



# edilportale® TOUR 2019

L'edilizia dei prossimi 10 anni



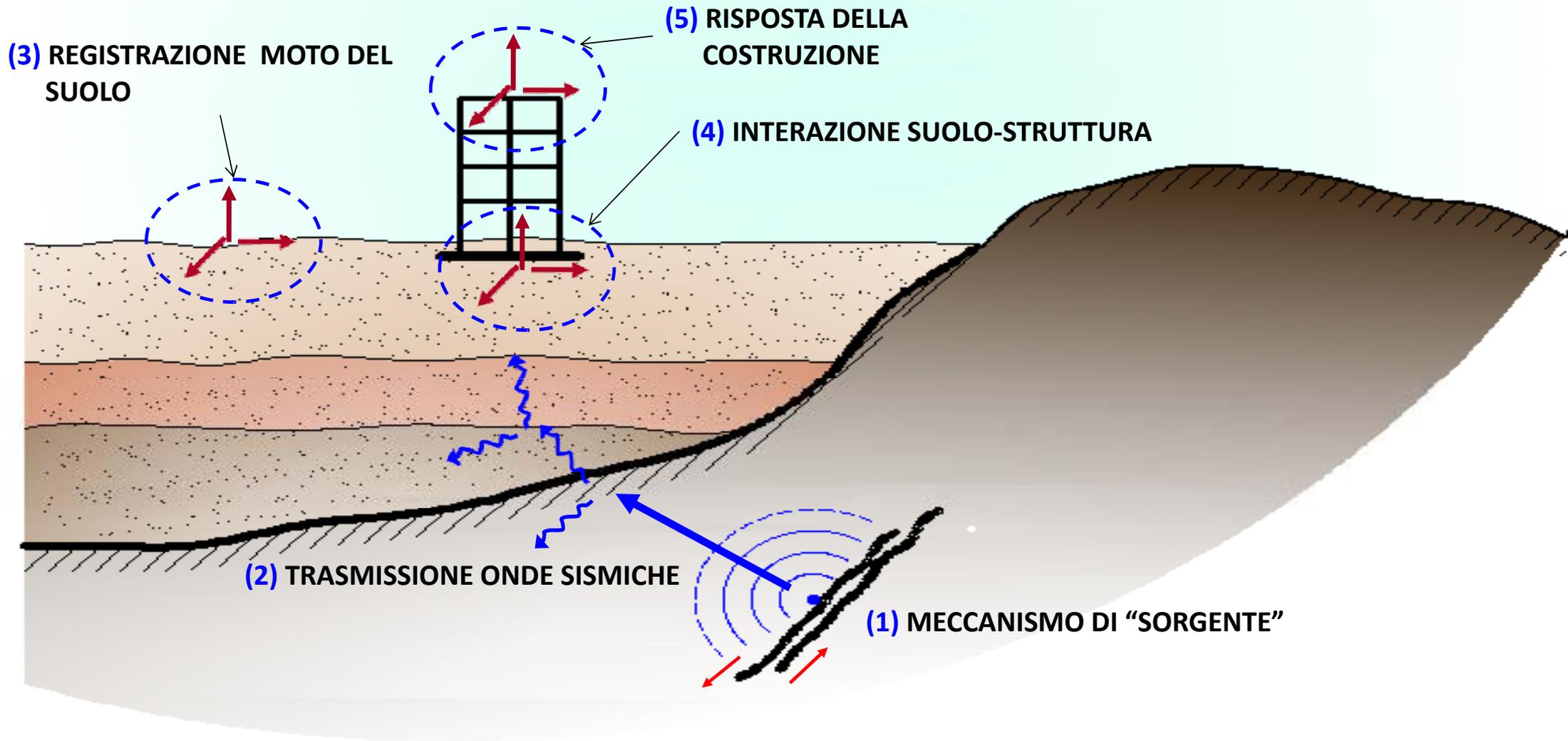
#edilportaletour2019

COSENZA, 18 APRILE 2019

## PROTEZIONE SISMICA DELLE COSTRUZIONI

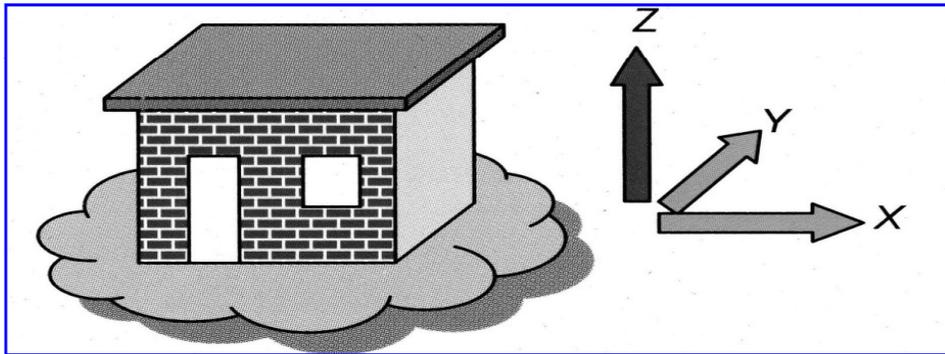
Alfonso Vulcano

# PROPAGAZIONE ED EFFETTI DELLE ONDE SISMICHE

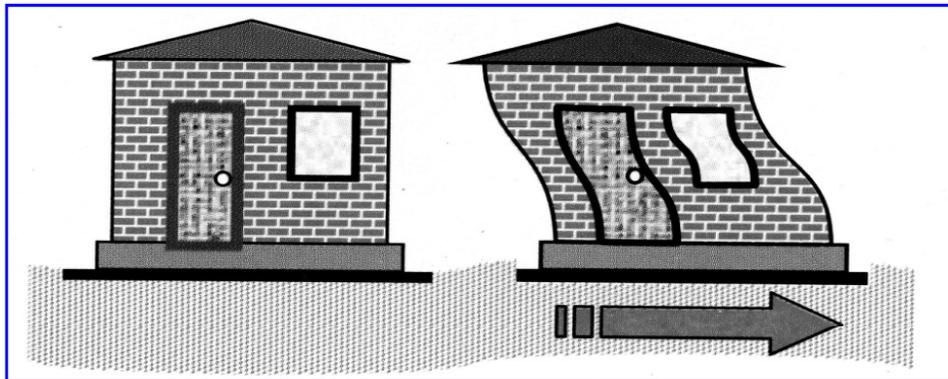


*Componenti del moto del terreno (a) ed effetti di una componente orizzontale sull'edificio (b, c)*

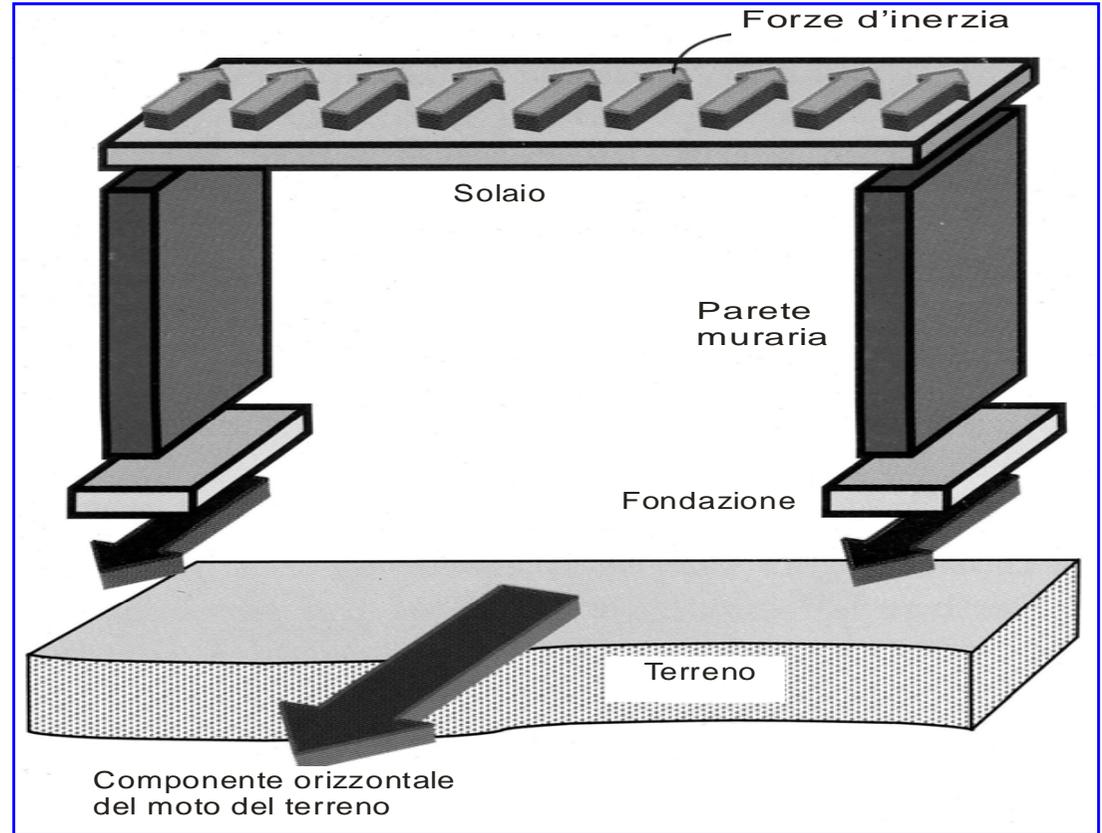
**Forza = Massa x Accelerazione (massima)**



