

SICUREZZA E PROGETTO CONSAPEVOLE

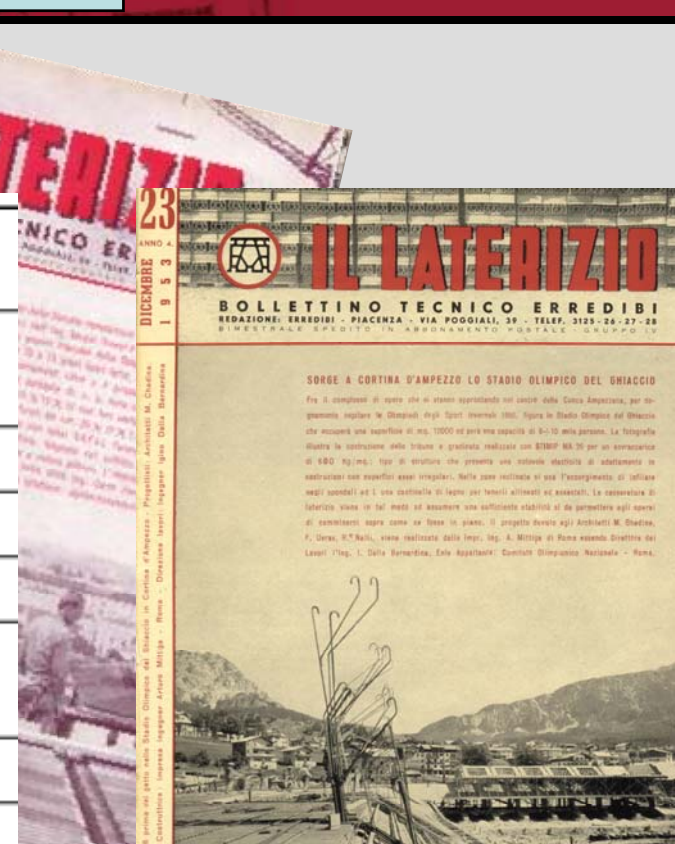
Adeguamento sismico (e riqualificazione energetica) dell'edilizia



**Prof. Marco Savoia, Direttore CIRI Edilizia e Costruzioni,
Università di Bologna**

L'edilizia esistente

Tipologia di degrado	Migliaia di alloggi a rischio	val. % sul totale generale
<i>Degrado per vetustà</i>		
Edilizia storica nelle grandi città	105	2,9
Edilizia storica nel resto del territorio nazionale	430	12,1
Edifici con oltre 40 anni di vita	770	21,5
Totale	1.305	36,5
<i>Degrado per ragioni costruttive</i>		
Boom edilizio di fine anni '60	680	19,0
Edifici abusivi multipiano (1)	1.590	44,5
Totale	2.270	63,5
Totale Generale	3.575	100,0



INDICE SINTETICO DELLA PRESENTAZIONE

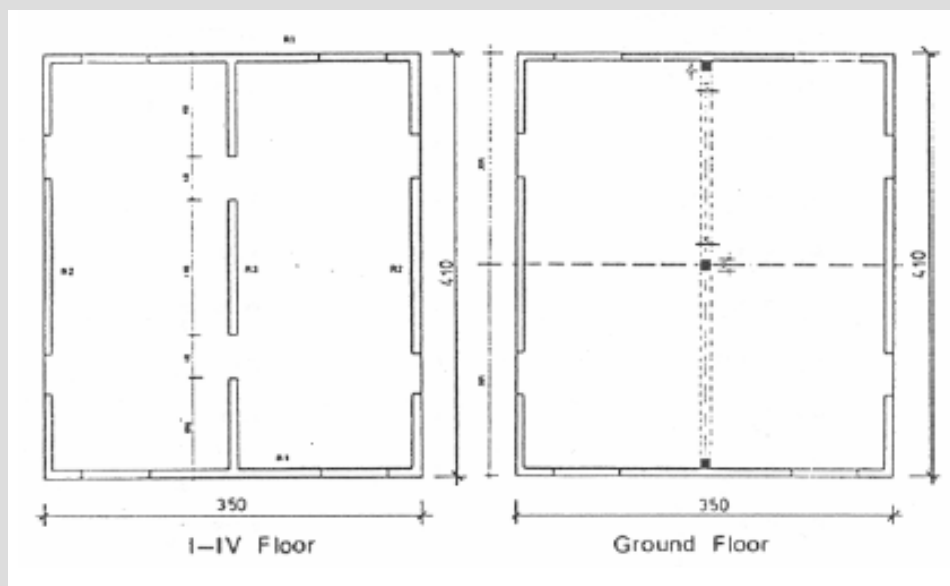
**VULNERABILITA' SISMICA DEL COSTRUITO E
STRATEGIE DI ADEGUAMENTO**

- Tipologie strutturali fabbricati anni '60 – '70.
- Potenziali carenze strutturali (materiali, organizzazione strutturale, etc.)
- Strategie di miglioramento e di adeguamento strutturale dell'edilizia privata e pubblica
- Interventi sulle parti non strutturali dell'edificio.

TIPOLOGIE STRUTTURALI - Estremamente ricorrenti gli edifici a struttura mista muratura – calcestruzzo armato

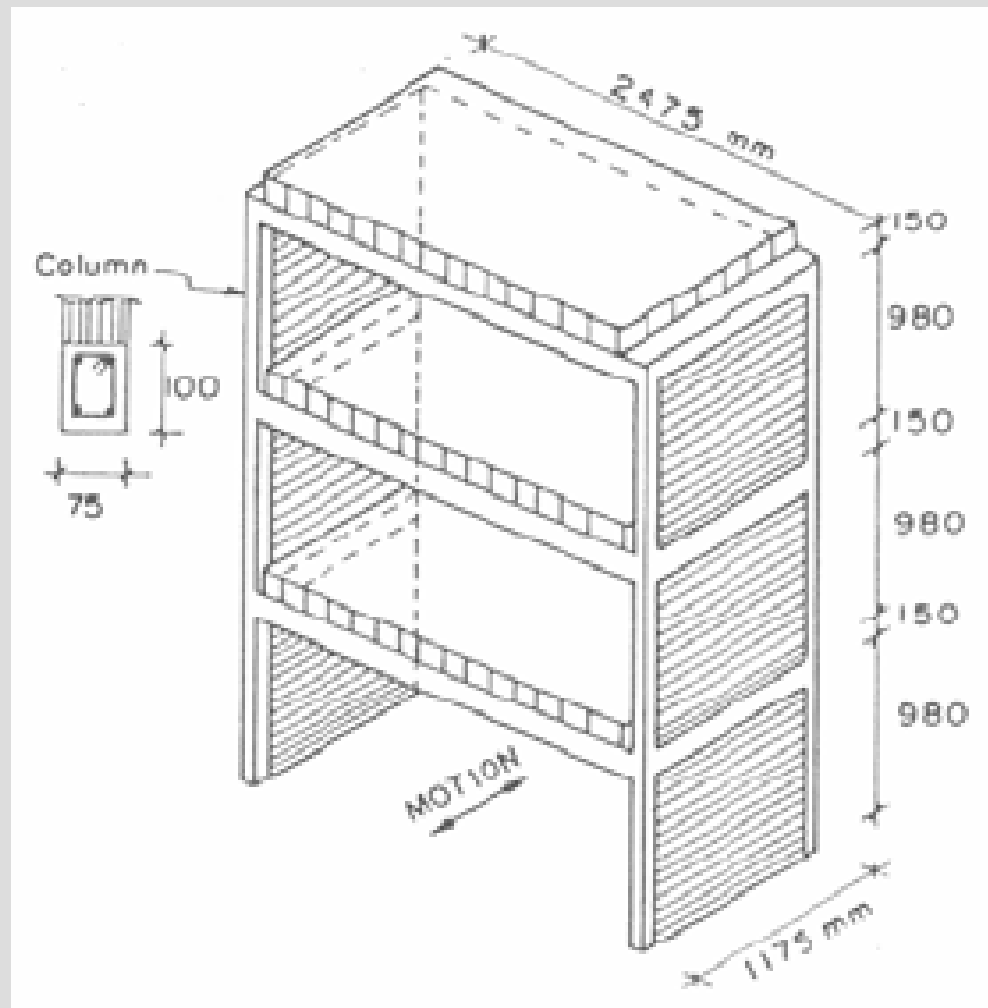
TIPOLOGIA A:

edifici in muratura armata perimetrale ed elementi in cemento armato all'interno (PILASTRI E TRAVI);



TIPOLOGIA B:

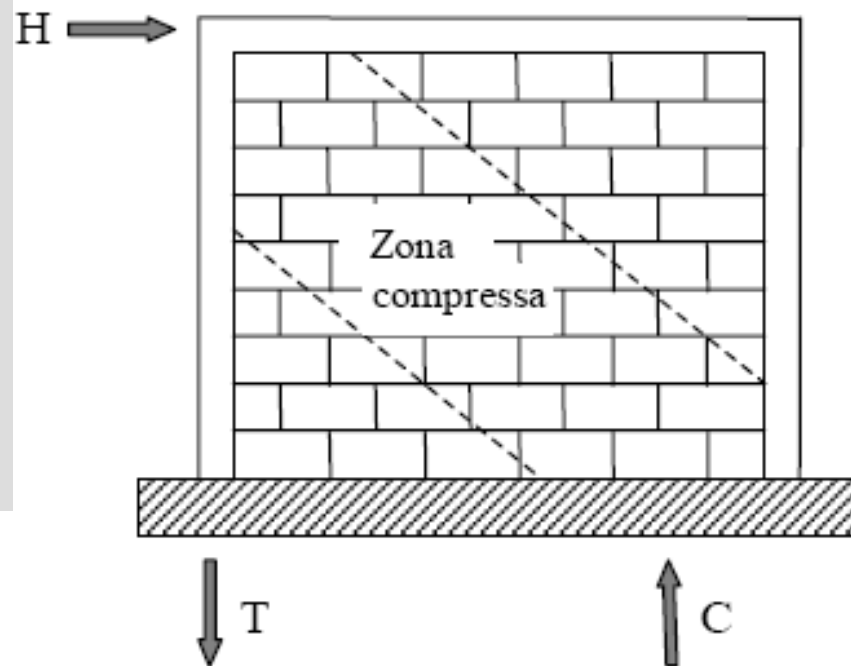
edifici intelaiati in
calcestruzzo armato con
pannello di muratura
portante



Comportamento delle strutture miste, c.a. con pannelli di muratura collaboranti



Figura 1. Schematizzazione del comportamento di sistemi misti con elementi in muratura ed in c.a. agenti in parallelo.



