscono sulla disponibilità della struttura:
 - Struttura estremamente resistente
 - Struttura estremamente duttile
- Riduzione della domanda



Strategie di intervento

- Aumento della resistenza - riduzione della domanda in spostamento



Riforzo con calastrelli

(Fib-2003)



Rinforzi con calastrelli: aumento di duttilità

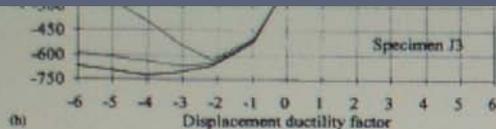


Fig. 5-20: Joint shear force vs connection ductility factor (ductility = 1 at joint shear cracking) for: a) unreinforced connection; and (b) connection retrofitted with corrugated steel sheets (Biddah et al, 1997).

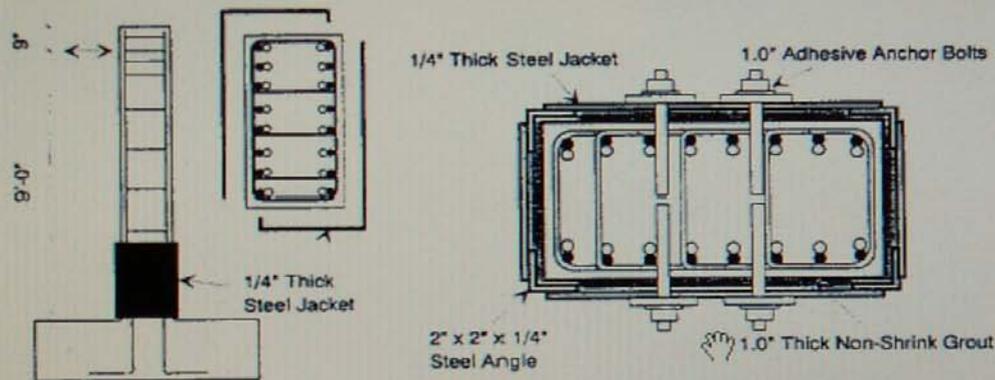


Fig. 5-21: Steel jacket used by Aboutaha et al (1996 a,b) for retrofitting concrete column with insufficient lap splices

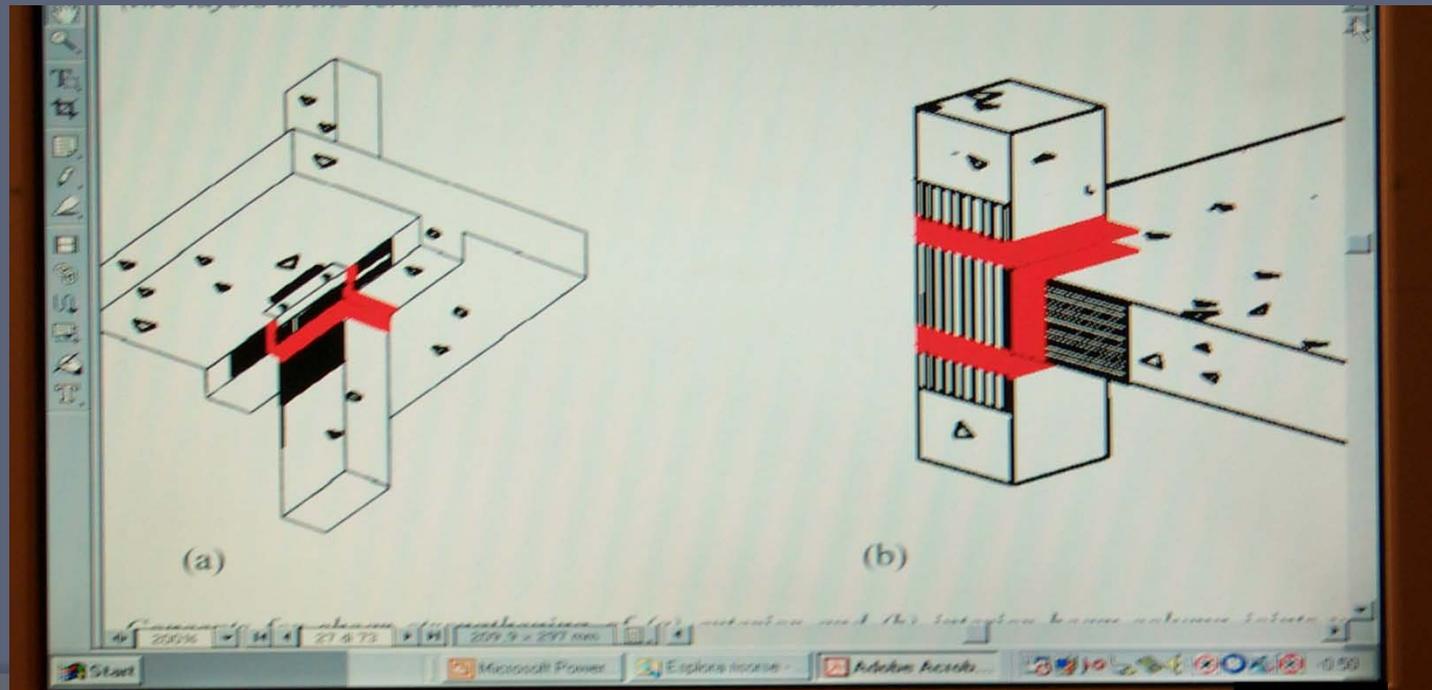
Aboutaha et al (1999) concluded that, in order to play this role, the steel jacket has to remain elastic. To this end, they recommend it be proportioned to resist shear with only 50% of its yield stress. Under this condition they propose a model for shear resistance of the jacketed column in which the contribution of the jacket to shear resistance is calculated with an expression analogous to Eq. (5-31) for the shear resisted by FRP wraps, applied with angle α with respect to the column axis equal to 90° and the product $\epsilon_{fd} E_f$ replaced by 50% of the yield stress of the steel jacket. The

12/9/2002

Rinforzo dei nodi: Resistenza

Il rinforzo dei nodi è necessario per impedire il collasso fragile
In particolare se si sono rinforzati travi e pilastri o inserite pareti di tamponamento

Il rinforzo dei nodi è problematico con tecniche tradizionali



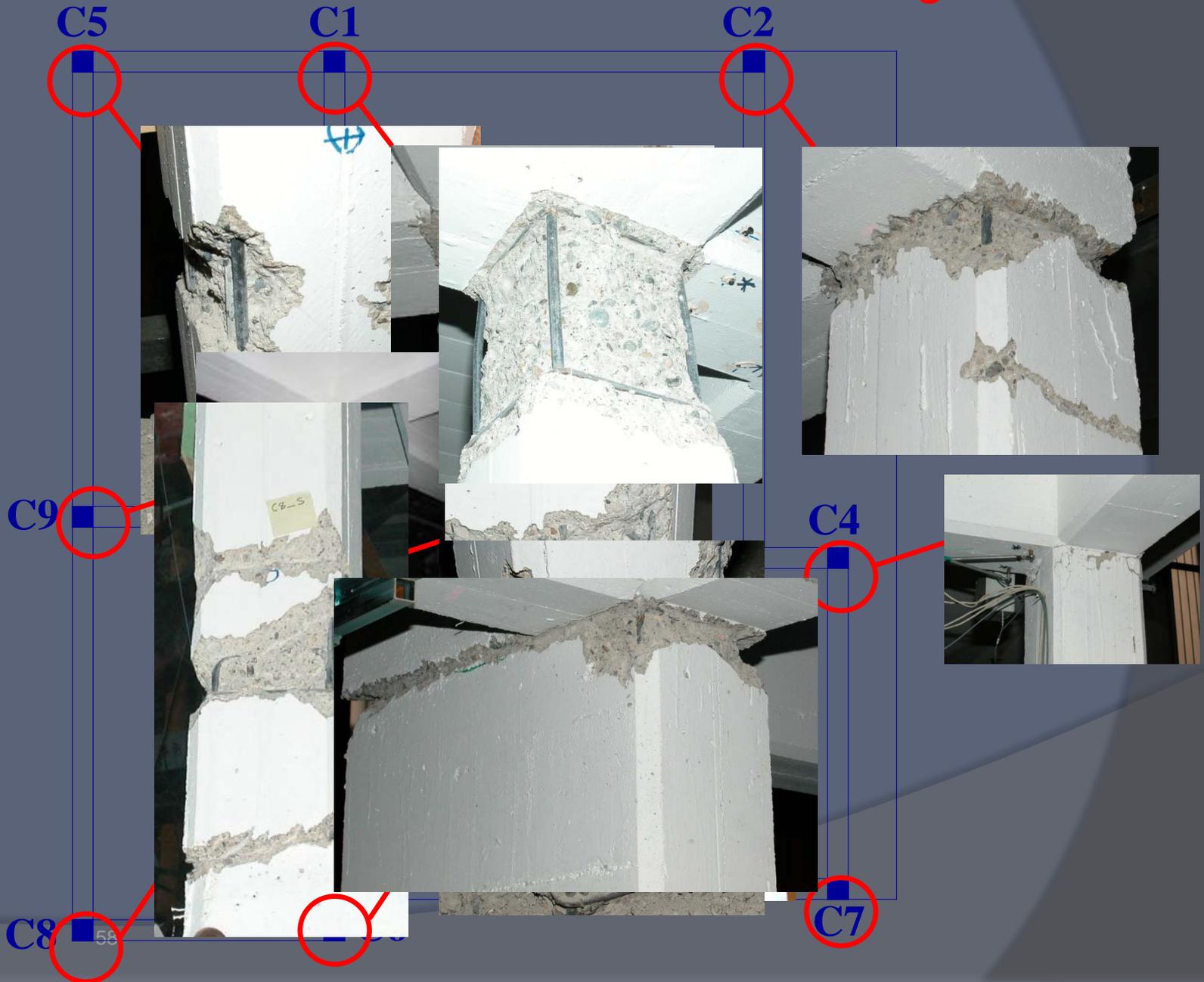
Strategie di intervento

- Aumento della duttilità- duttilità



Ed 3 piano scala 1:1 (ISPRA)