(a)



(b)



(c)

## EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA SISMICA ITALIANA

---

### I generazione

Regio Decreto n. 193 del 18 aprile 1909  
Regio Decreto Legge n. 1526 del 5 novembre 1916  
Regio Decreto Legge n. 431 del 13 marzo 1927  
Regio Decreto Legge n. 640 del 25 marzo 1935  
Legge n. 1684 del 25 novembre 1962

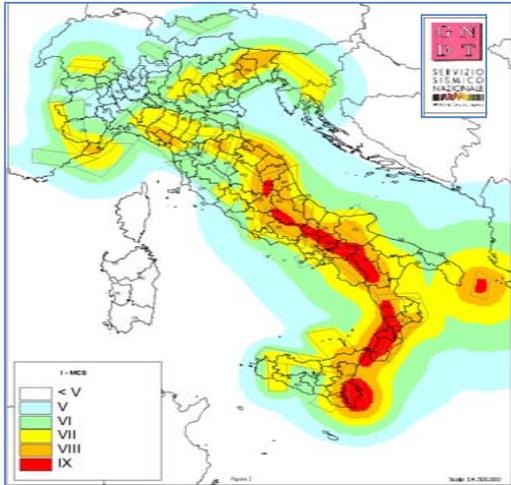
### II generazione

Legge n. 64 del 2 febbraio 1974  
Decreto Ministeriale 3 marzo 1975  
Decreto Ministeriale 3 giugno 1981  
Decreto Ministeriale 19 giugno 1981  
Decreto Ministeriale 24 gennaio 1986

### III generazione

Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996  
Ord.P.C.M. n. 3274- 20/03/2003  
Ord.P.C.M. n. 3431-03/05/2005  
Norme Tecniche per le Costruzioni 14/01/2008  
(Istruzioni, Circolare 02/02/2009 n. 617, C.S.LL.PP.)  
Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruz. 17/01/2018  
(Istruzioni, Circolare 21/01/2019 n. 7, C.S.LL.PP.)

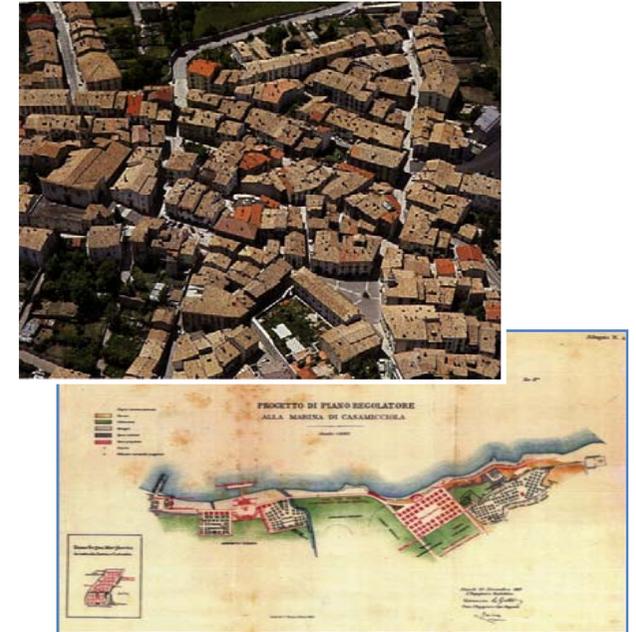
## Pericolosità



## Vulnerabilità



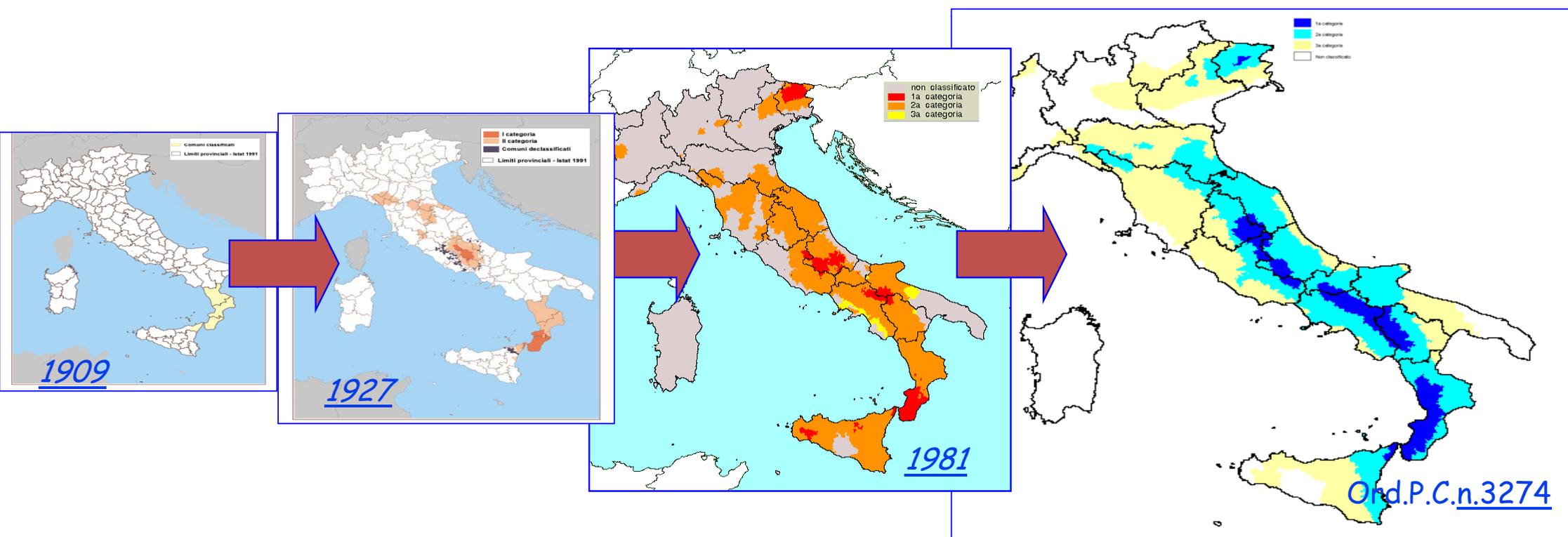
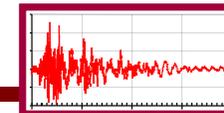
## Esposizione

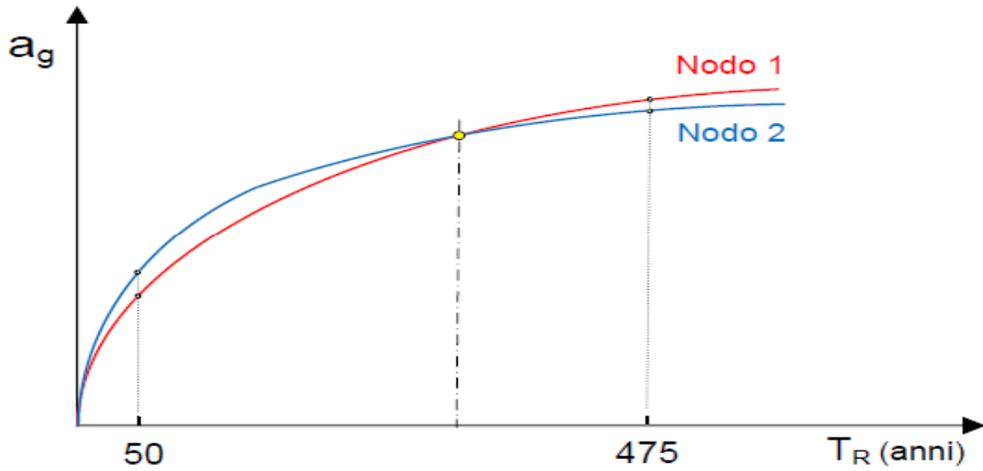


# Rischio sismico

stima delle perdite complessive causate dai terremoti che potranno interessare in un determinato periodo una determinata area

# EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA



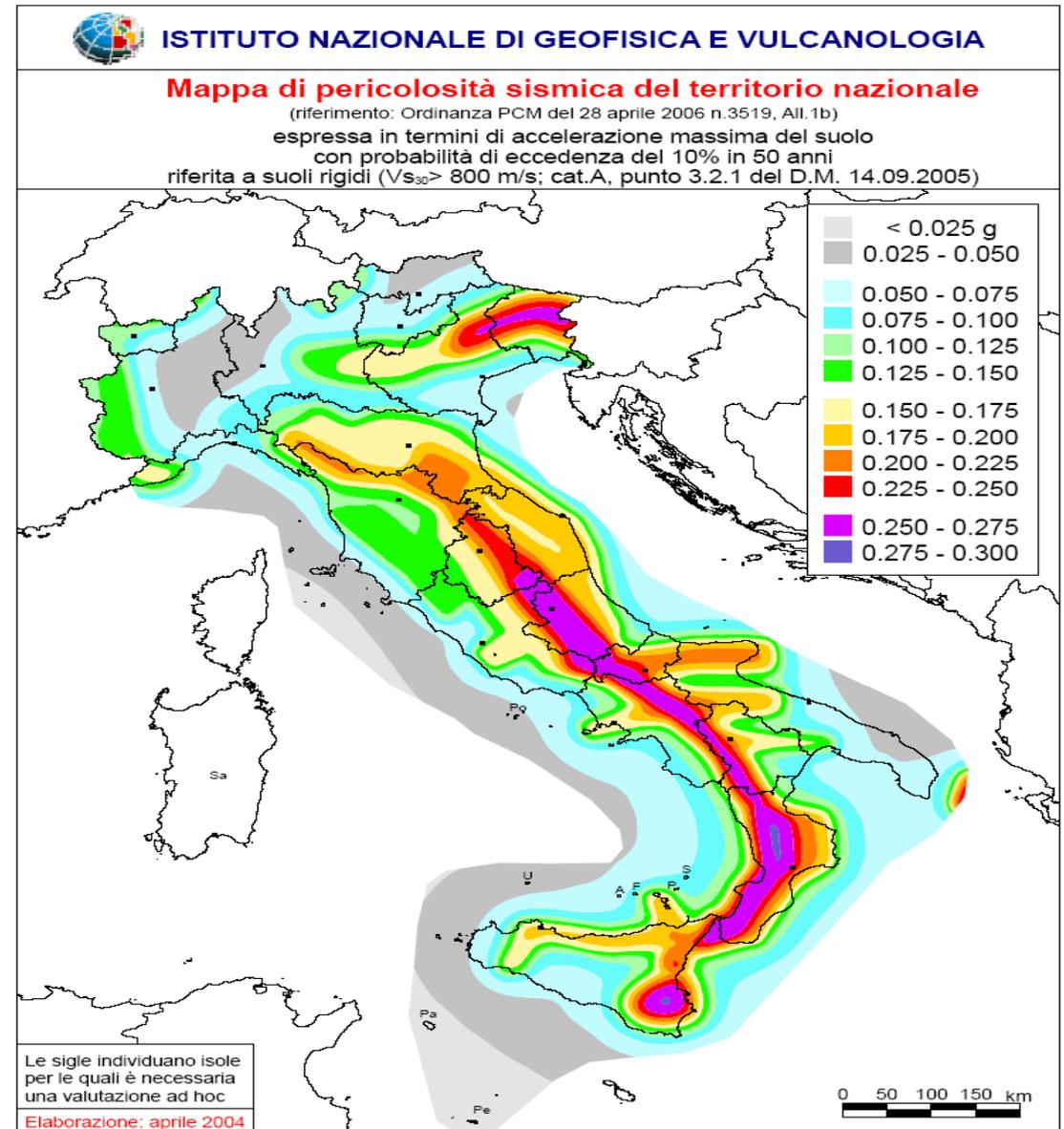


$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

$T_R$  = Periodo di ritorno

$V_R$  = Periodo di riferimento

$P_{V_R}$  = Probabilità di superamento



# VULNERABILITA' DELLE COSTRUZIONI

*INTENSITA' TERREMOTO*



*LIVELLO DI DANNO*

**STRATEGIE DI  
PROTEZIONE SISMICA**  
(Riduzione vulnerabilità / rischio)



**TRADIZIONALI**  
(edifici in muratura e c.a.)

**Resistenza / Duttilità**

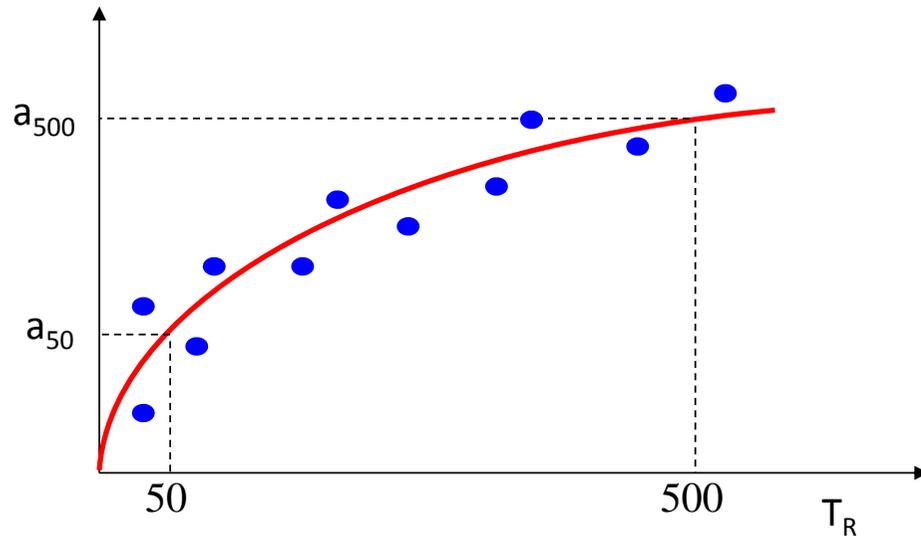


**MODERNE**  
(isolamento/dissipazione)

**Riduzione effetti sismici**

# STRATEGIE DI PROTEZIONE TRADIZIONALI

## Resistenza / Duttilità



$T_R$  = PERIODO DI RITORNO (anni)