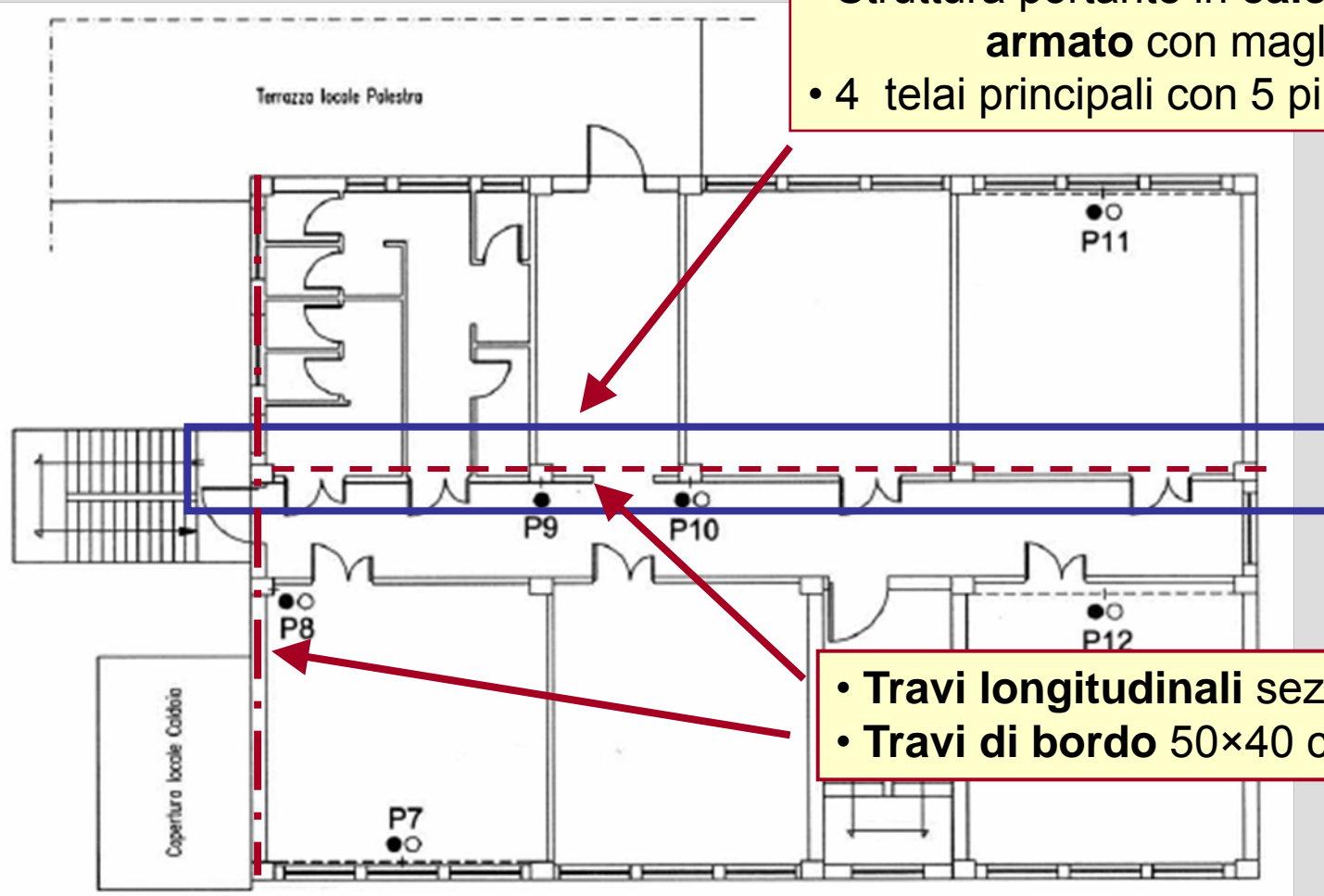
DM 1996: si devono affidare tutte le azioni orizzontali ad un solo sistema resistente;

NCT 2008: si può considerare la collaborazione solo conducendo analisi non lineari

Una tipica struttura anni '70

calcestruzzo: $R_{ck} = 24.6 \text{ N/mm}^2$

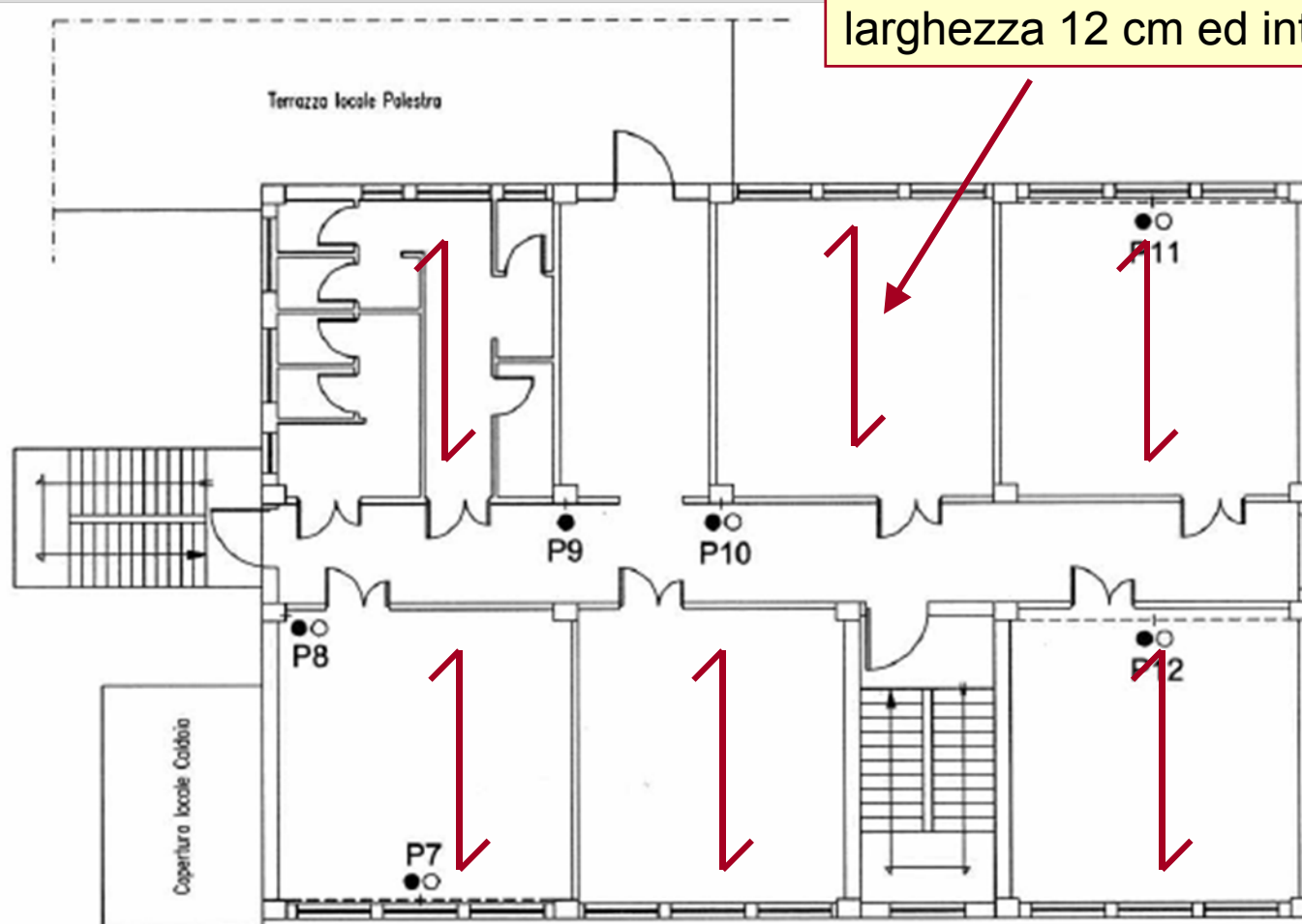
- Struttura portante in **calcestruzzo armato** con maglia regolare
- 4 telai principali con 5 pilastri ciascuno



- Travi longitudinali sezione $40 \times 60 \text{ cm}$.
- Travi di bordo $50 \times 40 \text{ cm}$.

Descrizione della Struttura

Solai in laterocemento 20+4, travetti con larghezza 12 cm ed interasse di 50 cm.



Descrizione della Struttura

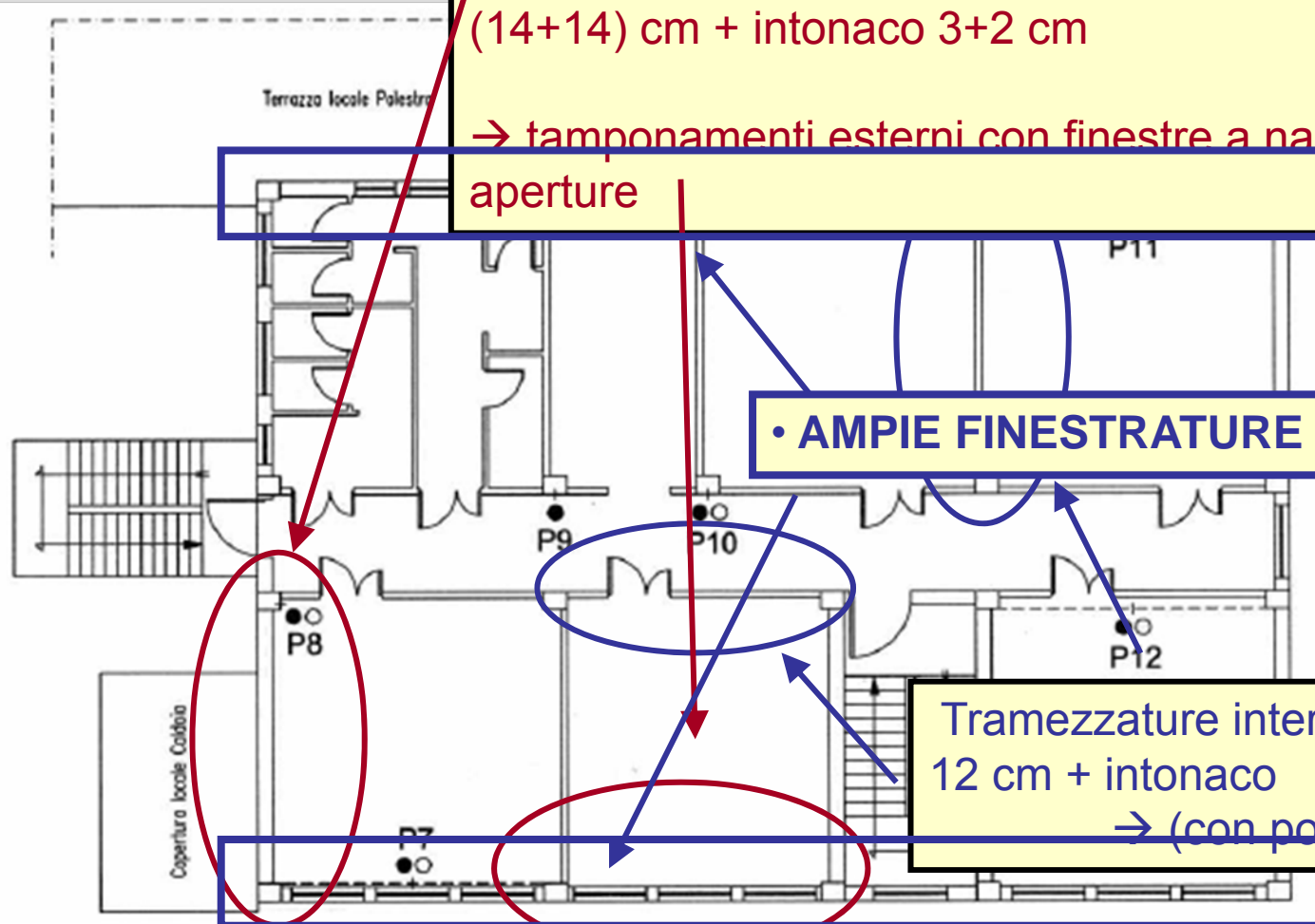
- Murature di tamponamento esterne: 2 pareti in mattoni forati (14+14) cm + intonaco 3+2 cm