Struttura *NON RINFORZATA* 0.2g



Rinforzo a taglio nodi d'angolo

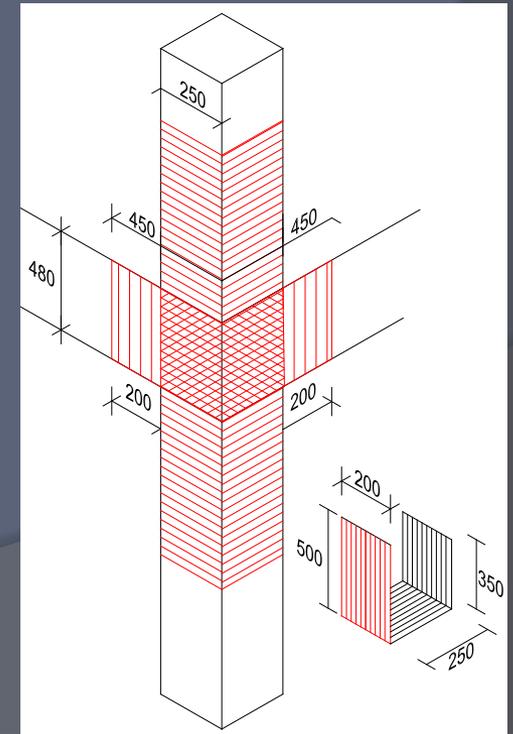
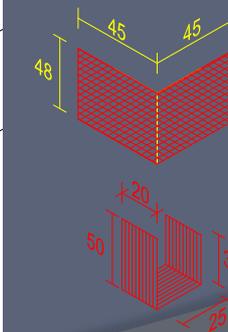
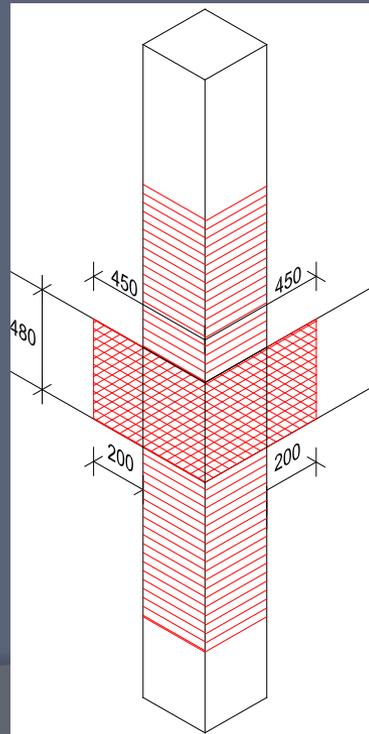
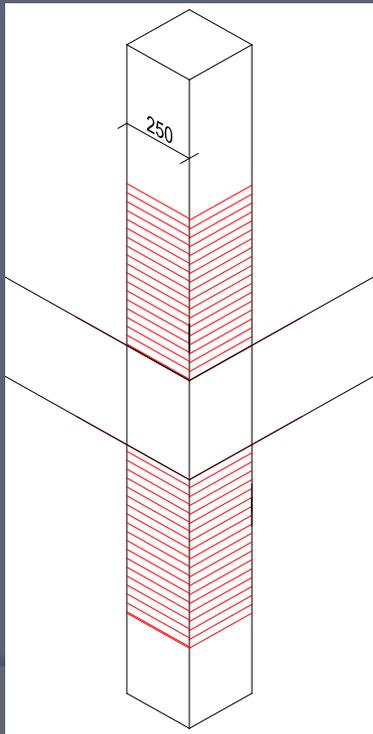
Rinforzo nodi di vertice C2 C5 C7 C8:

2 strati di tessuto

Quadriassiale + U-wrap unidirezionale (rinforzo a taglio trave)



a) Rinforzo del nodo b) Pannello di nodo c) U-wrap trave

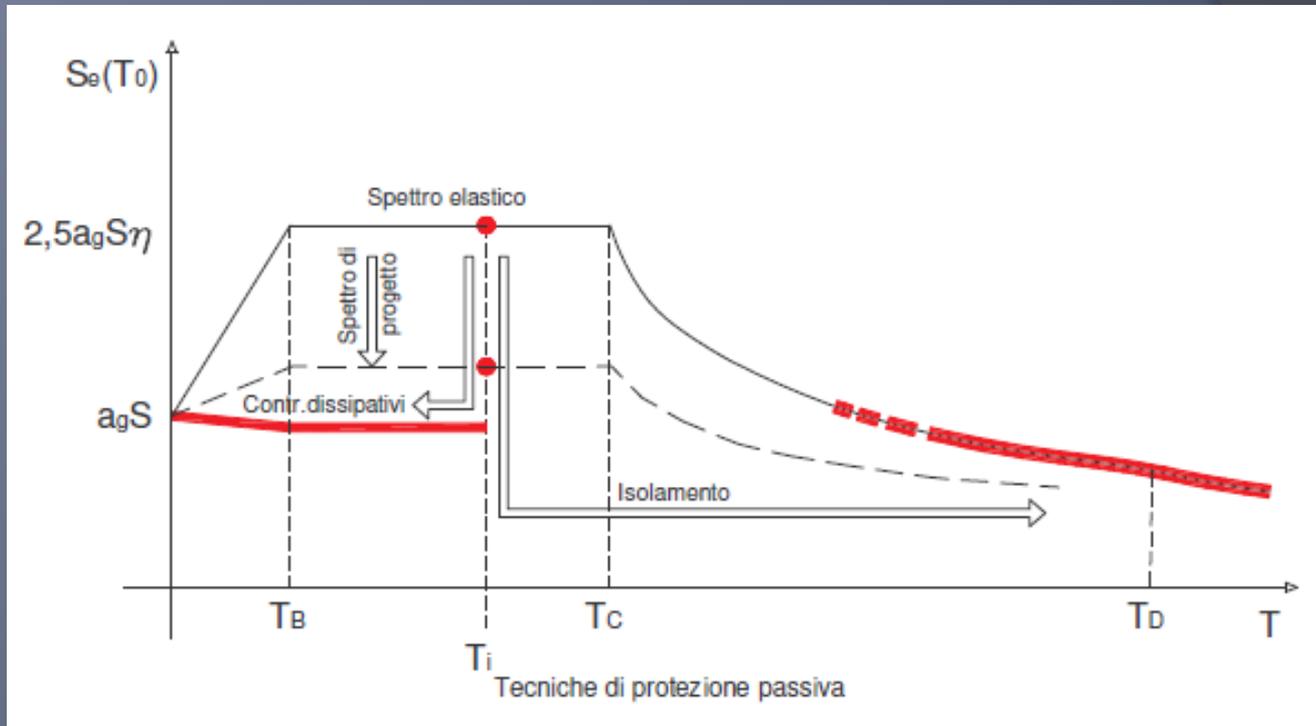


Struttura rinforzata: 0.3g input

Dopo
0.3g

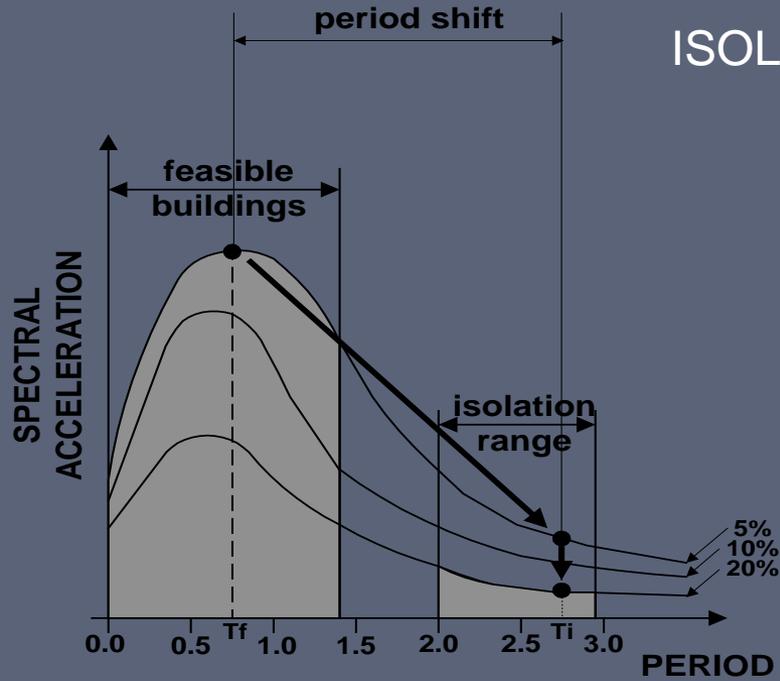


RIDUZIONE DELLA DOMANDA ISOLAMENTO ALLA BASE E CONTROVENTI DISSIPATIVI



- L'isolamento alla base tende a ridurre la sollecitazione sismica incrementando il periodo della struttura
- I controventi dissipativi incrementano l'energia dissipata (abbattimento dello spettro di risposta elastico) ed irrigidiscono la struttura

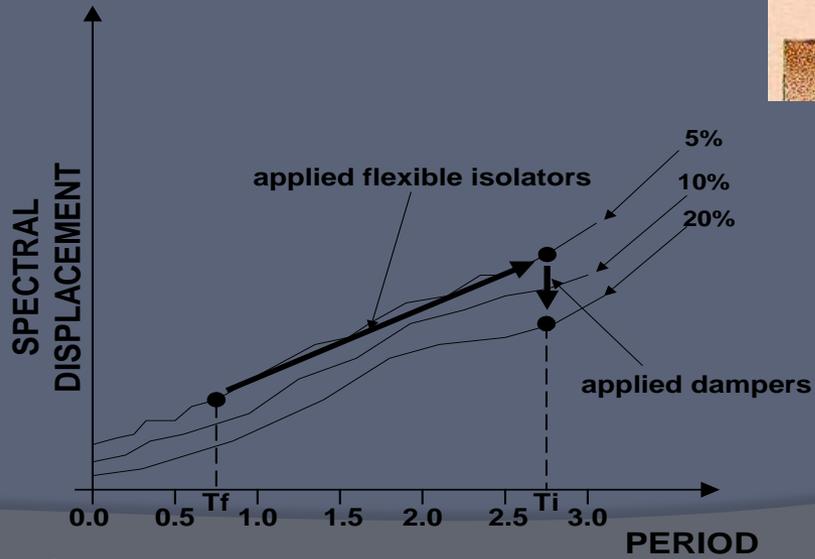
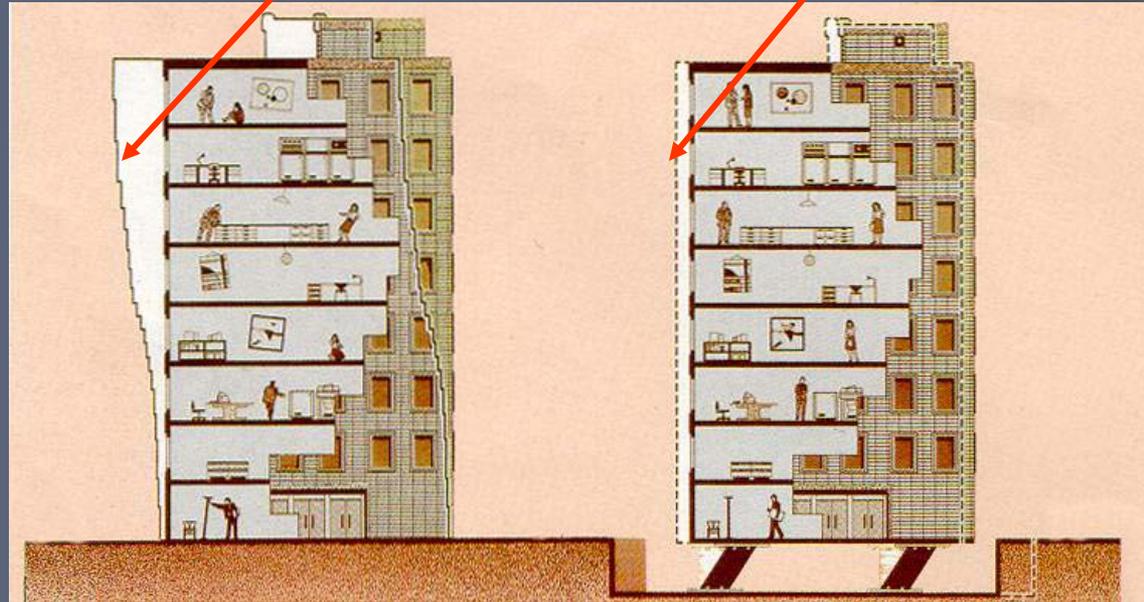
ISOLAMENTO ALLA BASE



a)