• **VITA NOMINALE (50 ÷ 100 anni)**



**Danni assenti o lievi  
(parti non strutturali)**

• **500 ÷ 1000 ANNI**

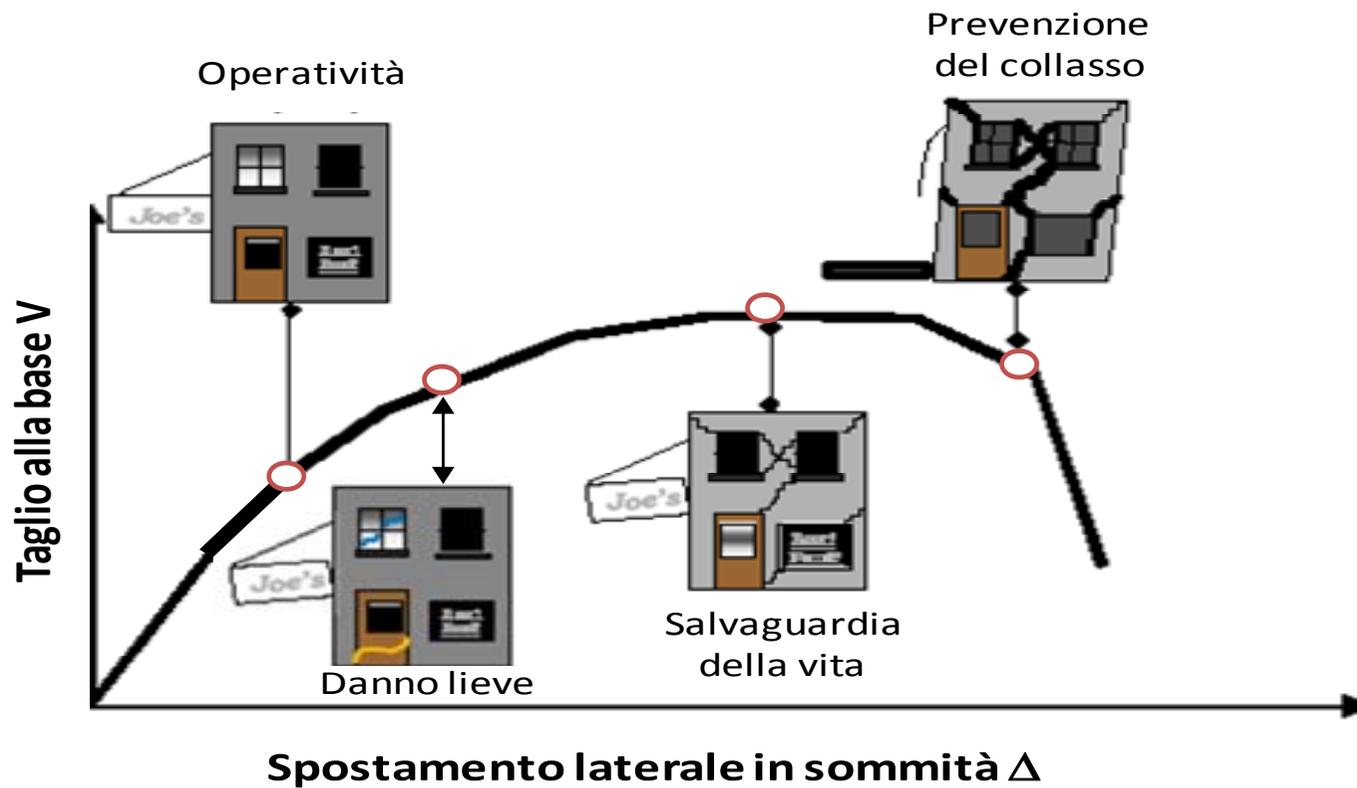


**Danni riparabili (anche  
strutturali), senza collasso**

## **“Performance Concept” in FEMA-273 and ATC-40**

**FEMA** (Federal Emergency Management Agency – U.S.A.)

**ATC** (Applied Technology Council – California, U.S.A.)



D.M. 17/01/2018

**PROBABILITA' DI SUPERAMENTO,  $P_{VR}$**   
**(PERIODO DI RIFERIMENTO,  $V_R$ )**

**81%**  
(es.,  $T_R = 30$  a.)

**63%**  
(es.,  $T_R = 50$  a.)

**10%**  
(es.,  $T_R = 475$  a.)

**5%**  
(es.,  $T_R = 975$  a.)

**STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

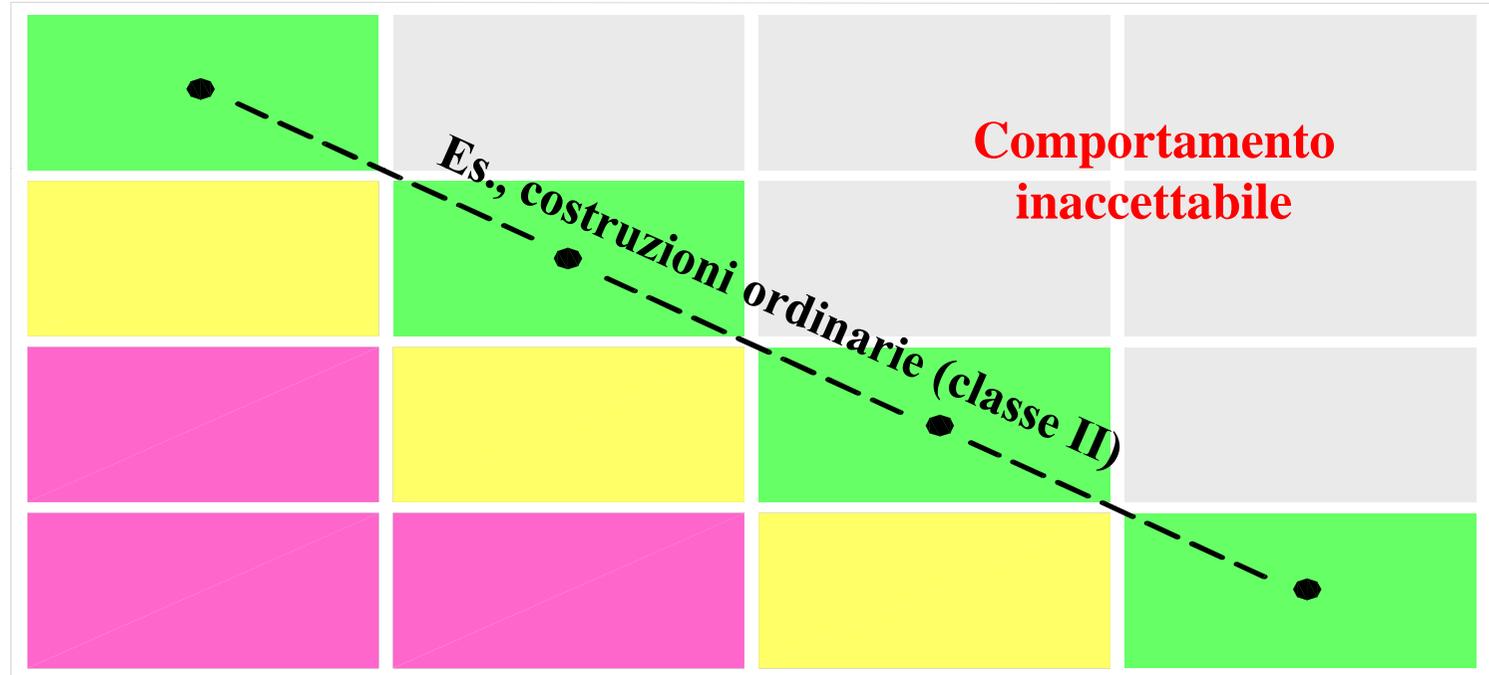
**S.L.O.**  
(Operatività)

**S.L.D.**  
(Danno)

**STATI LIMITE ULTIMI**

**S.L.V.**  
(Salvag. Vita)

**S.L.C.**  
(Prev. Collasso)



(es.  $V_N =$  vita nominale = 50 a.)

(es.,  $C_U =$  coeff. d'uso = 1)

$$V_R = V_N \cdot C_U$$



$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

# **EDIFICI**

## **TIPOLOGIE COSTRUTTIVE**

- **MURATURA**

- Pietrame (semplice, a sacco, listato)
- Mattoni (pieni o semi-pieni)
- Armata

- **CALCESTRUZZO ARMATO**

- Sistemi intelaiati (con pilastri e travi)
- Sistemi con pareti

- **ACCIAIO**

- **LEGNO**

- **SISTEMI IBRIDI**

# EDIFICI IN MURATURA

## **VECCHIE COSTRUZIONI**

- pietra squadrata
- pietrame in ciottoli a spigoli arrotondati o vivi
- muratura a sacco