→ tamponamenti esterni con finestre a nastro o senza aperture

• AMPIE FINESTRATURE

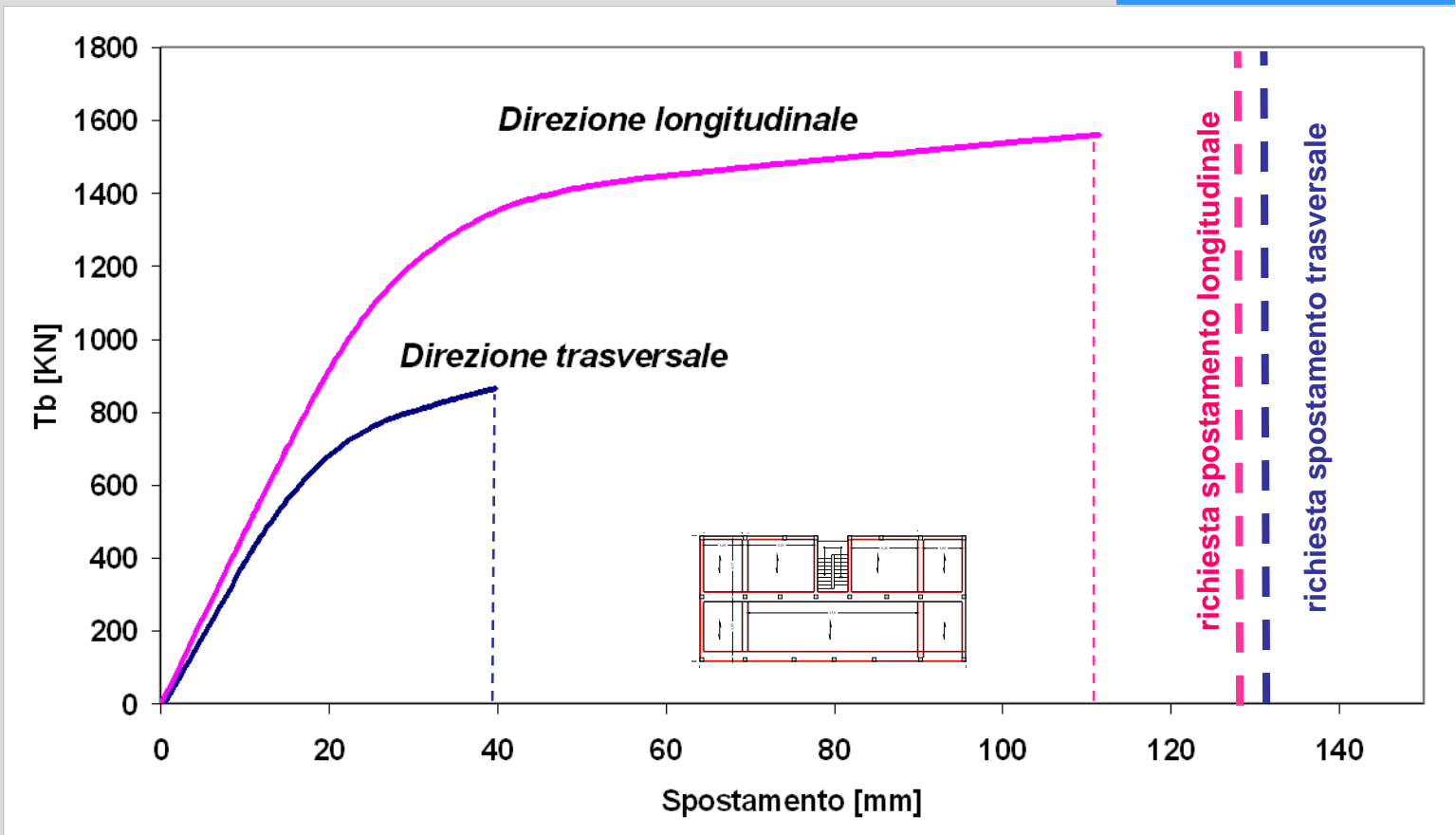
Tramezzature interne: mattoni forati da 12 cm + intonaco

→ (con porta o senza porta)



Confronto tra la resistenza nelle due direzioni (solo la struttura in c.a.)

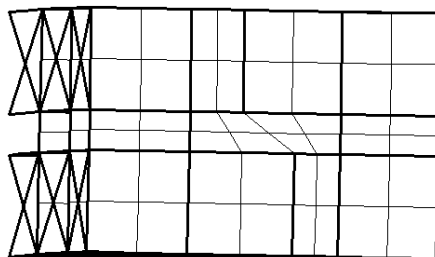
SL-CO



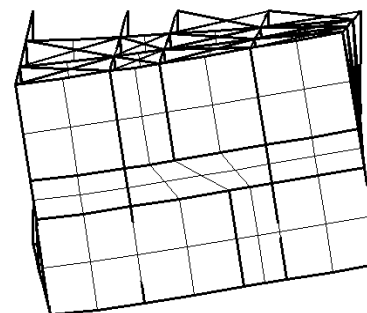
Comportamento molto diverso con l'evolvere del danneggiamento nelle tamponature

$\lambda = 1$

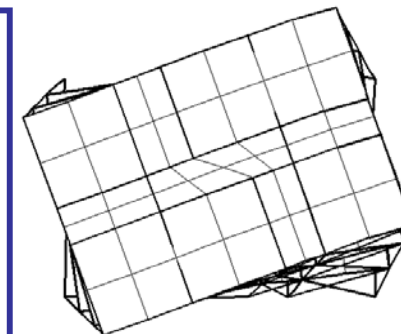
Non danneggiata



1° modo – 4.90 Hz



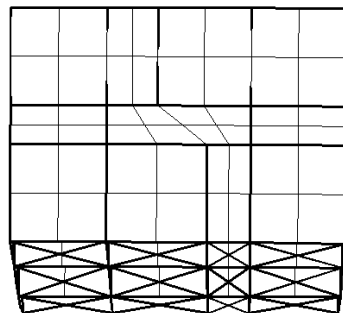
2° modo – 5.51 Hz



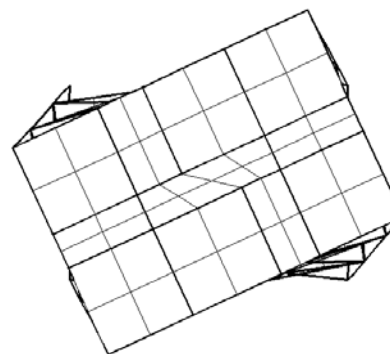
3° modo – 7.42 Hz

$\lambda = 0$

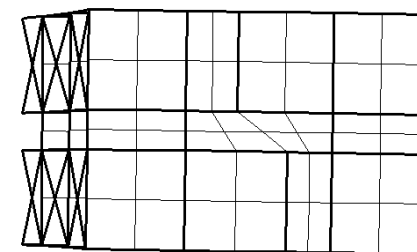
Danneggiata



1° modo – 1.48 Hz



2° modo – 2.57 Hz

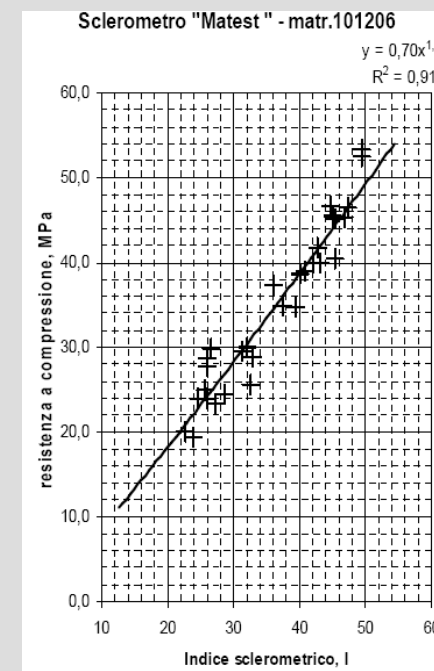


3° modo – 2.75 Hz

il degrado delle tamponature **modifica l'ordine dei modi di vibrare**
(la deformata modale long. più flessibile se $\lambda=1$, la più rigida se $\lambda=0$)

QUALITA' DEI MATERIALI – Esempi di indagini non distruttive su strutture in c.a. anni '60 – '70

CAROTAGGI + INDAGINI SCLEROMETRICHE



ESEMPIO di rapporto di prova su compressione di carote

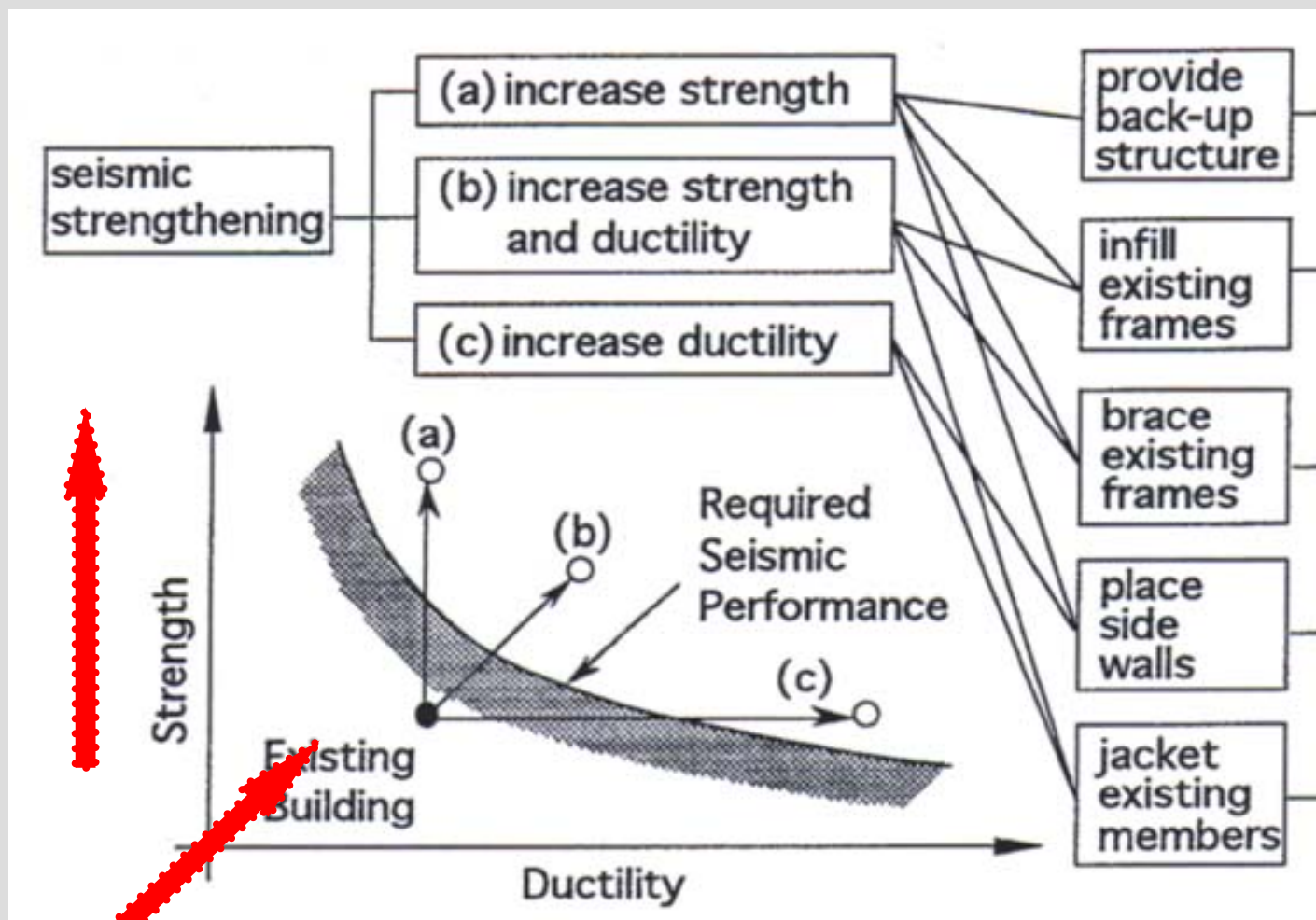
n	Altezza mm	Diametro mm	h/d	Sezione mm ²	P kN	f _c MPa	Contrassegno	Note
1	45.7	45.0	1.02	1590.43	35.6	22.4	Pint 12(10) 1	(1)
2	45.3	45.0	1.01	1590.08	20.8	13.1	Pint 12(10) 2	=
3	44.3	44.9	0.99	1585.13	31.6	19.9	Pint 12(10) 3	=
4	44.8	45.1	0.99	1593.97	34.6	21.7	Pint 12(10) 4	(2)
5	42.1	45.0	0.94	1590.43	10.2	6.4	Pint 7(12) A 1	(3)
6	45.5	44.8	1.02	1575.45	16.5	10.5	Pint 7(12) B 1	(4)
7	45.6	44.8	1.02	1572.81	6.9	4.4	Pint 11(14) 1	=
8	45.4	45.1	1.01	1593.97	62.8	39.4	PT 8(10) 1	(5)
9	45.4	45.0	1.01	1592.20	55.5	34.9	PT 8(10) 2	=
10	45.3	45.0	1.01	1590.43	53.4	33.6	PT 8(10) 3	=
11	45.4	45.0	1.01	1590.43	24.0	15.1	PT 8(14) 1	=
12	44.9	45.0	1.00	1591.31	15.0	9.4	PT 8(14) 2	(6)
13	45.0	45.0	1.00	1591.31	14.7	9.2	PT 8(14) 3	(7)
14	44.8	45.0	1.00	1591.31	17.4	10.9	PT 8(14) 4	(8)
15	45.4	45.1	1.01	1594.85	28.0	17.6	PT 11"(10) 1	=
16	45.0	45.0	1.00	1591.31	17.3	10.8	PT 11"(10) 2	(9)
17	44.4	45.0	0.99	1591.31	22.9	14.4	PT 11"(10) 3	(10)
18	45.5	45.0	1.01	1593.08	28.7	18.0	PT 11"(10) 4	(11)