Inter story drift

Rigid body motion



b)

Isolamento alla base

Il Nuovo: Riduzione della domanda sismica

Tecniche di protezione sismica

- Isolamento alla base
- Inserimento di controventi dissipativi



Inserimento di controventi dissipativi in un edificio esistente

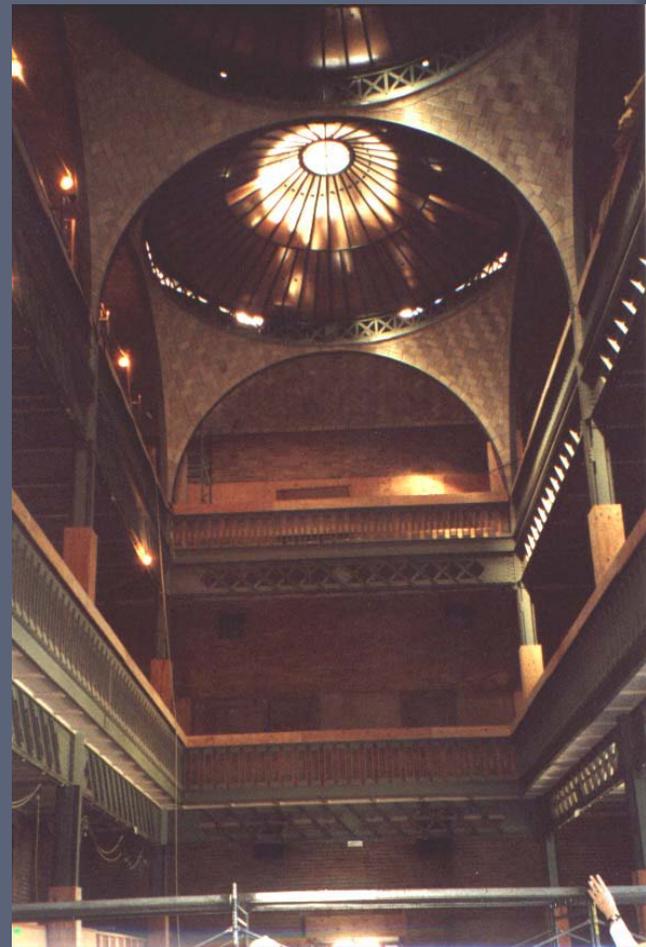


Realizzazione di strutture isolate alla base: progetto C.A.S.E. edificio in zona Bazzano L'Aquila. Struttura metallica su piastra in c.a. isolata alla base con isolatori "friction pendulum"

Isolamento alla base

Berkeley-Hearst Building (Foto: Nuti 2001)

L'isolamento richiede il controven_
tamento della soprastruttura



Isol. Alla base

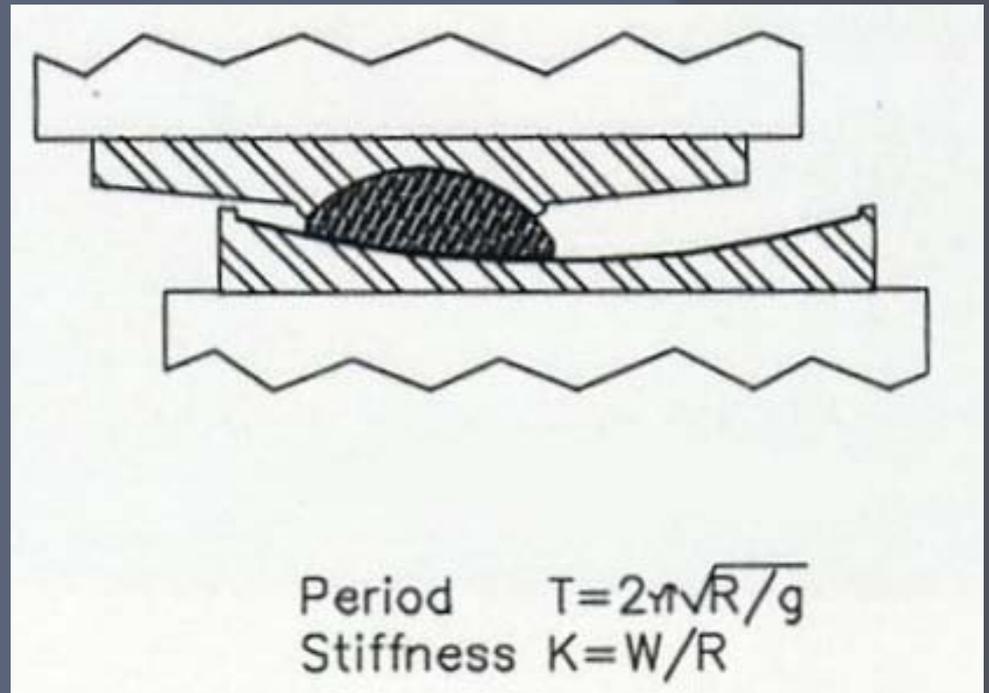
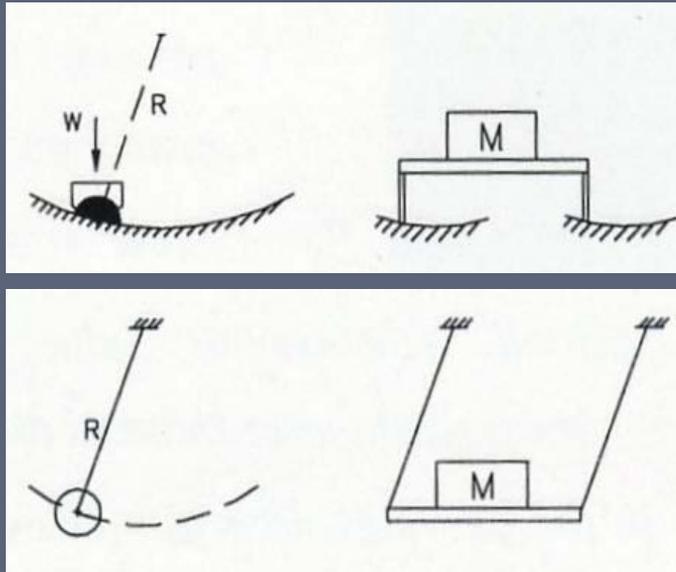
Berkeley-Hearst Building (Foto: Nuti 2001)



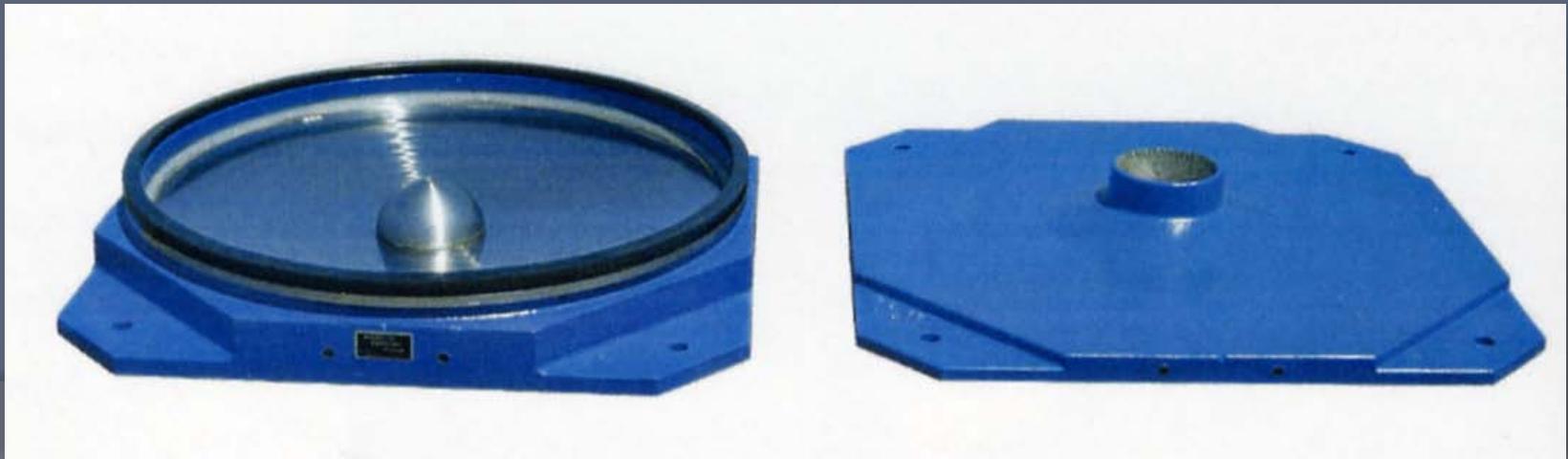
ISOLATORE SISMICO



FRICTION PENDULUM ISOLATOR (FPS)



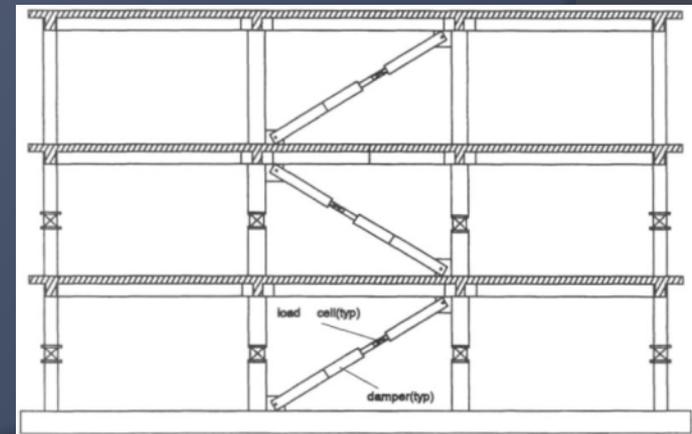
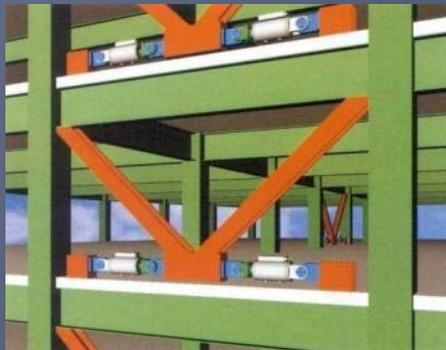
Isolation Period is independent of the building mass.
Stiffness depends on the compressive load (column load)



PROTEZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE

Strutture di nuova realizzazione

- progettazione classica
- Protezione attiva e semiattiva
- **Protezione passiva**
 - **Controventi dissipativi**
 - **Isolamento alla base**
- Adeguamento di strutture esistenti
 - Interventi di tipo tradizionale
 - Interventi di rinforzo con materiali di ultima generazione
 - Protezione attiva e semiattiva
 - **Protezione passiva**
 - **Inserimento di controventi dissipativi**



Isolamento alla base

Riduzione della domanda sismica

Inserimento di controventi dissipativi



*Inserimento di controventi
dissipativi in un edificio esistente*

Errata valutazione delle forze trasmesse



Si è rotto l'attacco, era voluto?