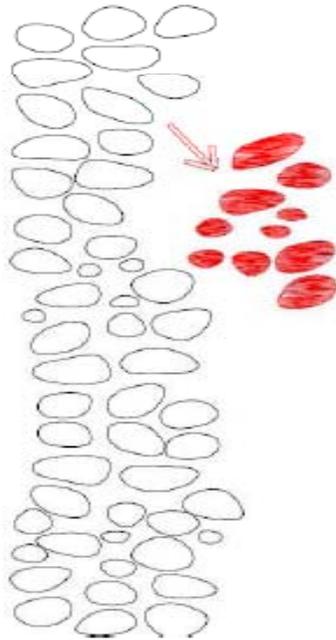
## **NUOVE COSTRUZIONI**

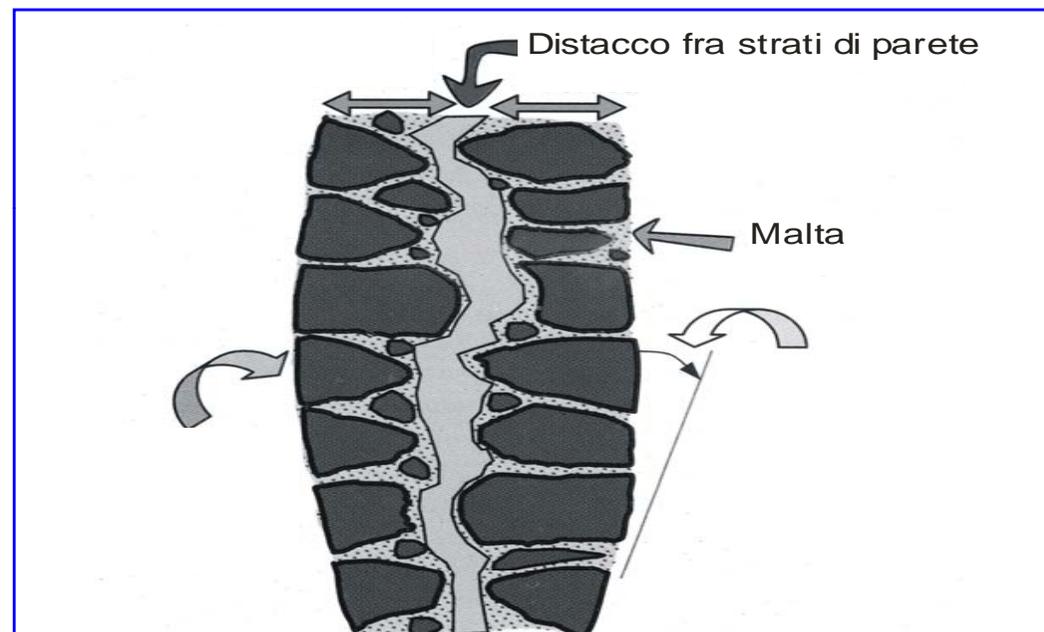
- pietrame listato
- mattoni pieni o semi-pieni
- muratura armata

## Comportamento delle pareti in muratura

### DISGREGAZIONE DELLA TESSITURA MURARIA

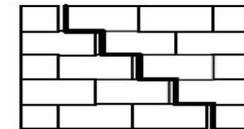
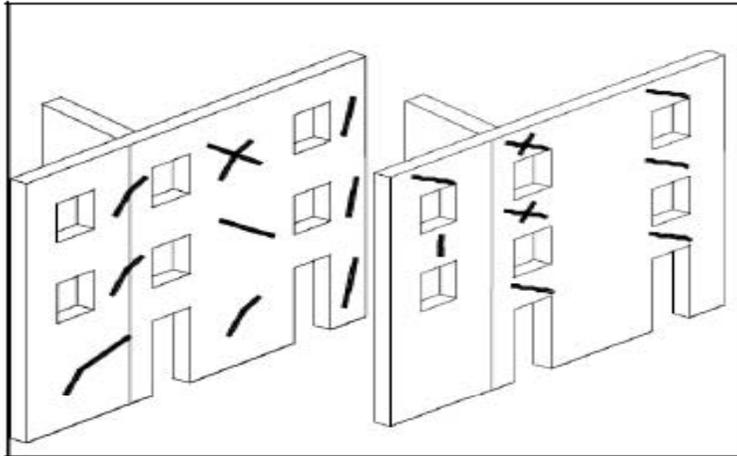
Espulsione del paramento esterno





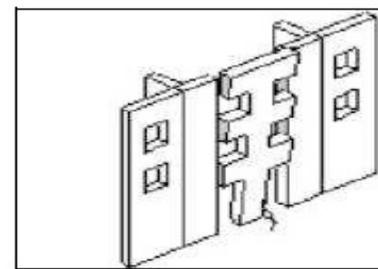
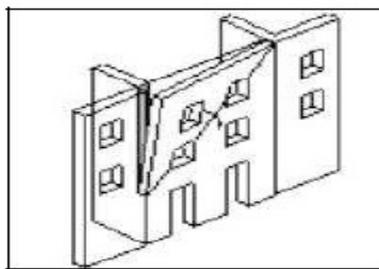
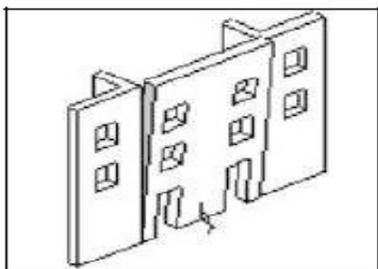
*Tendenza al distacco delle  
p a r e t i e s t e r n e  
d i u n a m u r a t u r a a s a c c o*

# ROTTURA NEL PIANO DELLA PARETE

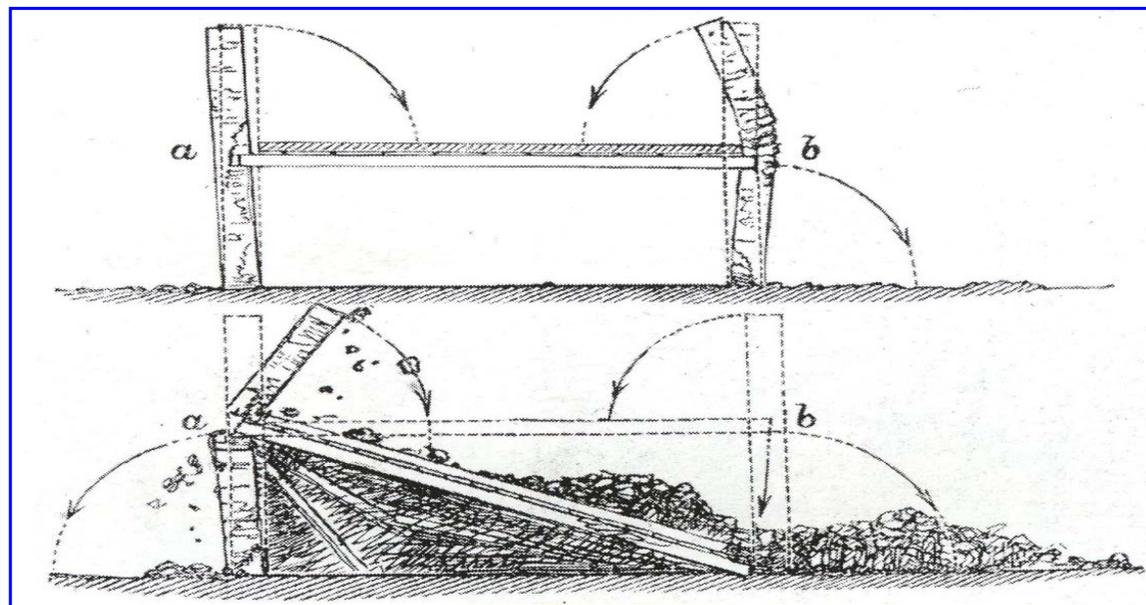
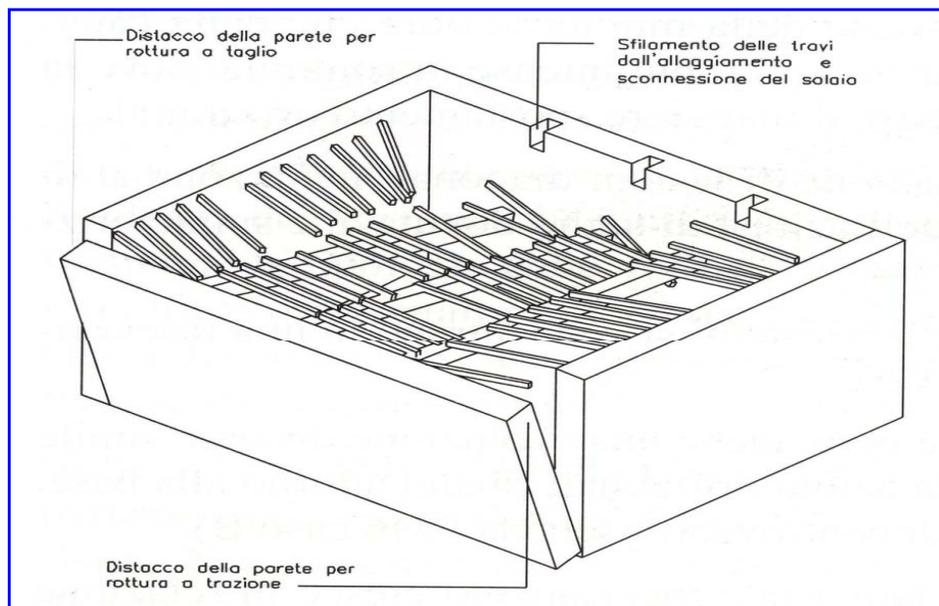