PROVA DISTRUTTIVA SU PORZIONE DI PILASTRO



STRATEGIE DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO/ MIGLIORAMENTO SISMICO

STRATEGIE DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO SISMICO



Tecniche di intervento globale



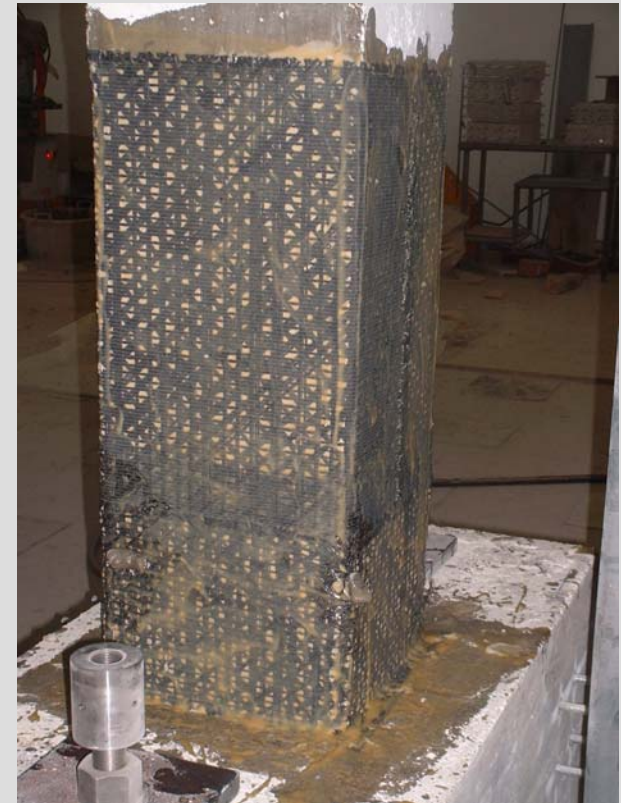
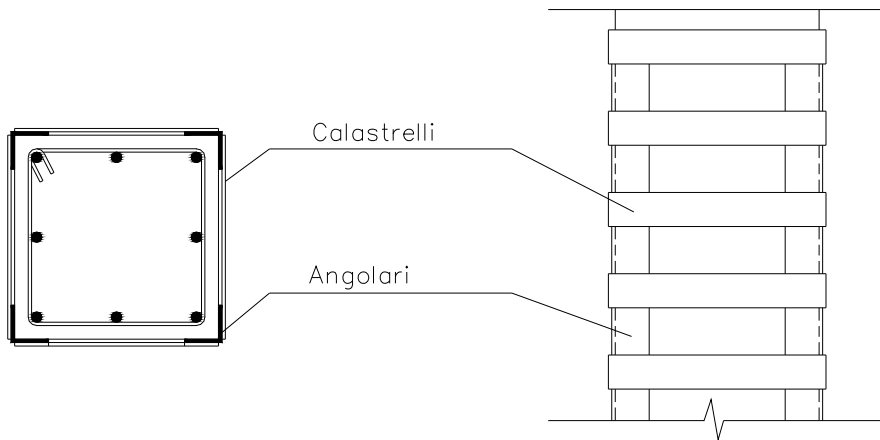
- Inserimento di controventi metallici
- Inserimento di pareti sismoresistenti

• OBIETTIVO: AUMENTARE LA RESISTENZA DELL'EDIFICIO

Tecniche di intervento locale

- Incremento di sezione ed armature
- Confinamento con profilati metallici

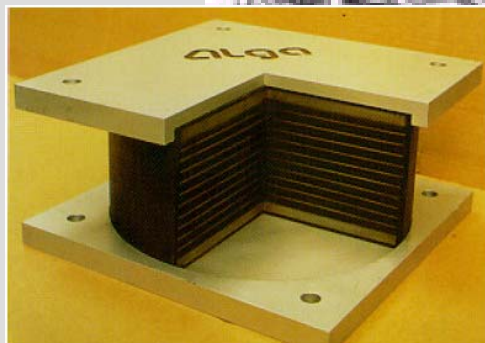
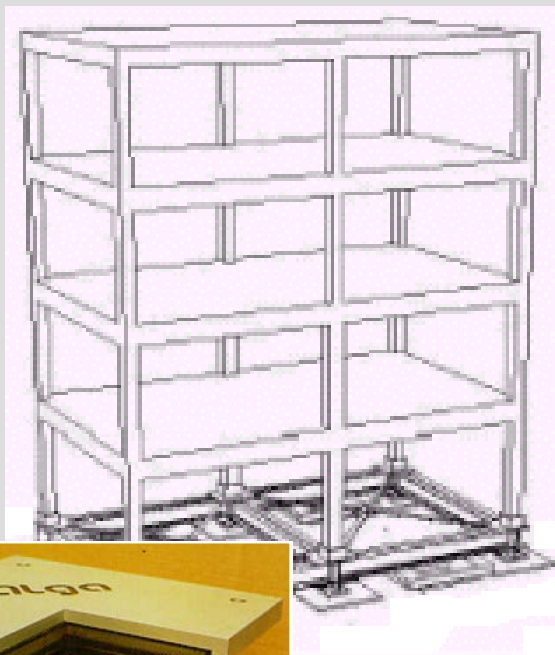
- Confinamento con FRP



• OBIETTIVO: AUMENTARE LA RESISTENZA/DUTTILITA' DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

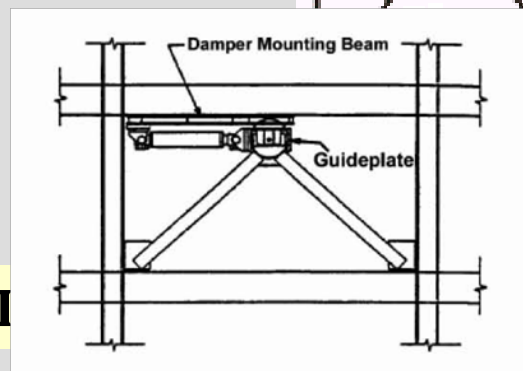
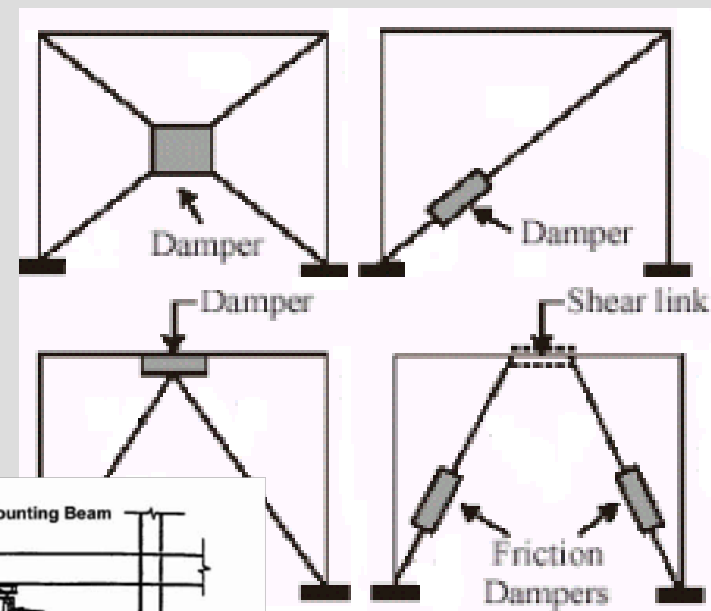
• Tecniche di protezione sismica:

- Isolamento alla base



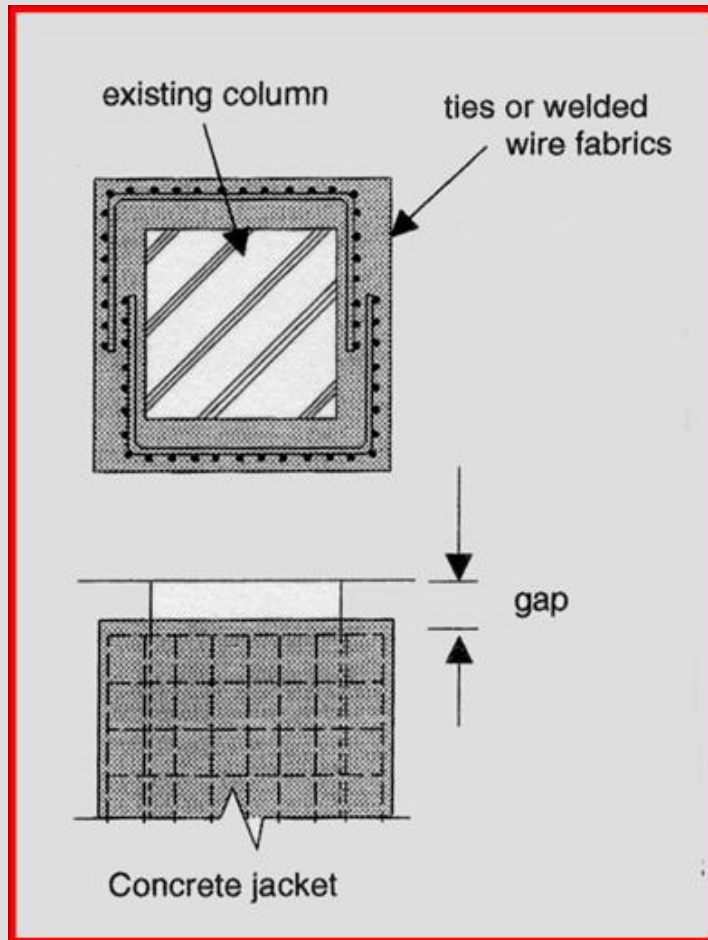
URRE L'AZI

- Dissipazione supplementare dell'energia



EDIFICIO

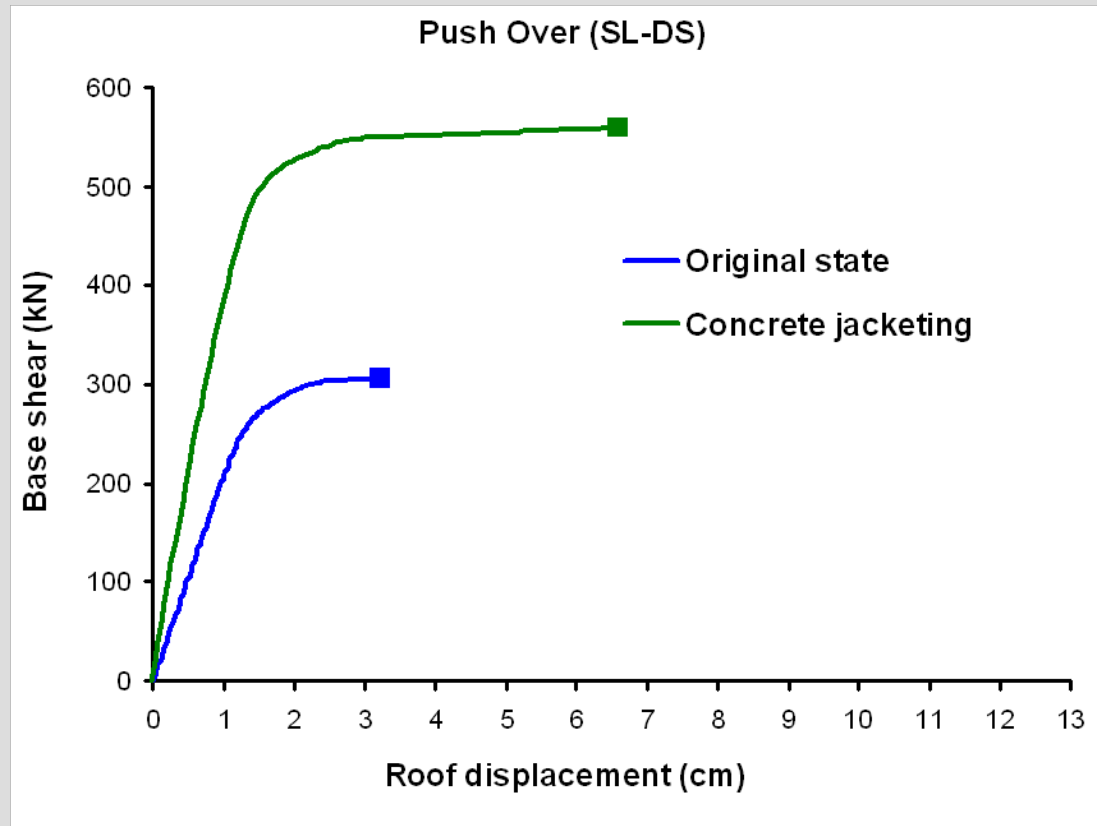
Tecniche di intervento locale (tradizionali)



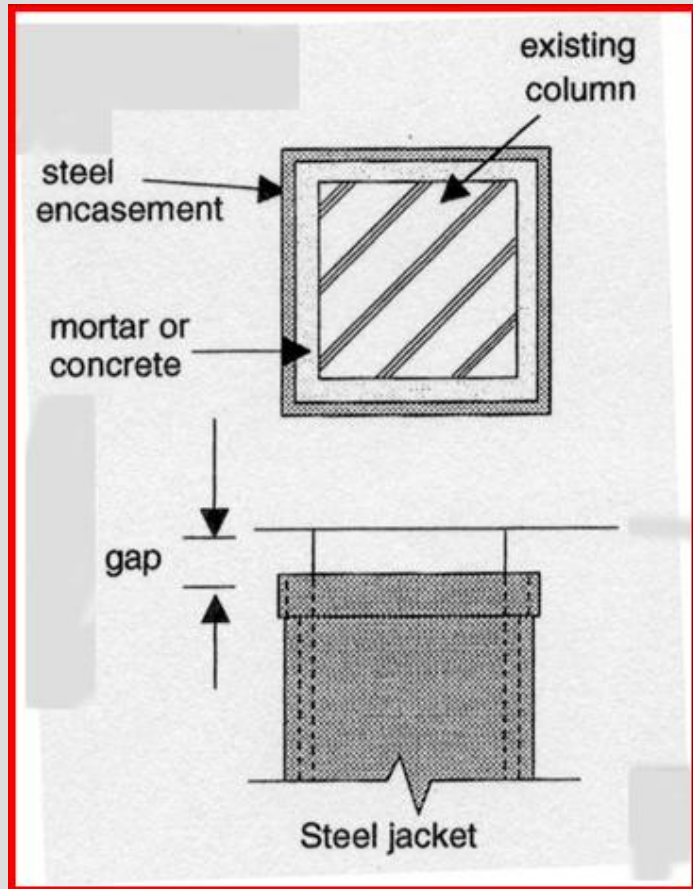
CONCRETE JACKETING



Tecniche di intervento locale (tradizionali)



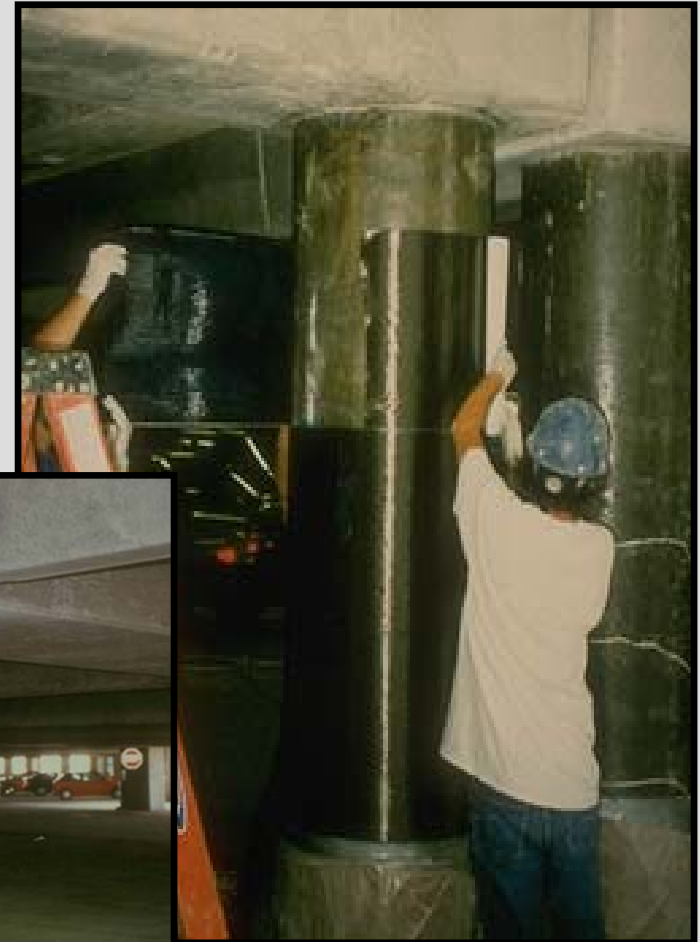
Tecniche di intervento locale (tradizionali)



STEEL JACKETING

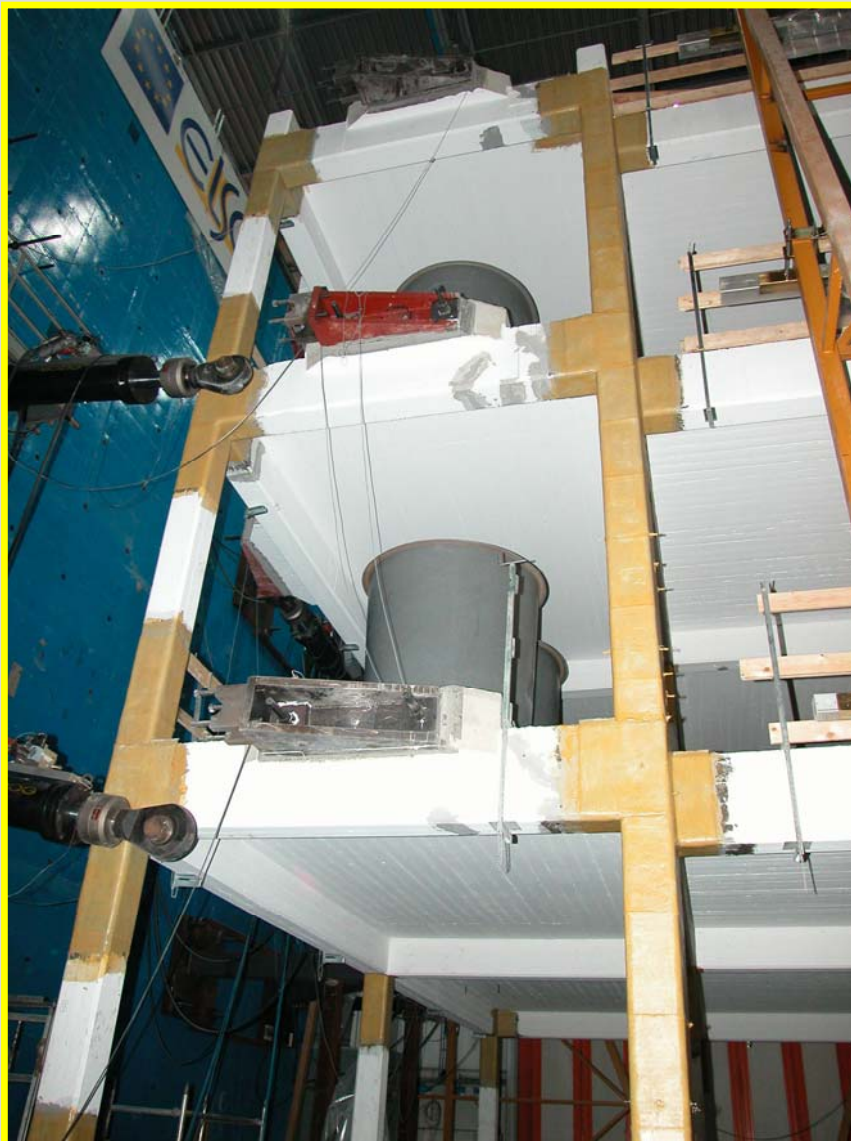


Tecniche di intervento locale (met. innovativi)

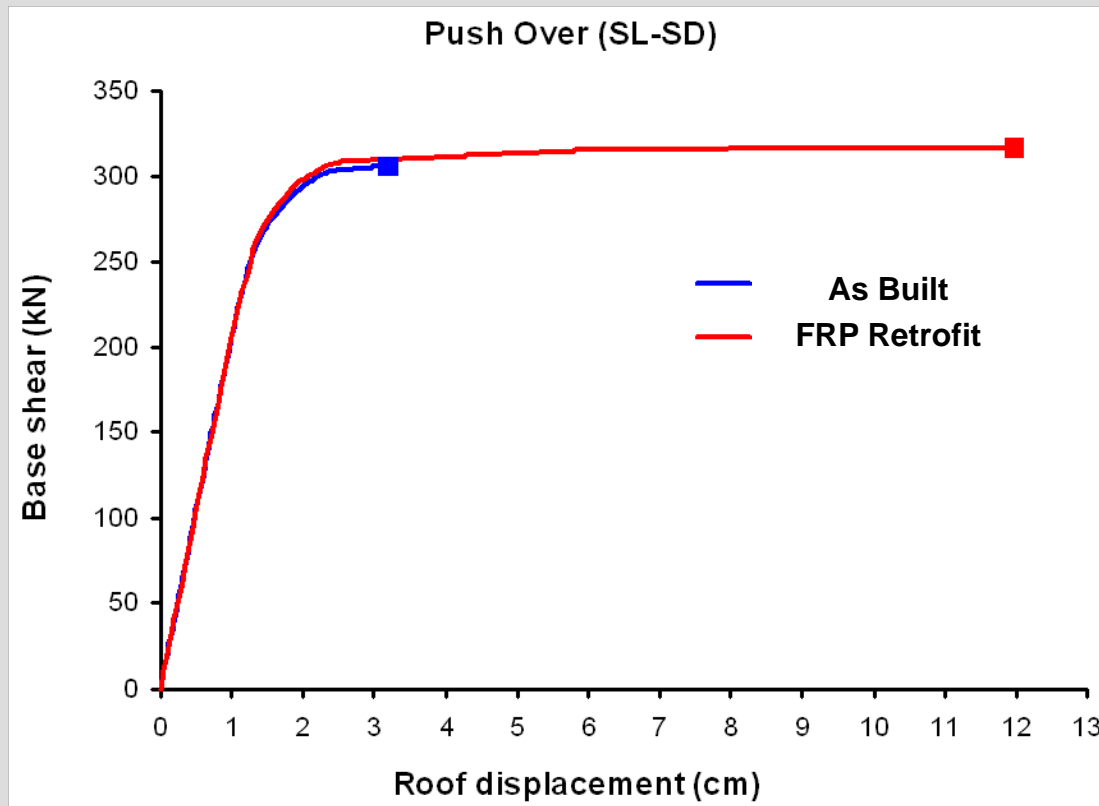


Tecniche di intervento locale (met. innovativi)