Practice implementation: Existing Hospitals

Lamezia Terme - Detailed evaluation

(by Studio

Inserime



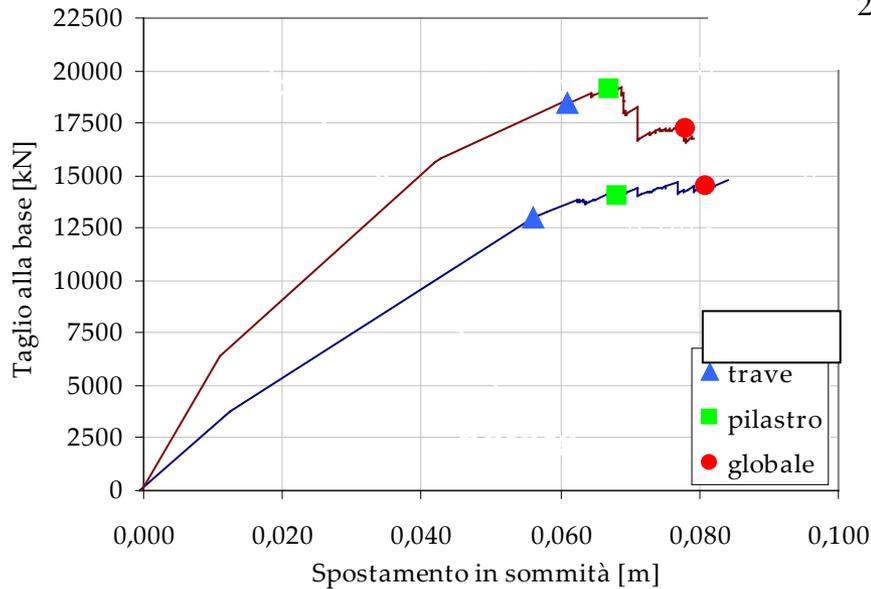
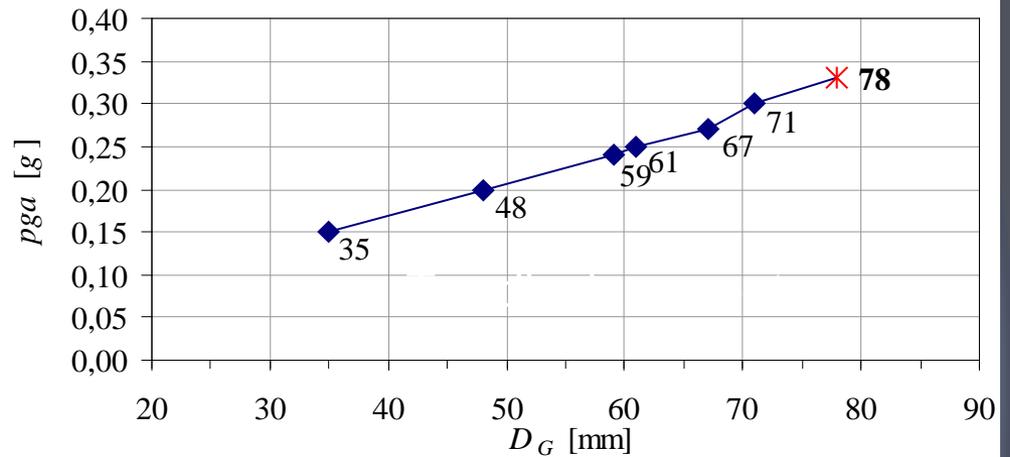
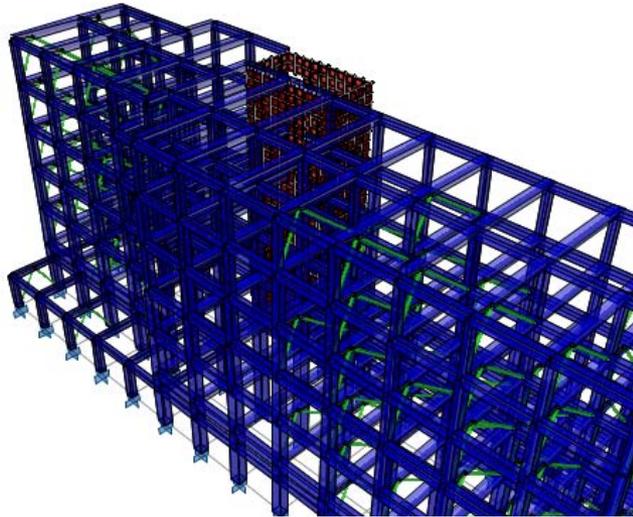
mento ciclico s



Dissipative bracings

Practice implementation: Existing Hospitals

of building A after



fitting the building remain
 until at least 0.24g (pga)

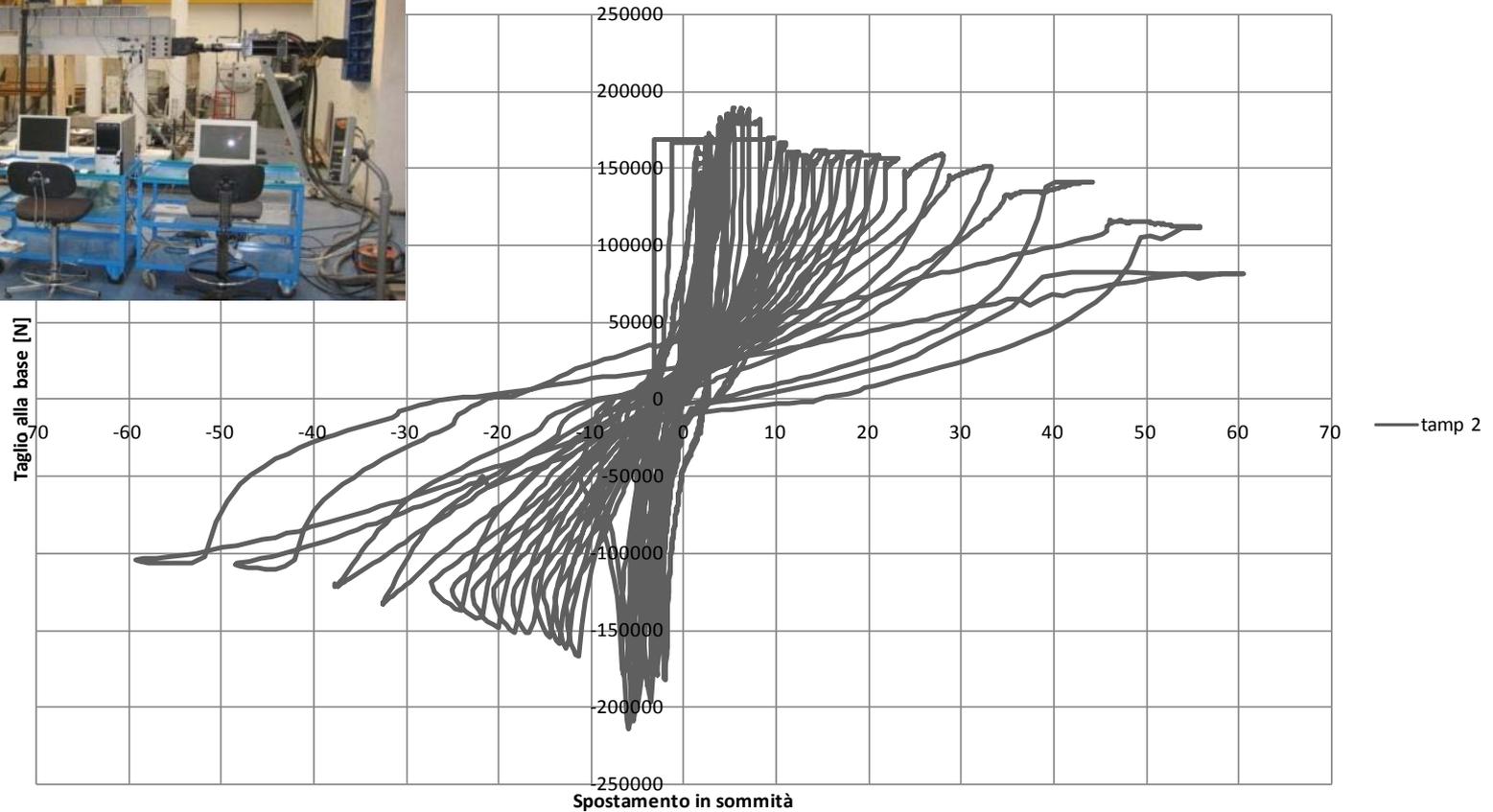
top displacement

SPOSTAMENTO OBIETTIVO PER TELAI TAMPONATI

Osservazione sperimentale del danneggiamento della tamponatura di un telaio sottoposto ad una azione orizzontale ciclica monotonamente crescente.