## MECCANISMI DI ROTTURA

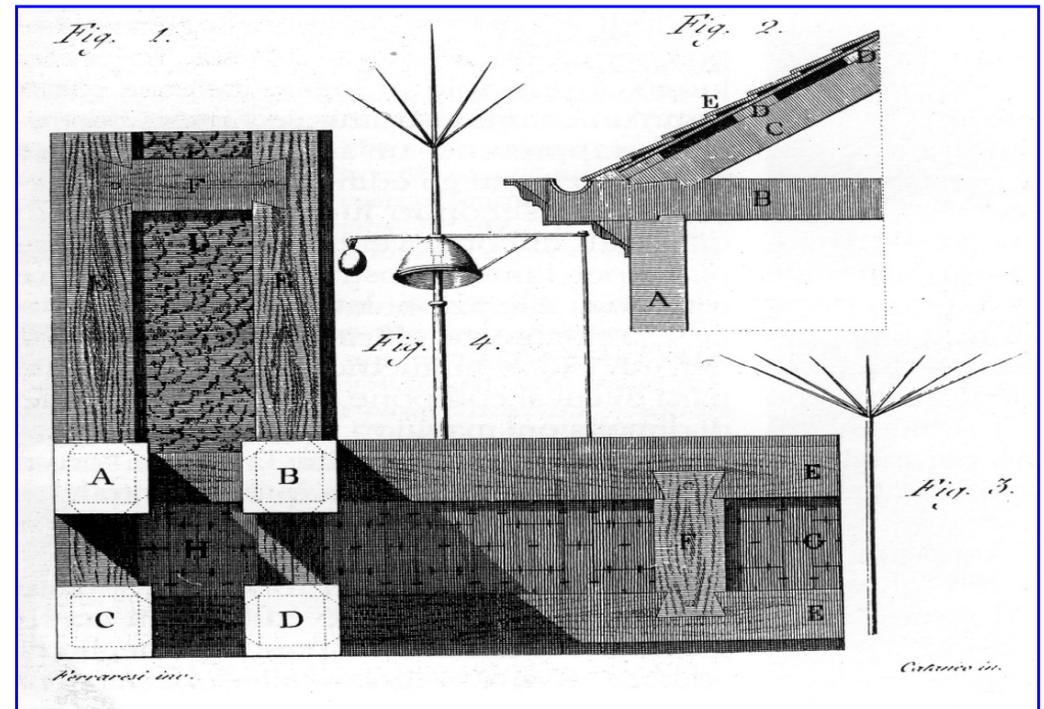
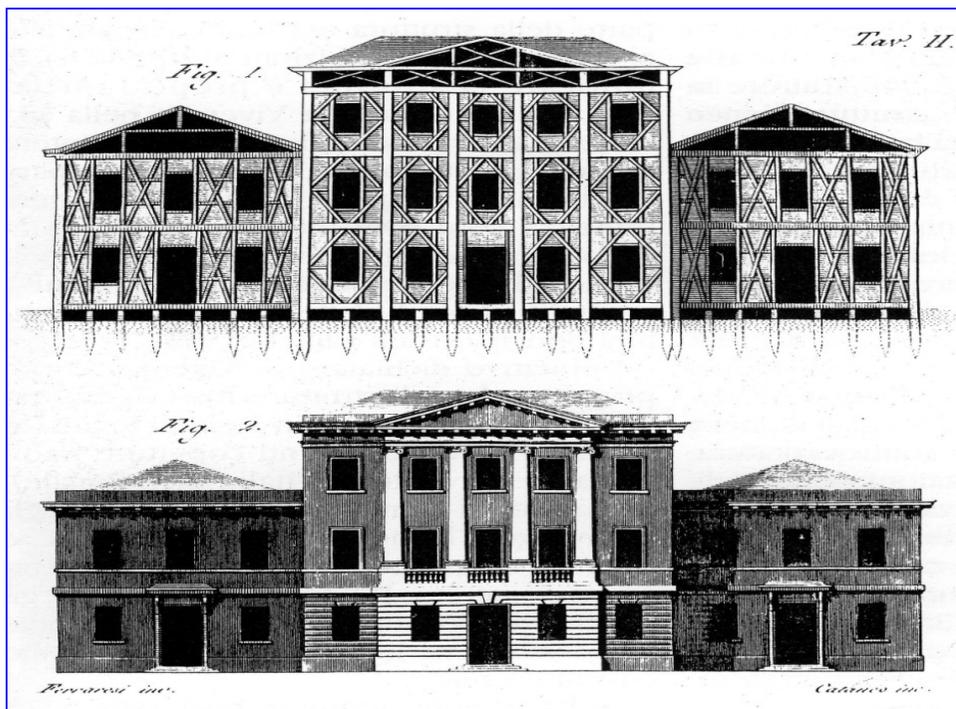
Ribaltamento per carenza di connessione fra le pareti



# CROLLO DEL SOLAIO



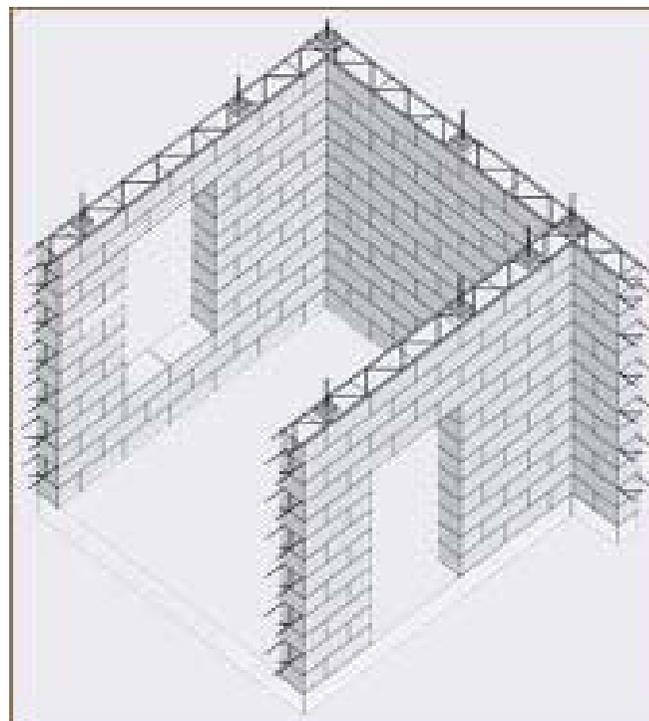
*Schema di "casa baraccata"*  
*illustrata da Vivencio dopo il terremoto del 1783*



## Cordoli in cemento armato



## **STRUTTURA PORTANTE VERTICALE** **in muratura armata**



# EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

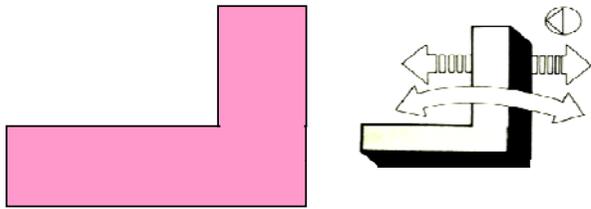
# CONFIGURAZIONI:

SFAVOREVOLI

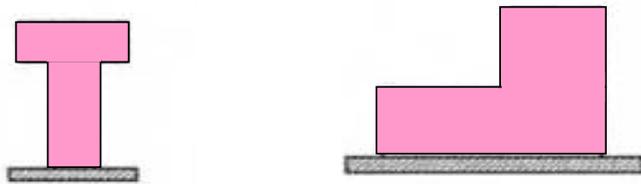
FAVOREVOLI

Forme architettoniche:

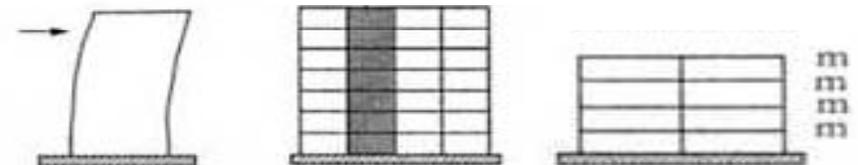
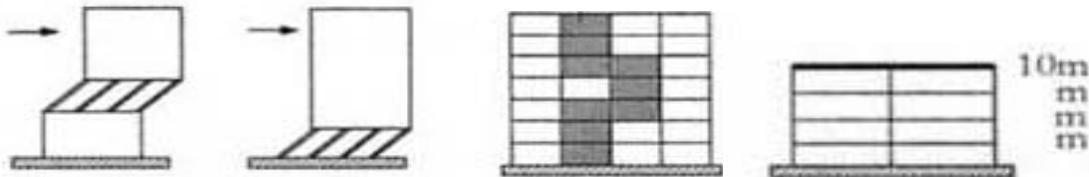
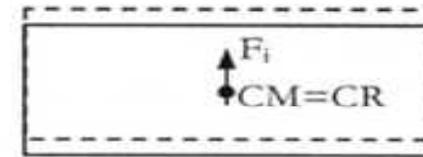
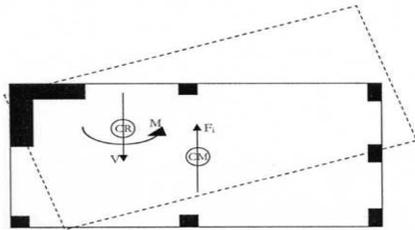
in pianta

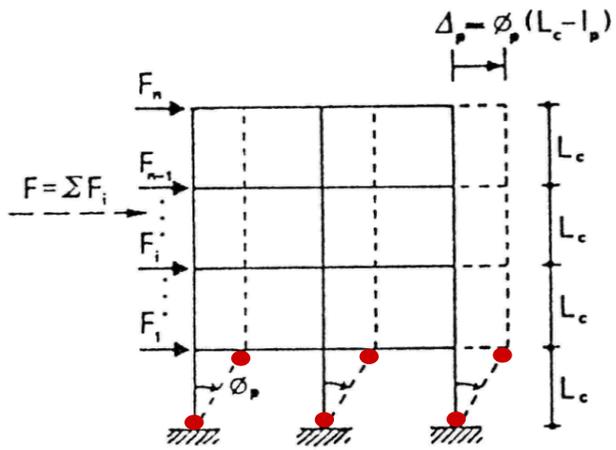


in elevazione



Variazioni di massa  
e di rigidità

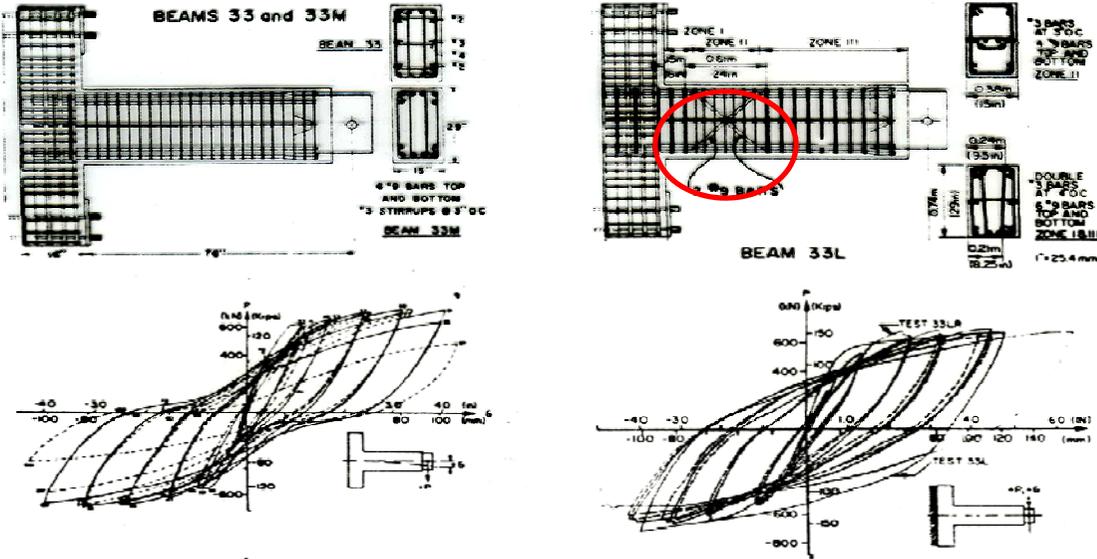




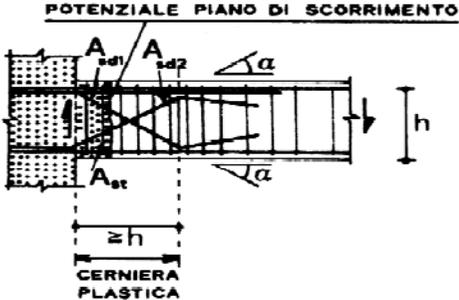
# ROTTURA (FRAGILE) A TAGLIO



Pilastro tozzo

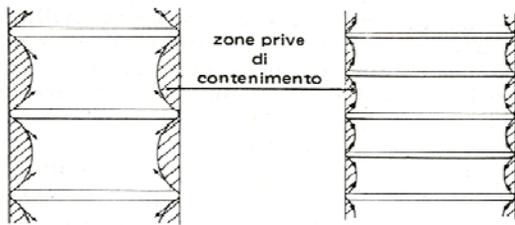
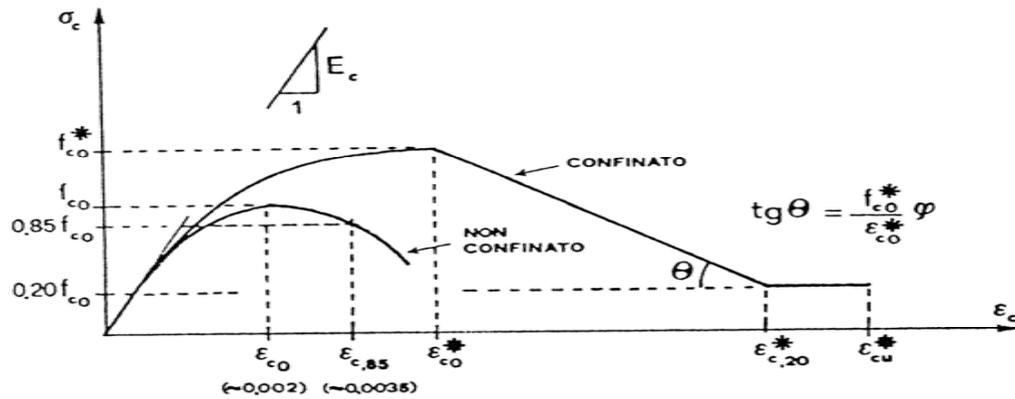