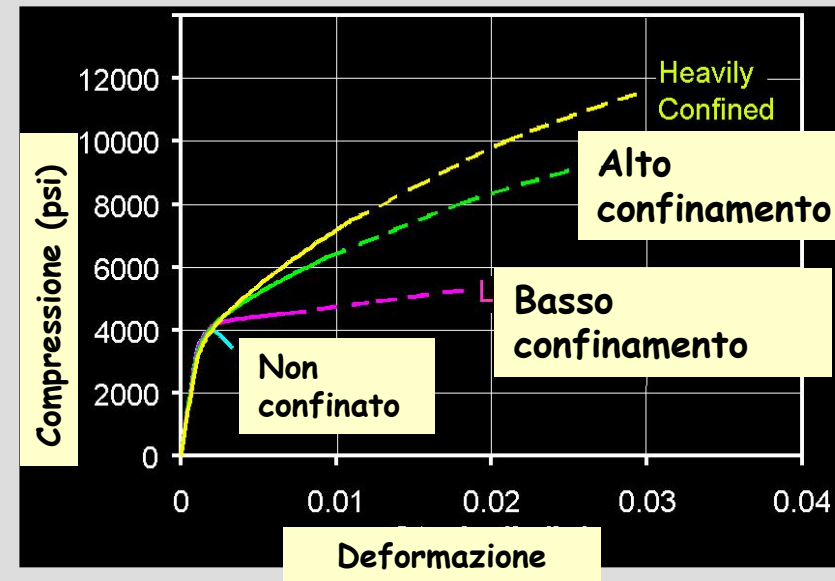
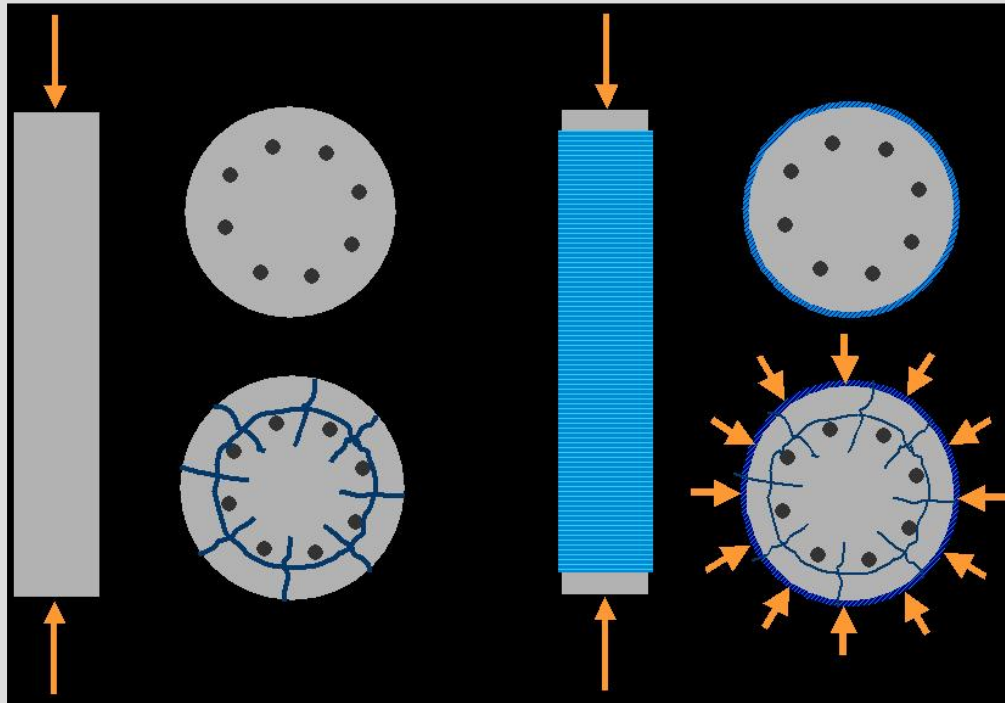
EFFETTO DEL RINFORZO CON COMPOSITI MEDIANTE FASCIATURA



RINFORZO CON COMPOSITI MEDIANTE FASCIATURA



RINFORZO DI PILASTRI IN C.A. MEDIANTE FASCIATURA CON FRP (CONFINAMENTO)



CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMMISSIONE INCARICATA DI FORMULARE PARERI IN MATERIA
DI NORMATIVA TECNICA RELATIVA ALLE COSTRUZIONI

**Istruzioni
per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo
di Interventi di Consolidamento Statico
mediante l'utilizzo di
Compositi Fibrorinforzati**

Materiali, strutture in c.a. e in c.a.p., strutture murarie

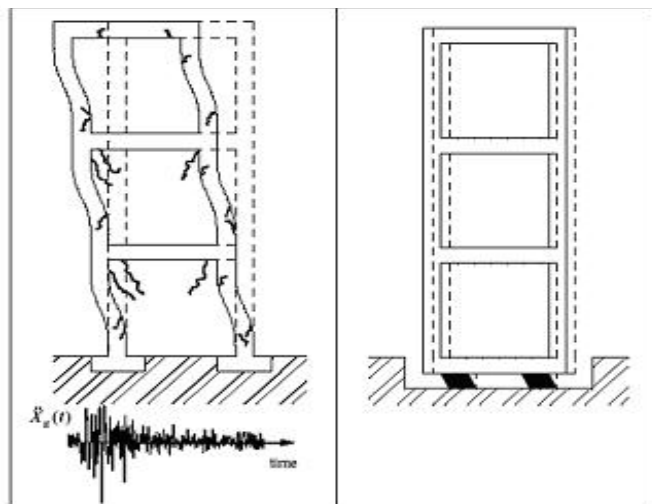
CNR-DT 200/2004

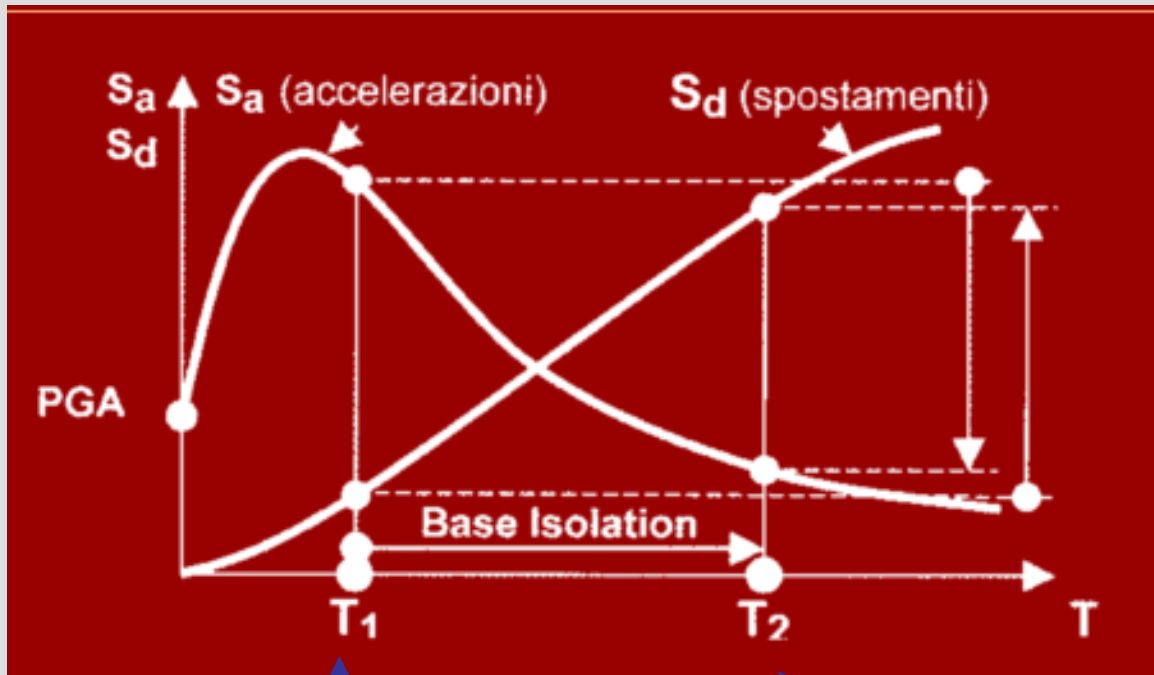
Interventi di adeguamento sismico mediante isolamento