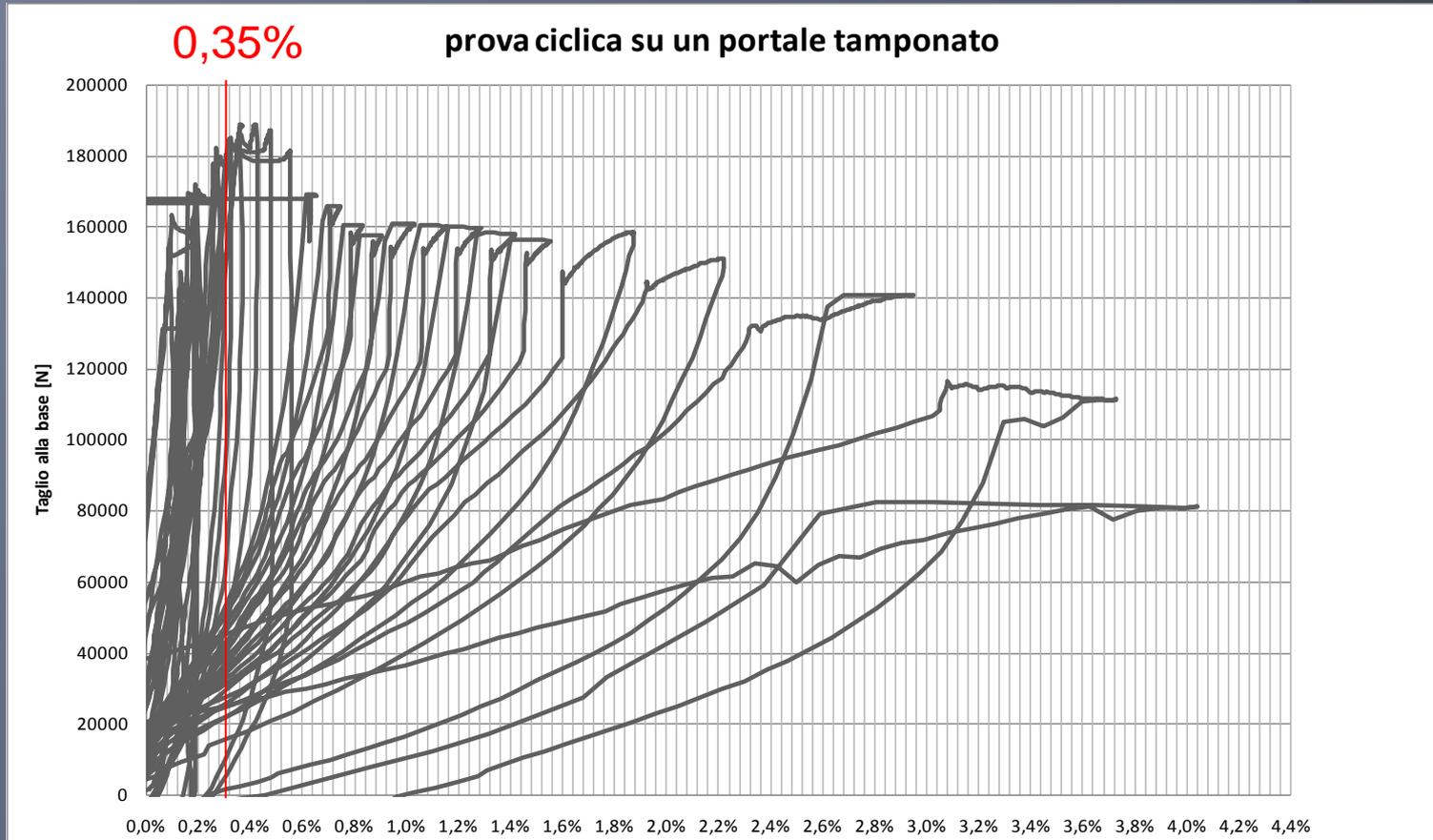


prova ciclica su un portale tamponato



SPOSTAMENTO OBIETTIVO PER TELAI TAMPONATI

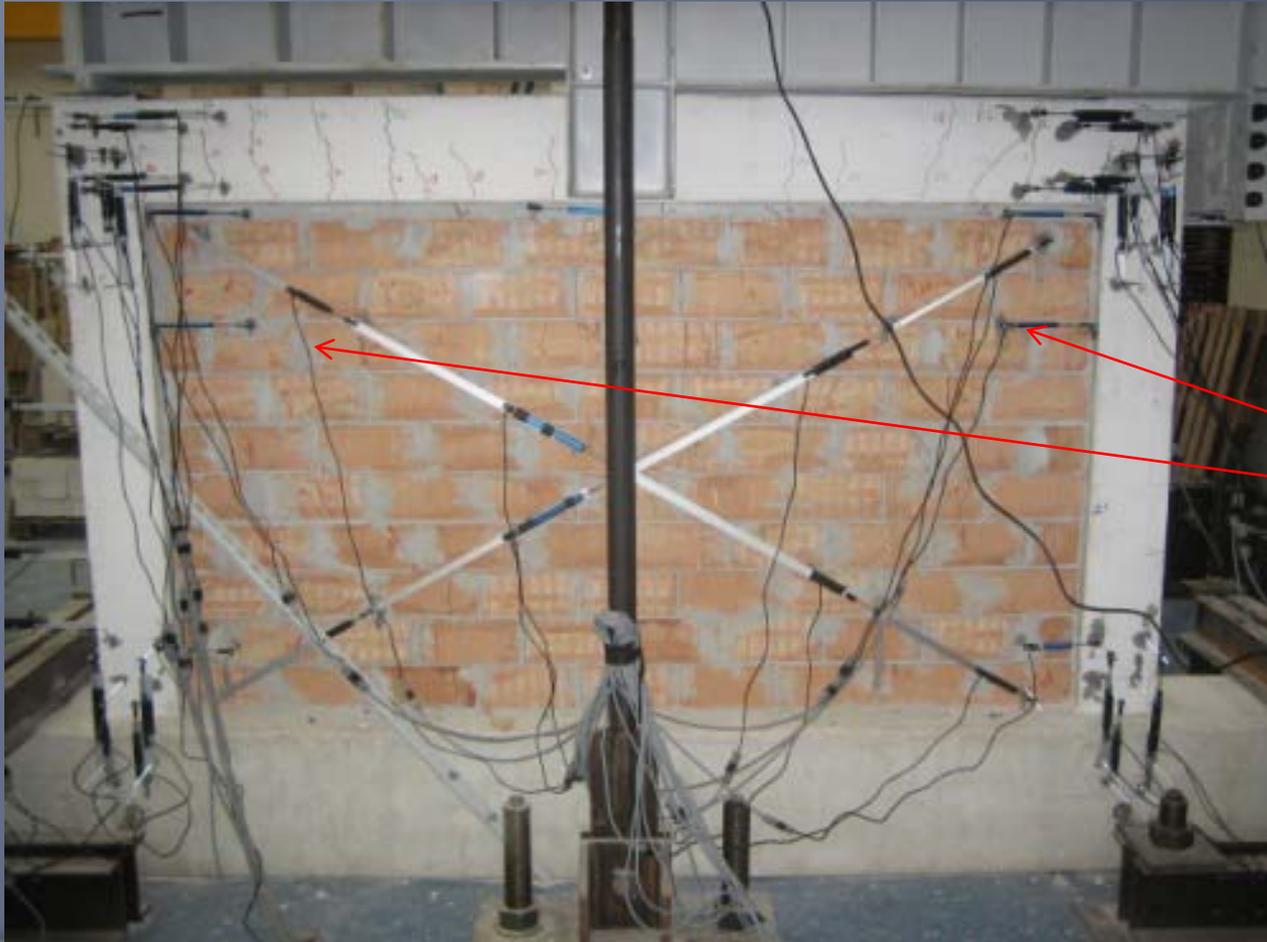
Osservazione sperimentale del danneggiamento della tamponatura di un telaio sottoposto ad una azione orizzontale ciclica monotonamente crescente.



Prova su un portale tamponato: deformazione interpiano; taglio alla base

SPOSTAMENTO OBIETTIVO PER TELAI TAMPONATI

Osservazione sperimentale del danneggiamento della tamponatura di un telaio sottoposto ad una azione orizzontale ciclica monotonamente crescente.

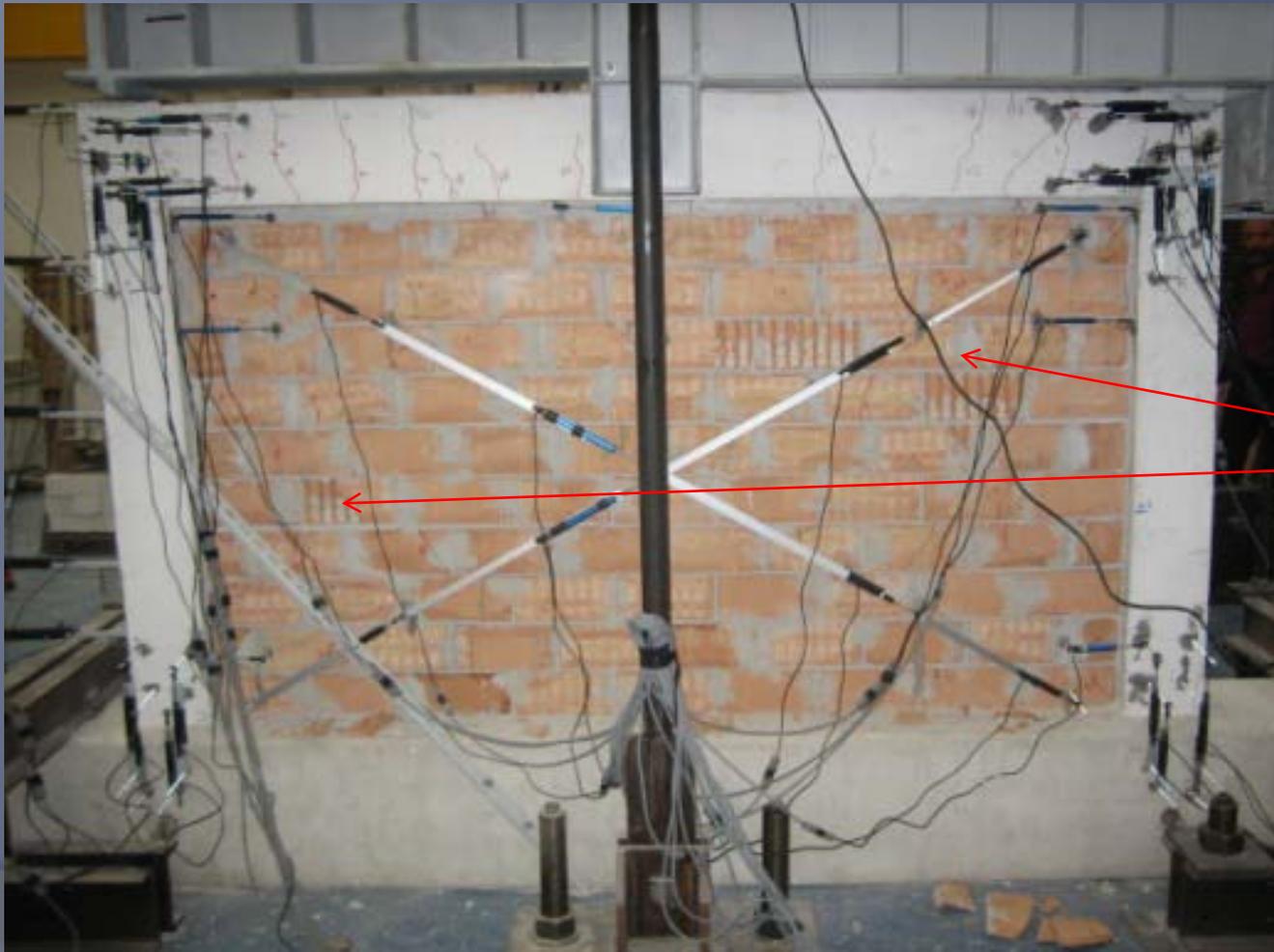


Deformazione
interpiano del
0,35%

Lievi venature su
alcuni mattoni in
prossimità degli
angoli superiori

SPOSTAMENTO OBIETTIVO PER TELAI TAMPONATI

Osservazione sperimentale del danneggiamento della tamponatura di un telaio sottoposto ad una azione orizzontale ciclica monotonamente crescente.

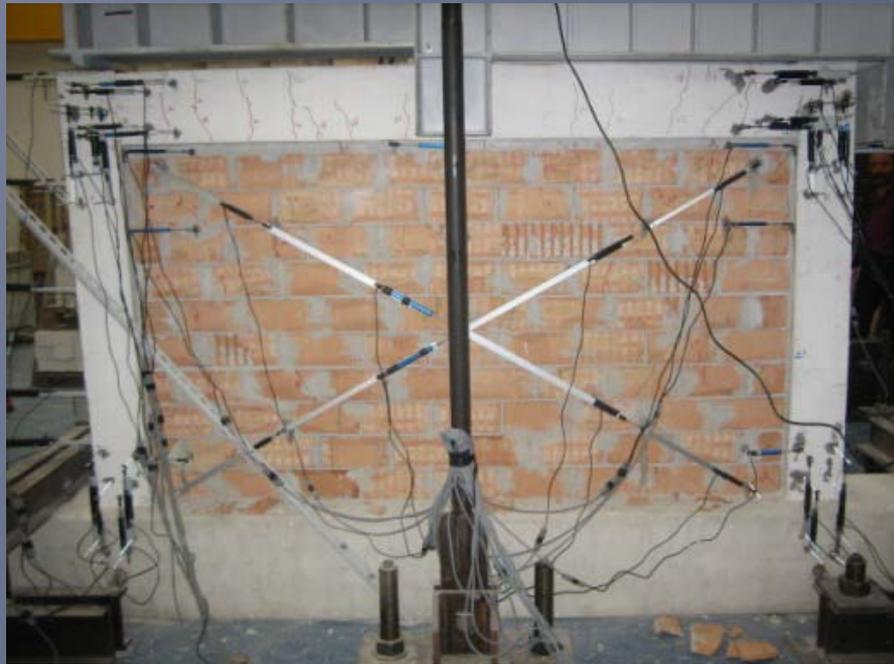


Deformazione
interpiano del
0,5%

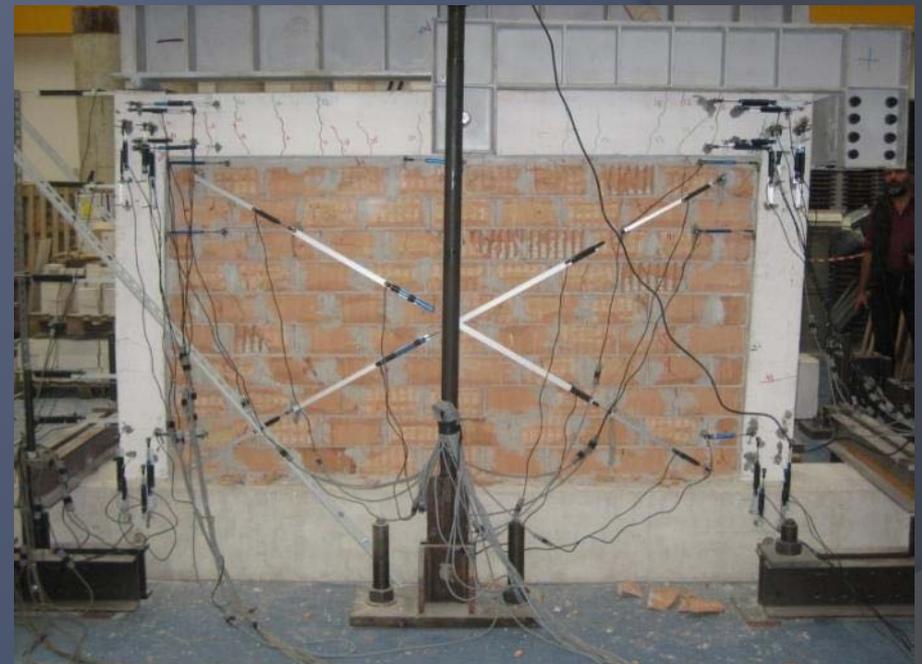
Caduta di alcune parti
esterne dei mattoni

SPOSTAMENTO OBIETTIVO PER TELAI TAMPONATI

Osservazione sperimentale del danneggiamento della tamponatura di un telaio sottoposto ad una azione orizzontale ciclica monotonamente crescente.



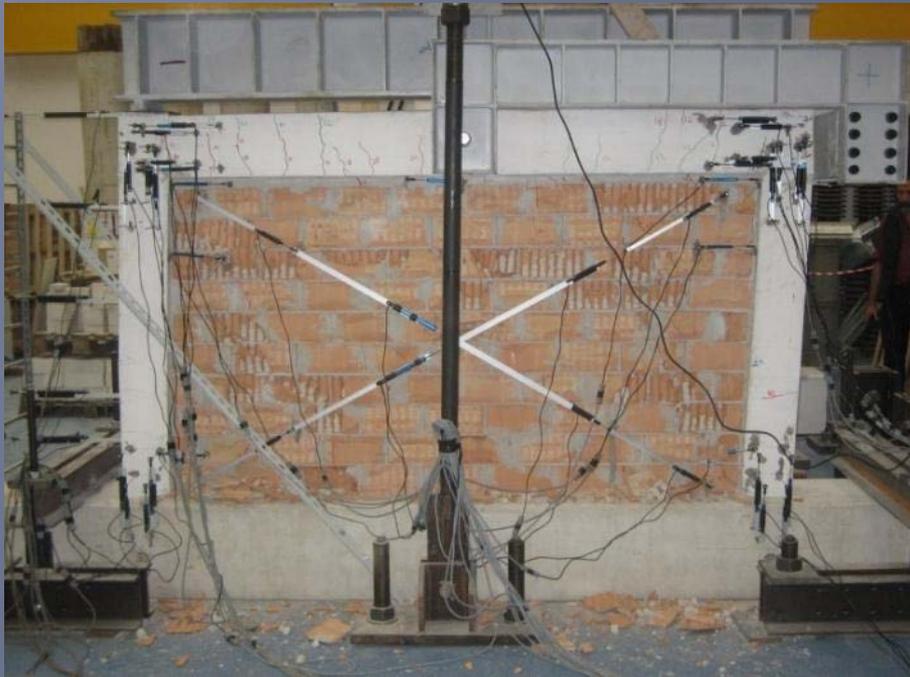
0,8%



1.0%

Progressivo lesionamento della muratura con caduta di pezzi di laterizio e diffusione delle fessure in tutto il pannello

SPOSTAMENTO OBIETTIVO PER TELAI TAMPONATI



1,4%

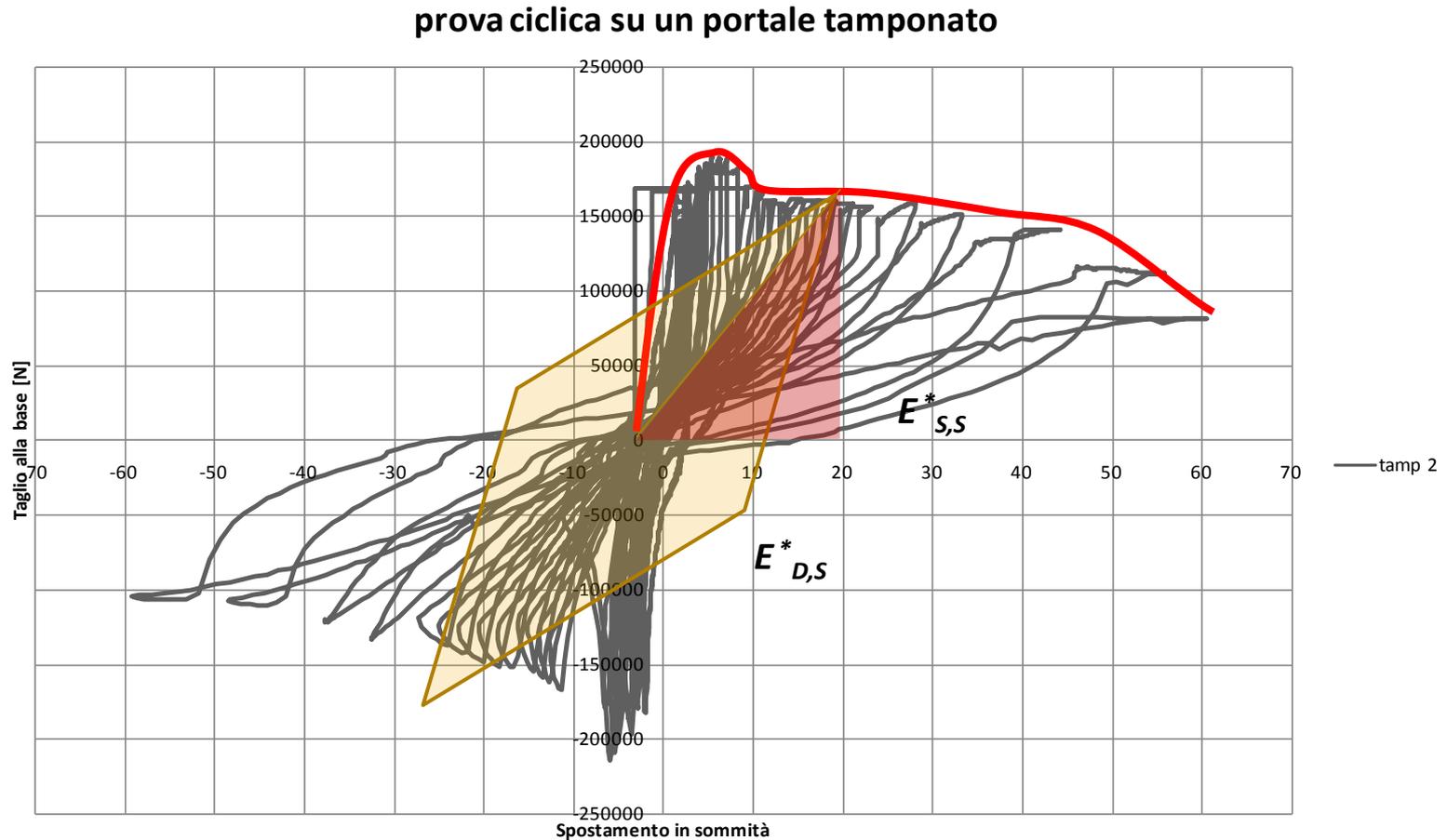


1.8%

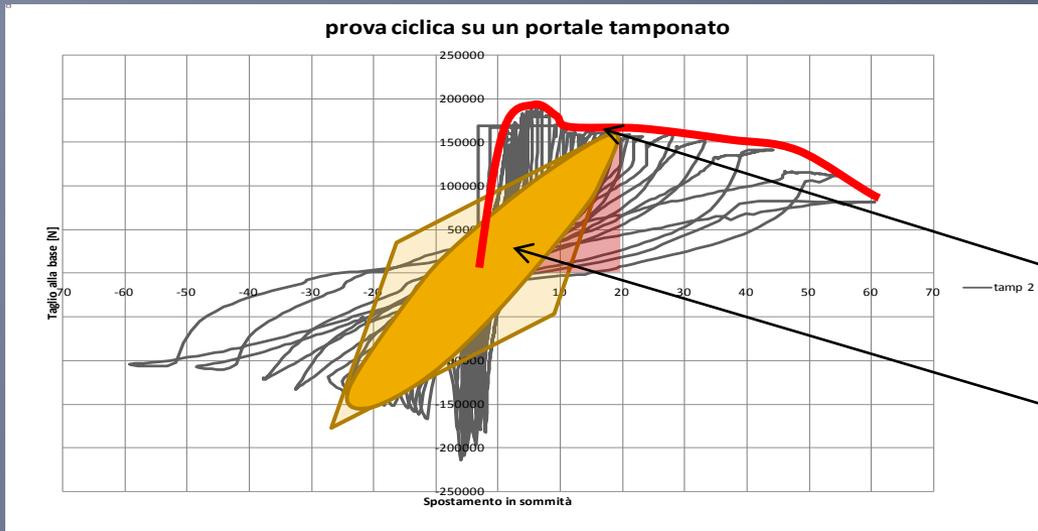
L'intero pannello è fessurato e tutti i mattoni sono lesionati, le parti esterne dei mattoni sono distaccate quasi integralmente e gli angoli compressi cominciano a sgretolarsi (1,2-1,6% fino al cedimento del pannello 1,6-1,8%). Forti scorrimenti si innescano lungo il terzo letto di malta dall'alto

ENERGIA DISSIPATA DALLA STRUTTURA

Rappresentazione del comportamento ciclico del portale tamponato. In rosso è evidenziata la curva di involucro e le aree rappresentanti l'energia dissipata e l'energia elastica. Il ciclo reale è decisamente meno ampio di quello rappresentato.



ENERGIA DISSIPATA DALLA STRUTTURA



*Inviluppo dei cicli
compiuti dalla struttura*

*Ciclo realmente compiuto
dalla struttura*

La struttura compie un ciclo che è contenuto nel ciclo che idealmente si schematizza. Ciò può essere tenuto in conto tramite dei coefficienti correttivi che riducono l'energia calcolata sulla base del ciclo ideale.

Una reale stima dell'energia dissipata sulla base della sola curva di capacità costituisce una questione di forte rilevanza per una corretta stima della risposta strutturale qualora ci si avvalga dell'analisi statica non lineare (Prasanth T. et al. (2008); Rathore M. (2009))

Compiendo analisi dinamica non lineare risulta fondamentale un corretto modello ciclico degli elementi strutturali.