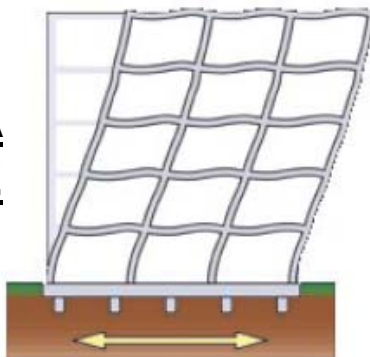
NON ISOLATO

ISOLATO





**STRUTTURA
TRADIZIONALE**



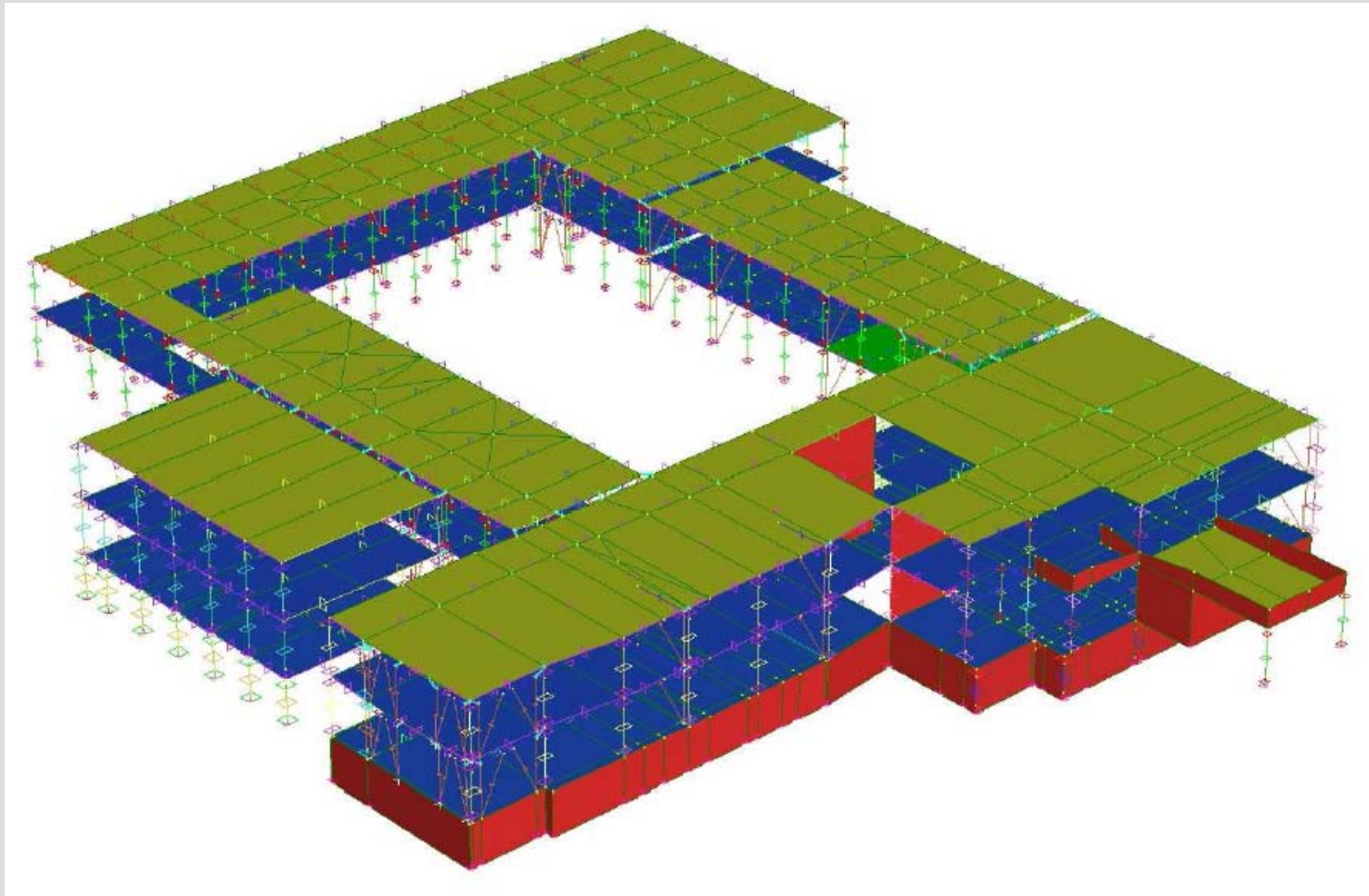
**STRUTTURA
ISOLATA ALLA
BASE**



Adeguamento con smorzatori di edificio esistente

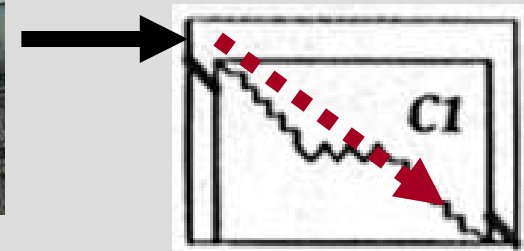


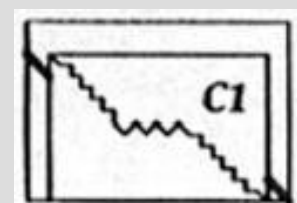
Adeguamento sismico di una scuola a Sulmona (AQ)



I rinforzi a taglio dei pilastri sono invece effettuati mediante fasciatura con FRP)

Parti non strutturali – tamponamenti e tramezzature











Ribaltamento della fodera
esterna della tamponatura.

elevata snellezza

Assenza di vincolo laterale

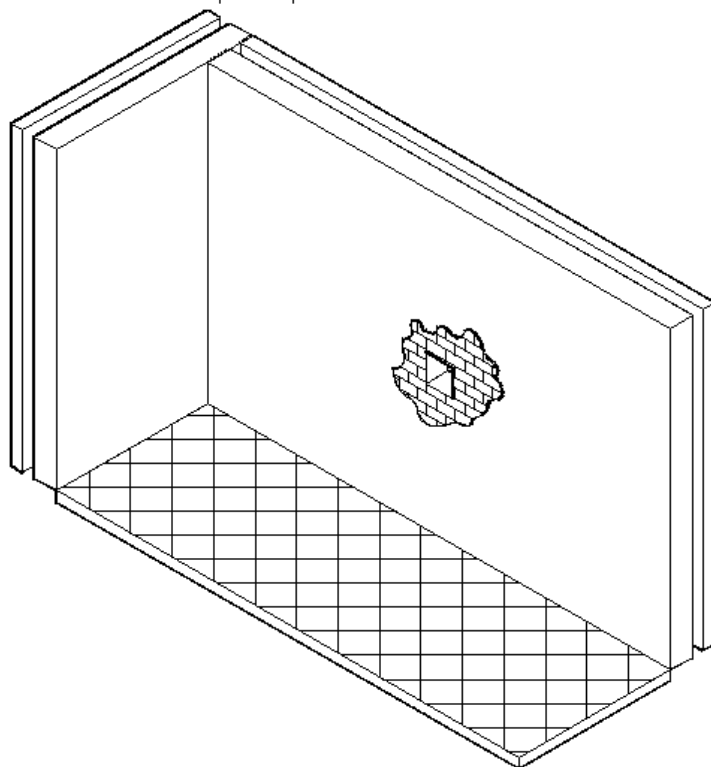




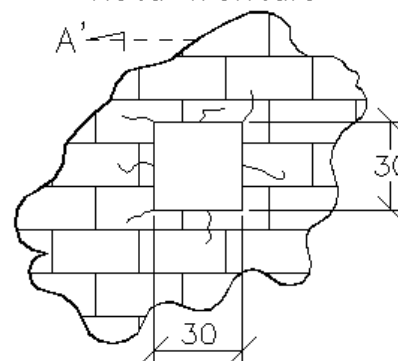
Interventi per la messa in sicurezza dei tamponamenti esterni (fase 1)

PRIMA FASE: Rimozione dell'intonaco in corrispondenza della superficie di intaglio e delle fasce adiacenti; taglio a sezione obbligata (circa 30 x 30) delle fodere di paramento (esterna ed interna); depolverizzazione della superficie

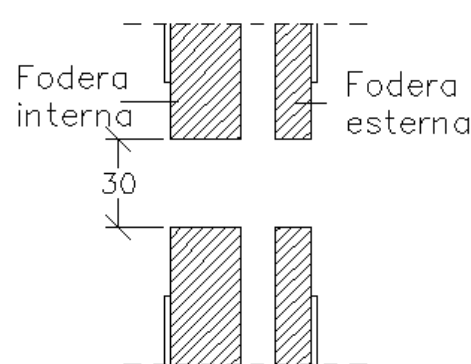
Vista prospettica



Vista frontale



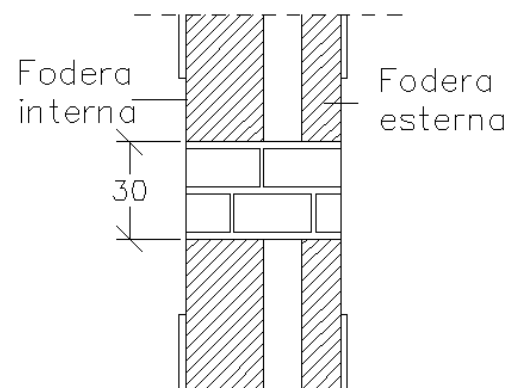
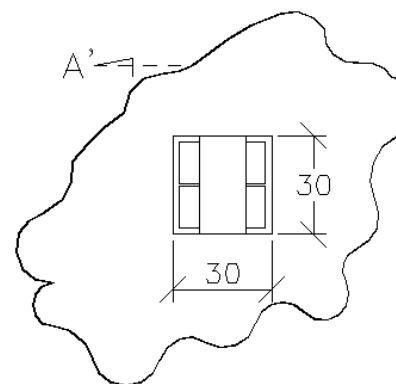
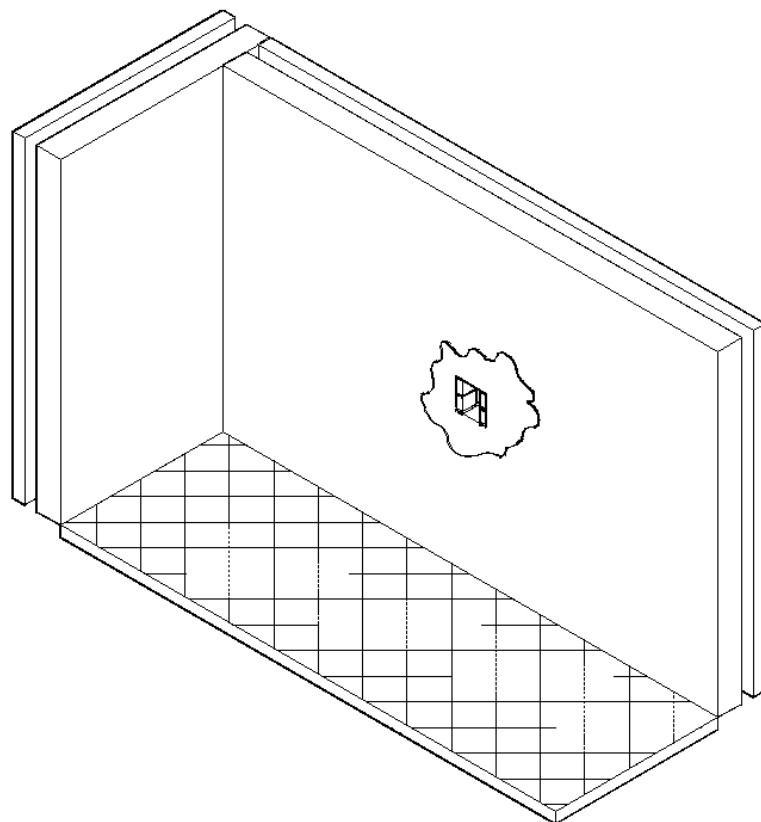
Sezione AA'



**Protocollo
Protezione civile
per ricostruzione
Abruzzo**

Interventi per la messa in sicurezza dei tamponamenti esterni (fase 4)

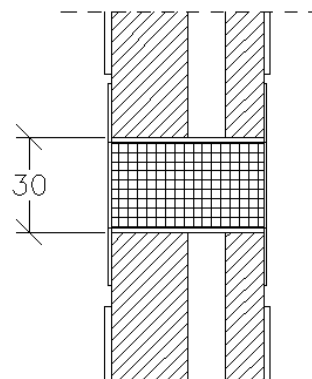
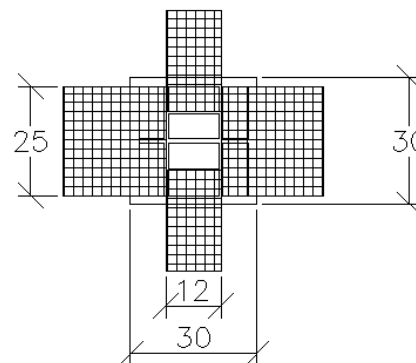
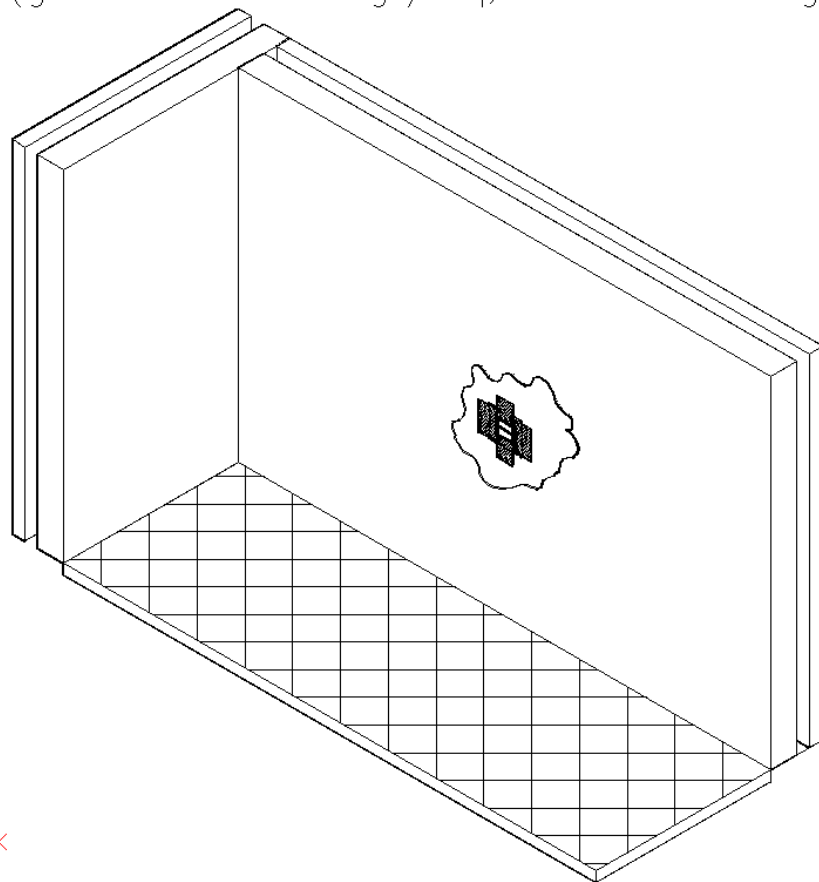
QUARTA FASE: Posa in opera di mattoni in laterizio pieni utilizzando come malta di allettamento lo stesso tipo di cui alla precedente fase (TERZA)