COMPORTAMENTO 3D

Le strutture reali hanno caratteristiche tridimensionali che a meno di un perfetta regolarità influenzano la risposta strutturale.

Nell'analisi statica non lineare tradizionalmente le distribuzioni di forze adottate sono due: proporzionale alle masse di piano e proporzionale al prodotto delle masse di piano per i coefficienti della prima forma modale.

In genere queste due distribuzioni (adottate anche nei casi studio qui presentati) conducono alla definizione dei limiti delle possibili forze di inerzia cui la struttura potrà essere sottoposta.

Nel caso di strutture irregolari o alte diventano però rilevanti le forme modali superiori e questa metodologia può portare ad errori.

Per strutture di questo tipo potrebbe dunque essere opportuno condurre una analisi statica non lineare con una differente distribuzione di forze.

COMPORTAMENTO 3D

Metodi alternativi di analisi statica non lineare proposti in letteratura:

- **1996** Prima procedura di analisi multimodale
Paret et al. *Approximate inelastic procedures to identify failure mechanism from higher mode effects*
- **2002** Perfezionamento dell'analisi multi modale proposta da Paret et al.
Moghdam & Tso *A pushover procedure for tall buildings*
- **2002** Proposta di tecnica di analisi di pushover modale
Chopra & Goel *A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demand of buildings*
- **2002** Proposta di una tecnica di analisi di pushover 3D
Penelis & Kappos *3D pushover analysis: the issue of torsion*
- **2004** Sviluppo della analisi di pushover modale proposta nel 2002
Chopra & Goel *A modal pushover analysis procedure to estimate seismic demand for unsymmetric-plan buildings*
- **2007** Sviluppo della analisi di pushover modale proposta nel 2002
Lin & Tsai *Simplified seismic analysis of asymmetric building*

METODI ALTERNATIVI DI ANALISI STATICA NON LINEARE

MULTI MODAL ANALYSIS

In questa procedura la risposta di un edificio è determinata eseguendo n analisi statiche non lineari con distribuzioni di carico proporzionali a n forme modali. Le risposte strutturali determinate con le n analisi di spinta eseguite sono combinate mediante SRSS.

Tra le forme modali considerate (in genere le prime 3 sono sufficienti) possono esserci, se rilevanti, dei modi torsionali (*Goel & Chopra 2002*)

ANALISI STATICA NON LINEARE INCLUDENDO EFFETTI TORSIONALI

In generale in questi metodi l'analisi di spinta è eseguita in 3D applicando i carichi tenendo conto dell'eccentricità esistente tra CM e CR.

Tra i parametri di controllo della struttura oltre al taglio alla base e la traslazione in sommità viene considerata anche la rotazione del nodo di controllo e la torsione agente sulla struttura. (*Penelis & Kappos 2002*). La combinazione degli effetti torsionali con quelli traslazionali deve tenere in conto del fatto che la distanza che intercorre tra CR e CM rimane costante solo in campo elastico mentre varia in campo non lineare (*De La Llera & Chopra (1995)* hanno introdotto il dominio taglio-torsione BST che tiene in conto dei meccanismi di collasso esistenti per strutture soggette a taglio e torsione)

CASI DI STUDIO

Applicazione della procedura su due telai piani in c.a., caratterizzati da una differente geometria, entrambi progettati con la Normativa Tecnica Italiana del 1992

Obiettivo

Adeguamento di due strutture intelaiate 2D in c.a. progettate per soli carichi verticali

Azione sismica di progetto: spettro di risposta EC8 e $p_{ga}=0.30$ g

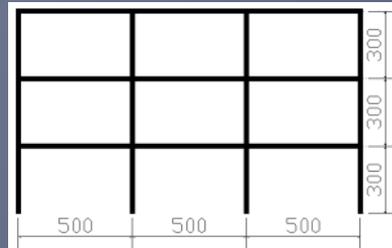
Analisi strutturale

Software: OpenSees *modello non lineare a fibre*

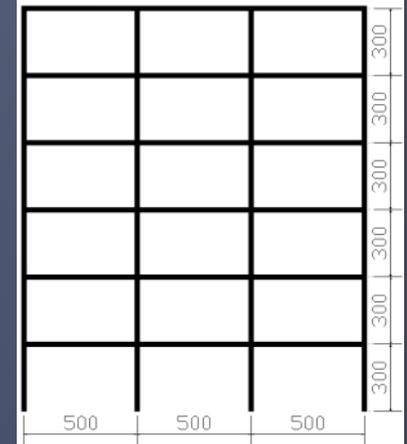
CASI DI STUDIO

Struttura esistente: punto di funzionamento

Telaio 2D 3x3
Edificio basso e regolare



Telaio 2D 3x6
Edificio alto e regolare



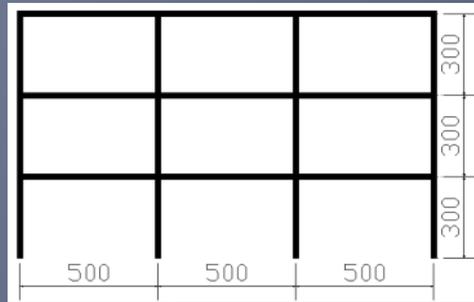
CASI DI STUDIO

Struttura esistente: punto di funzionamento

Telaio 2D 3x3

$$D_{t3x3}=44 \text{ mm}$$

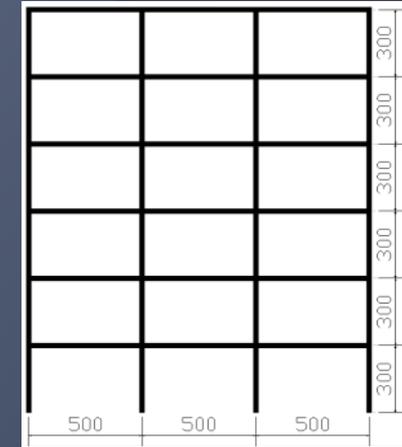
$$V_{b3x3}=210 \text{ kN}$$



Telaio 2D 3x6

$$D_{t3x6}=82 \text{ mm}$$

$$V_{b3x6}=227 \text{ kN}$$



PROGETTO DEI CONTROVENTI BRB

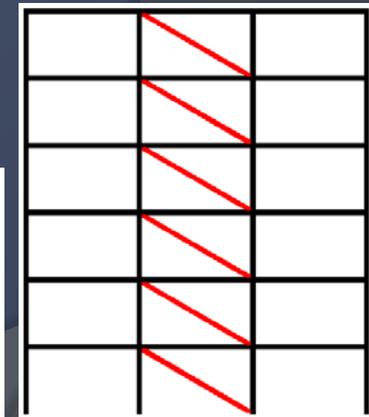
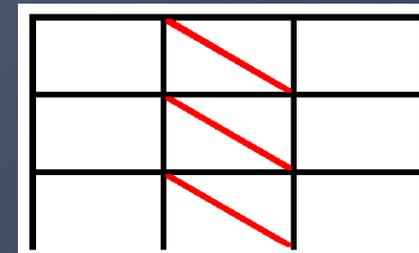
Obiettivo:
limitazione del
danno

Spostamento obiettivo @ pga=0.30 g

$$D_{t3x3}^*=25 \text{ mm}$$

$$D_{t3x6}^*=25 \text{ mm}$$

$$D_t^*/H=3\text{‰}$$

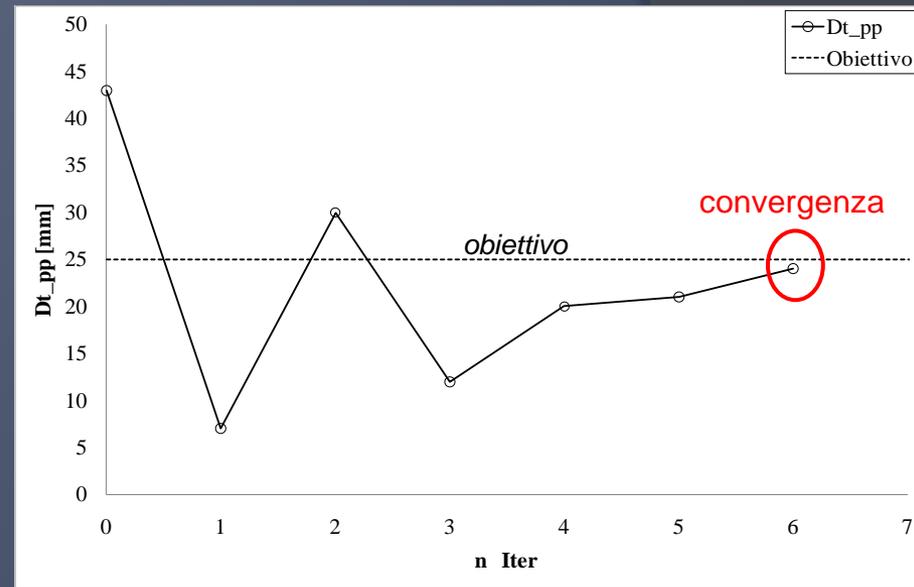
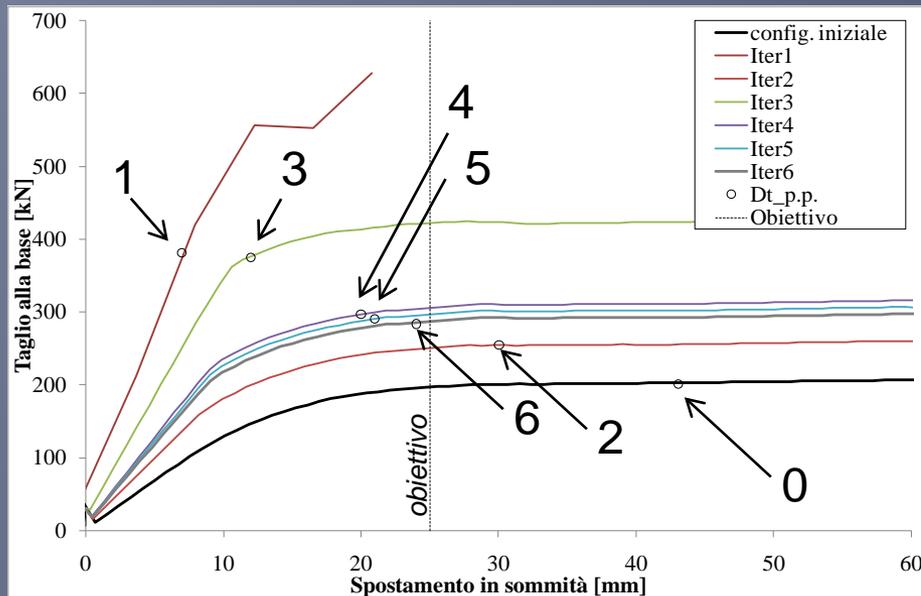


*Distribuzione della rigidezza tale da linearizzare
la deformata e ridurre il drift interpiano*

CASO DI STUDIO: TELAIO 3X3

Telaio 3x3

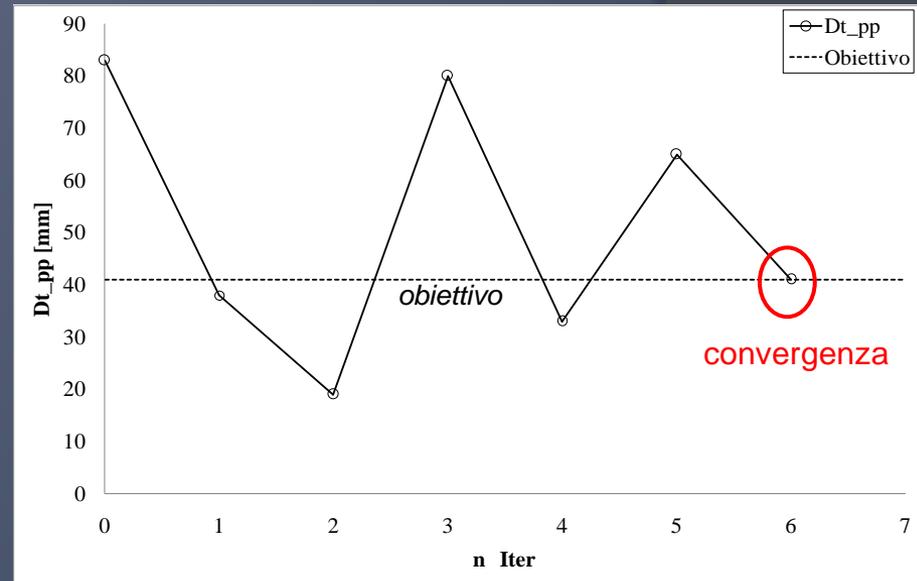
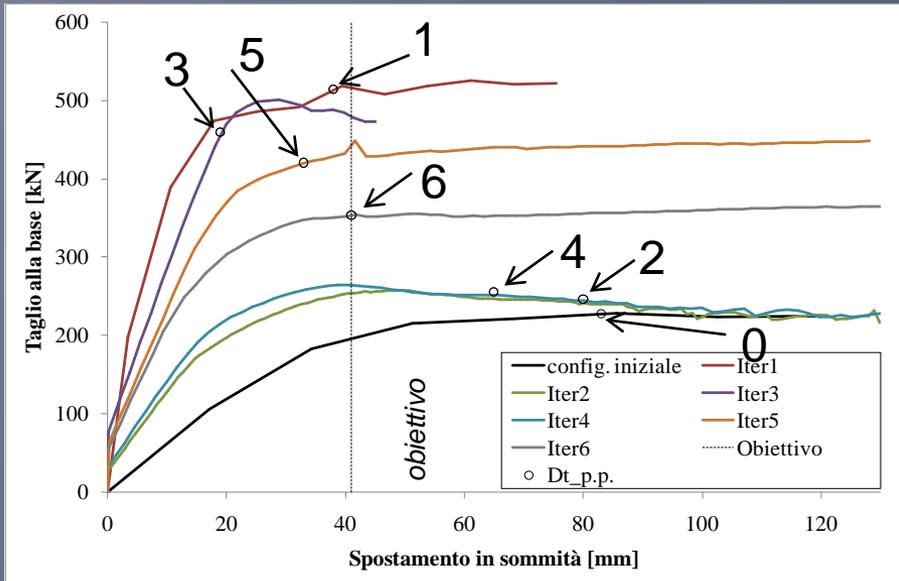
- (a) Influenza dei BRB sulla curva di capacità del telaio;
(b) Individuazione del punto di funzionamento per ciascun passo della procedura (iter = 0 corrisponde al telaio esistente).



CASO DI STUDIO: 3X6

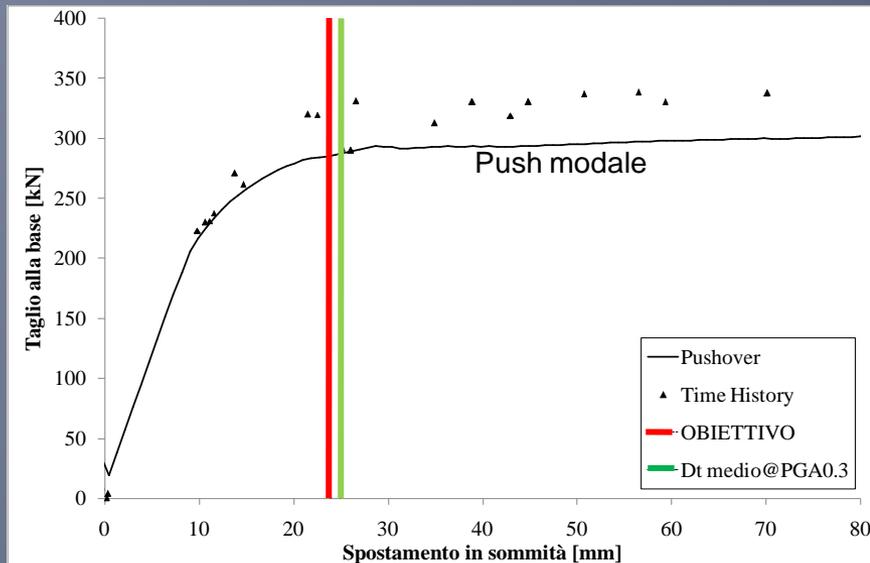
Telaio 3x6

- (a) Influenza dei BRB sulla curva di capacità del telaio;
- (b) Individuazione del punto di funzionamento per ciascun passo della procedura (iter = 0 corrisponde al telaio esistente).

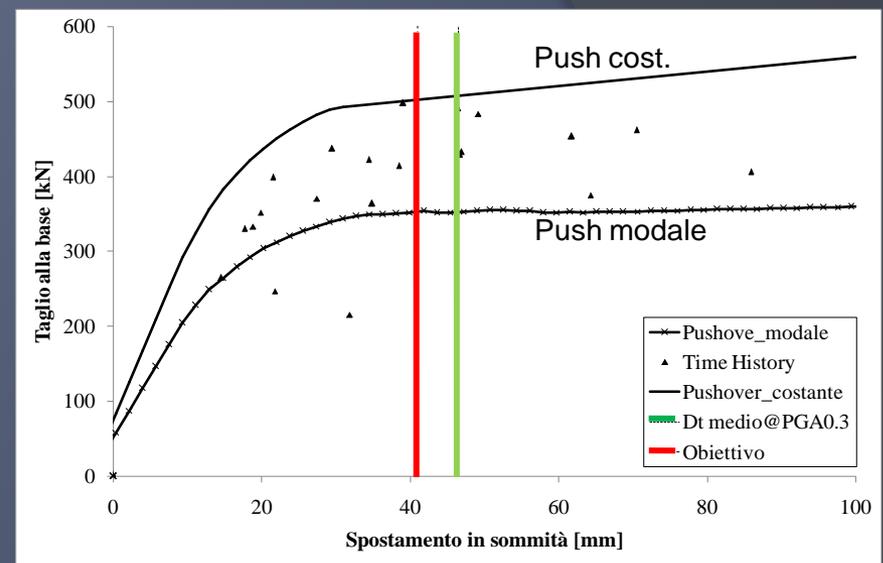


CASO DI STUDIO

Confronto tra analisi statica n.l. e analisi dinamica n.l.



Telaio 3x3



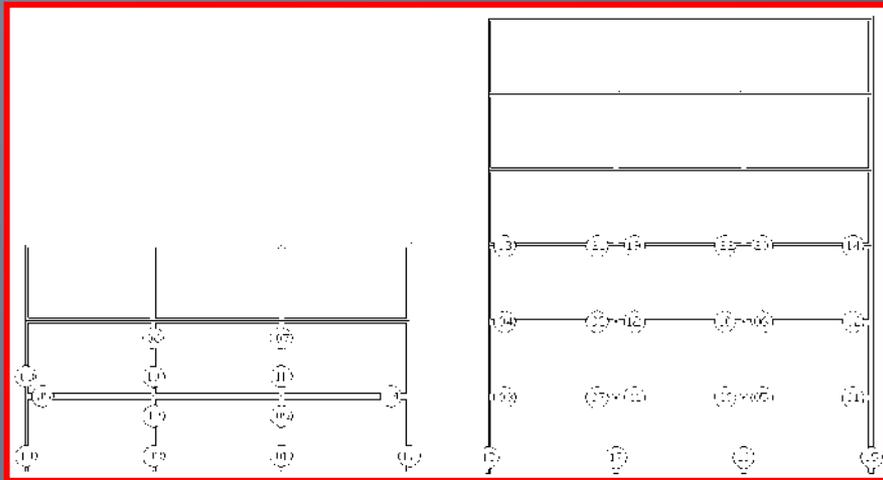
Telaio 3x6

L' introduzione dei controventi dissipativi, in base al criterio adottato, rende maggiormente efficiente l'analisi di spinta.

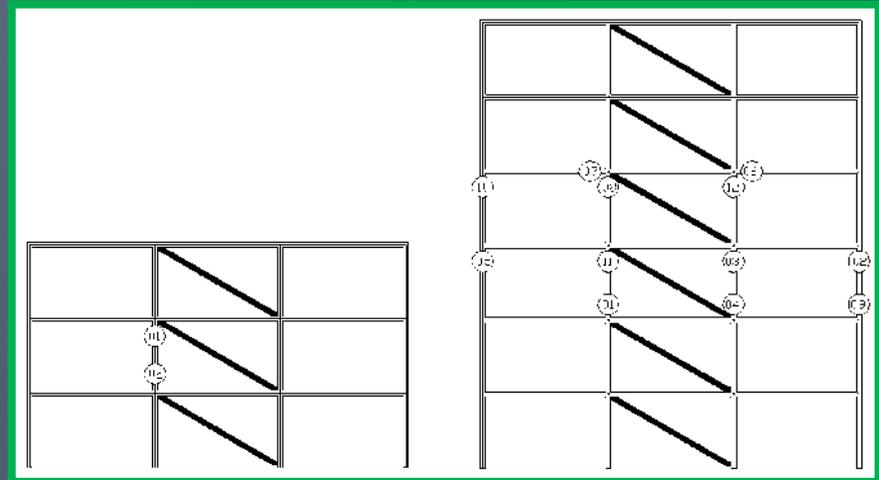
Da una comparazione con i risultati delle analisi dinamiche si conferma la validità dell'analisi statica non lineare per le strutture controventate

CASI DI STUDIO – LIVELLO DEL DANNO

L'inserimento dei BRB riduce significativamente, rispetto all'edificio esistente, il danno nella struttura; al raggiungimento dello spostamento obiettivo:



- la distribuzione delle cerniere nelle strutture prive di controventi sia decisamente più diffusa e caratterizzata da escursioni in campo plastico decisamente più rilevanti.



- tutti i controventi sono in fase plastica
- la distribuzione delle cerniere plastiche risulta essere localizzata e caratterizzata da condizioni di limitata escursione in campo plastico.

CONCLUSIONI

- Proposta di una procedura basata sugli spostamenti per il progetto di controventi dissipativi ad instabilità impedita (BRB) per l'adeguamento sismico di edifici esistenti in c.a.
- **Obiettivo dell'adeguamento** è ridurre gli spostamenti massimi entro limiti compatibili con un prefissato stato limite
- **Applicazioni:** due telai 2D in c.a.
- **La procedura si è dimostrata efficace e promettente**
- Un opportuna distribuzione dei controventi rende l'analisi statica non lineare ancor più accurata e dunque adeguata per lo studio di queste strutture

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Prof. Ing. Camillo Nuti



DiS