**Protocollo
Protezione civile
per ricostruzione
Abruzzo**

Interventi per la messa in sicurezza dei tamponamenti esterni (fase 5)

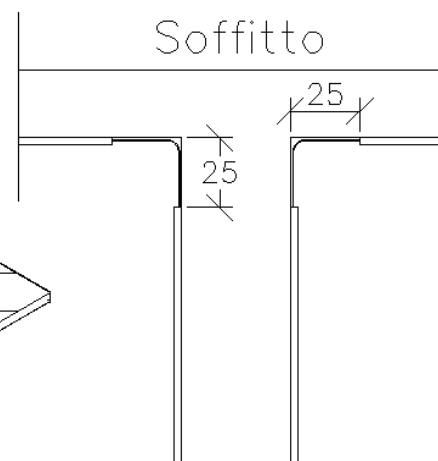
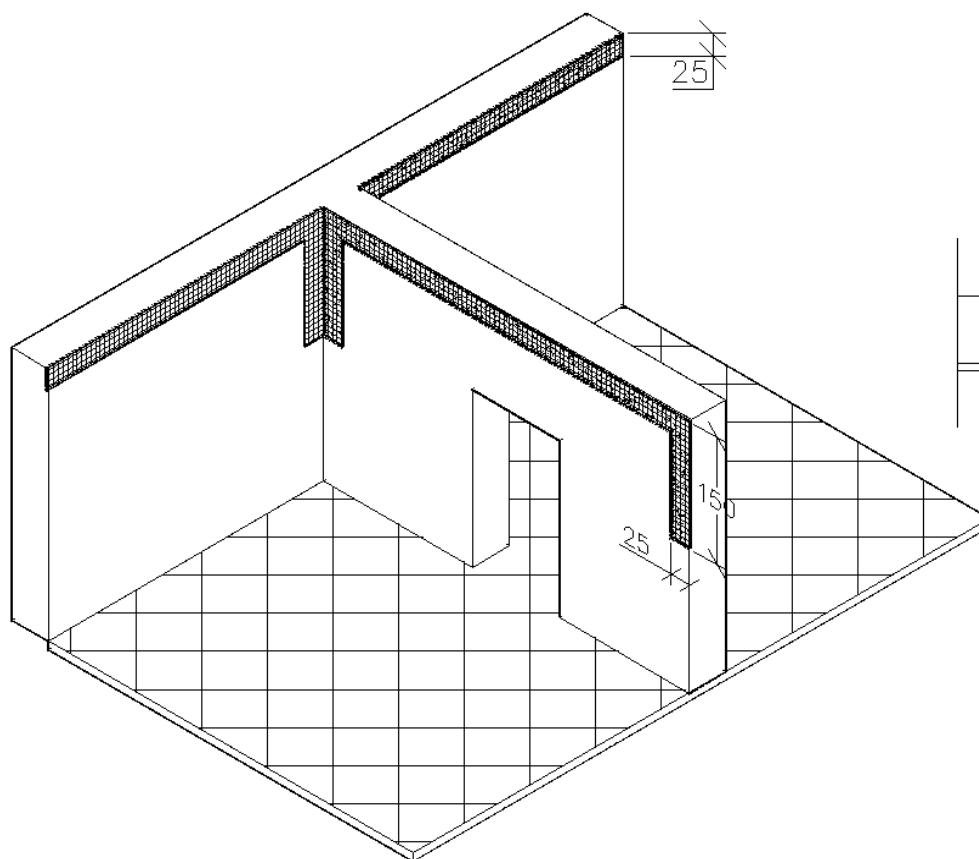
QUINTA FASE: Inserimento nei corsi di malta di fasce di connessione in rete bilanciata in fibra di vetro alcaliresistente apprettata (grammatura 225 gr/mq; dimensioni maglie 25 x 25 mm)



**Protocollo
Protezione civile
per ricostruzione
Abruzzo**

Interventi per la messa in sicurezza delle tramezzature

QUINTA FASE: Applicazione di rete in fibra di vetro alcali resistente apprettata sull'intera area trattata avendo cura di far penetrare la malta già applicata all'interno delle maglie della rete





**CENTRO INTERDIPARTIMENTALE DI RICERCA
INDUSTRIALE**

CIRI EDILIZIA E COSTRUZIONI

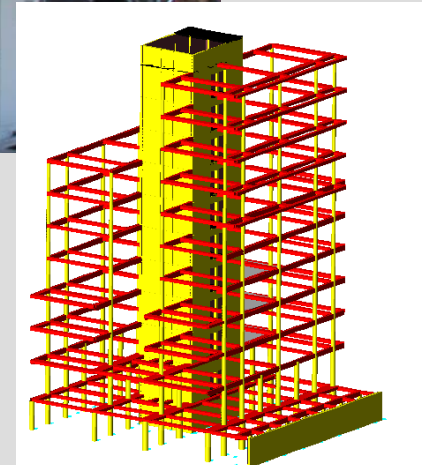
FLUIDODINAMICA

Modello in scala di ponte sul fiume Reno (BO)



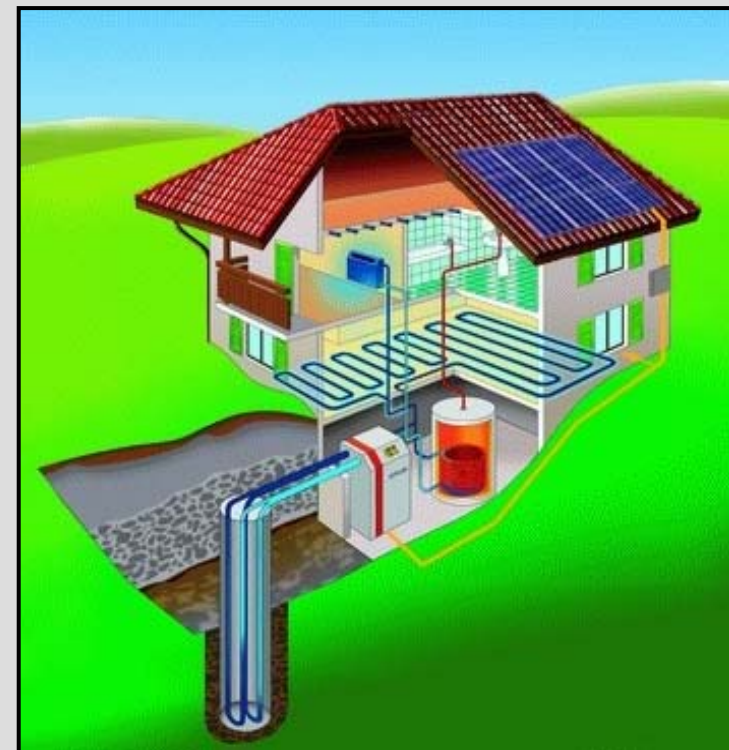
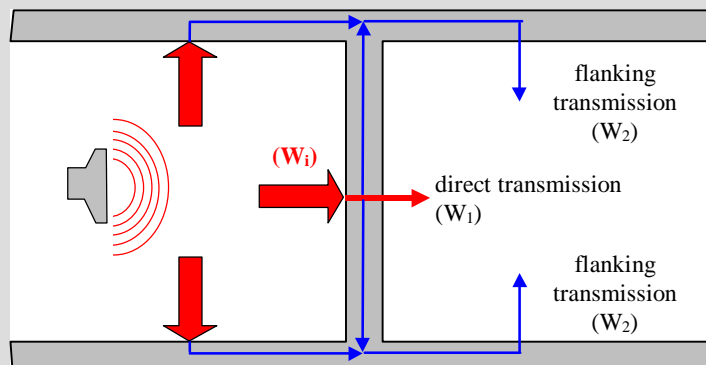
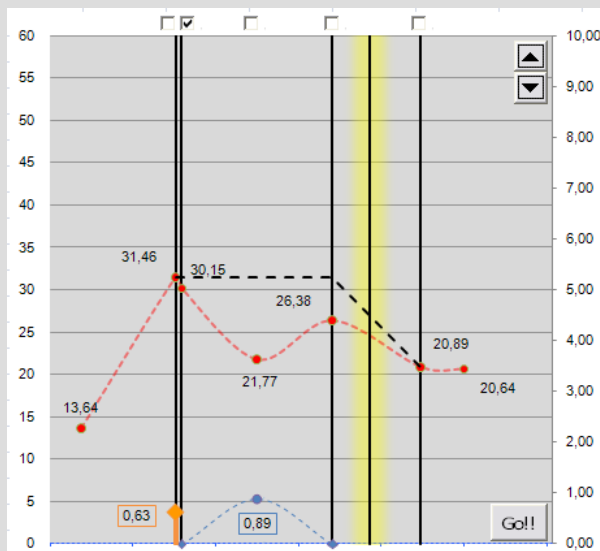
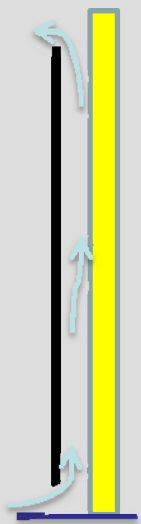
SICUREZZA ED ENERGETICA DEGLI EDIFICI

SICUREZZA



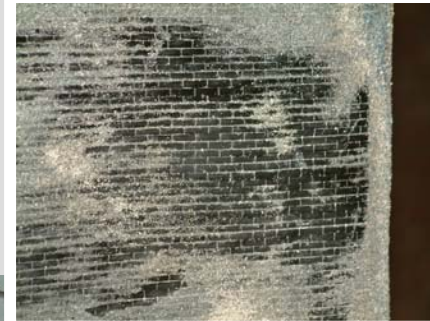
SICUREZZA ED ENERGETICA DEGLI EDIFICI

ENERGETICA



RECUPERO E RESTAURO (Ravenna)

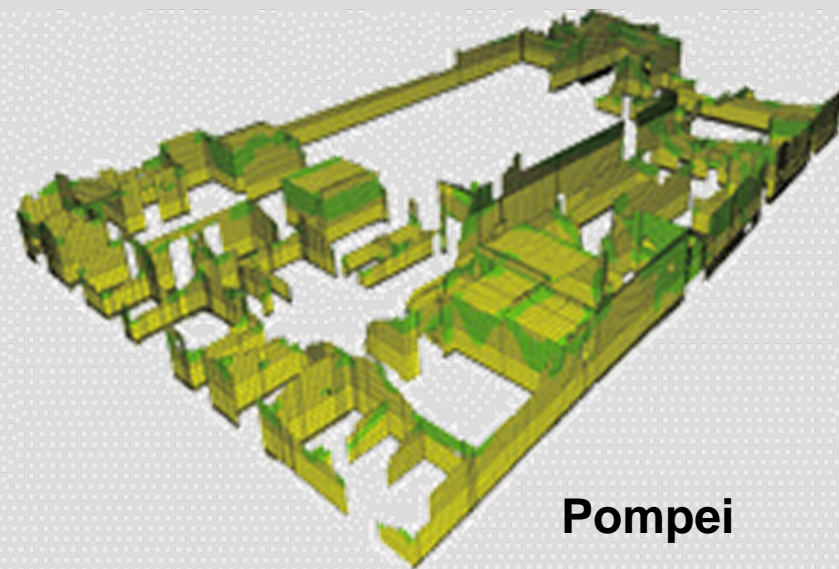
RECUPERO



RECUPERO E RESTAURO (Ravenna)



RESTAURO (beni culturali)



Pompei



Grazie per l'attenzione