Armature diagonali nelle regioni critiche

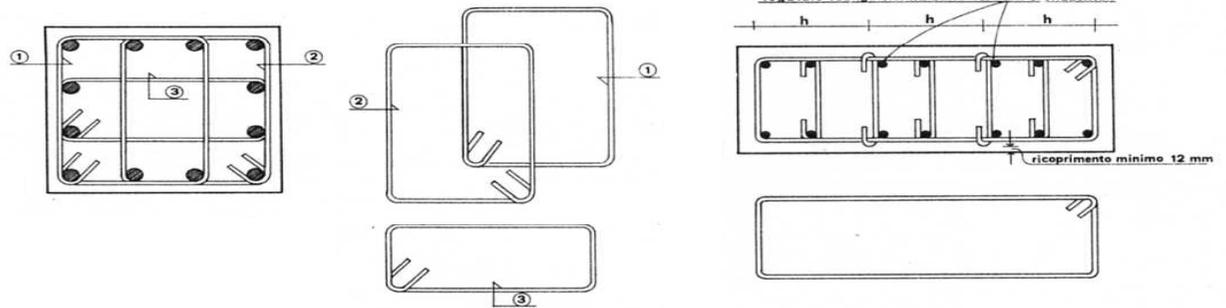


# DUTTILITA' LOCALE

## Influenza della staffatura: confinamento del calcestruzzo

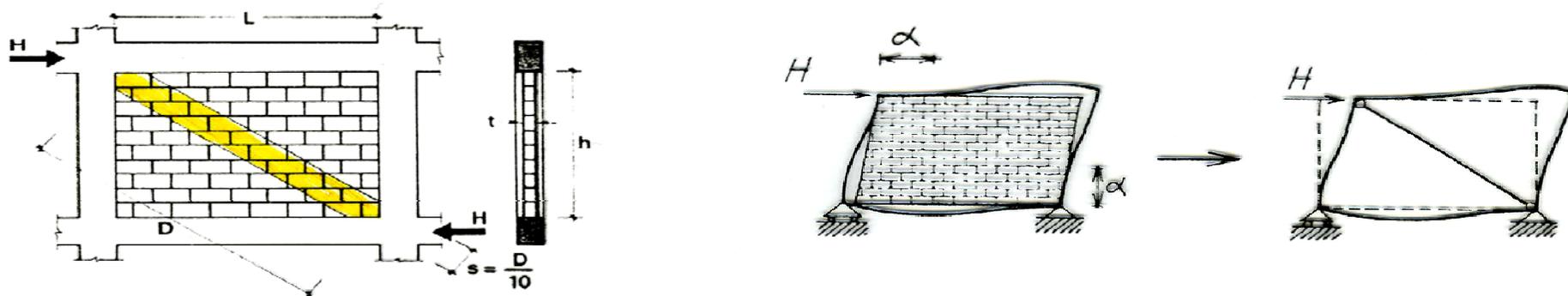


SEZIONI VERTICALI, CON DIVERSI INTERASSI

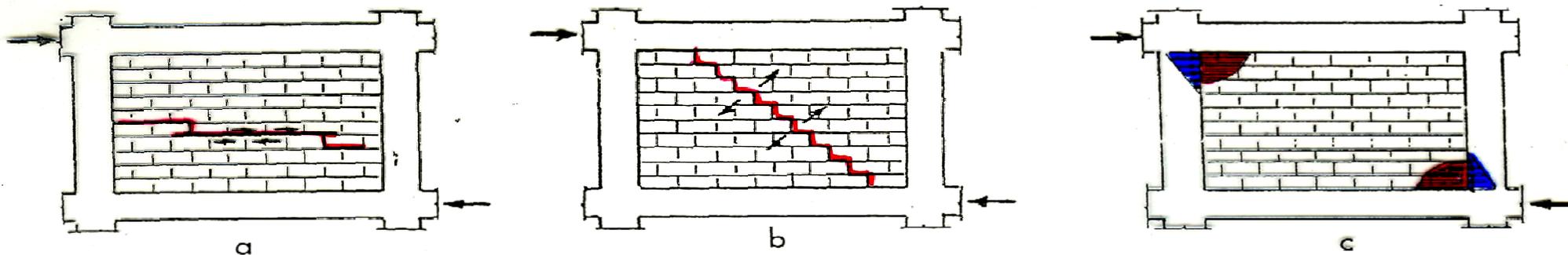


# INFLUENZA DELLE TAMPONATURE

## Biella equivalente



## Meccanismi di rottura



## DANNI DELLE TAMPONATURE

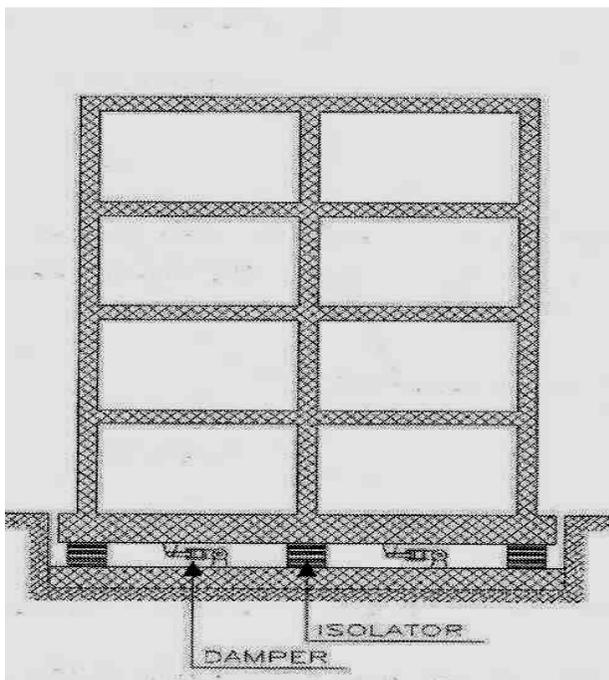
Terremoto dell'Aquila – 6 aprile 2009

---

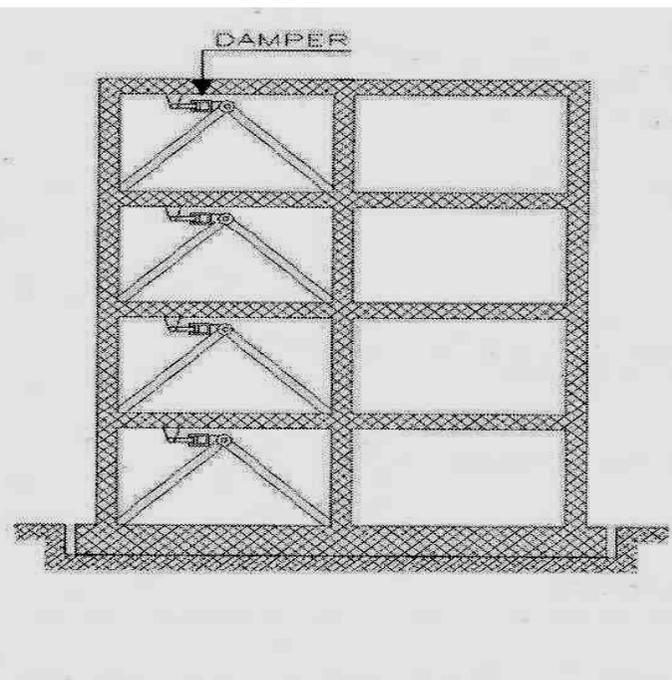


# TECNICHE MODERNE DI PROTEZIONE SISMICA

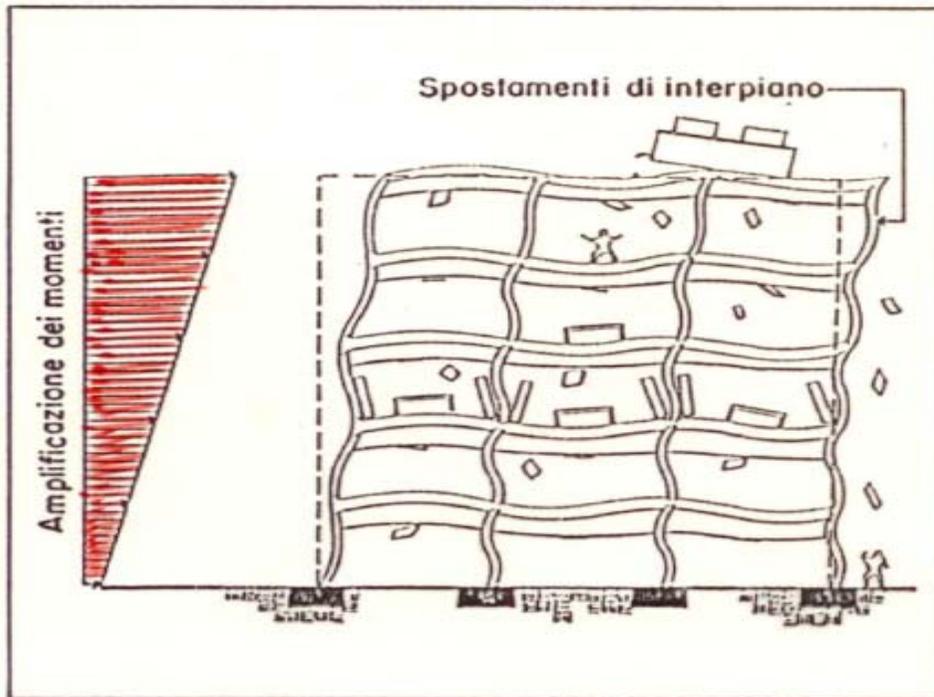
ISOLAMENTO



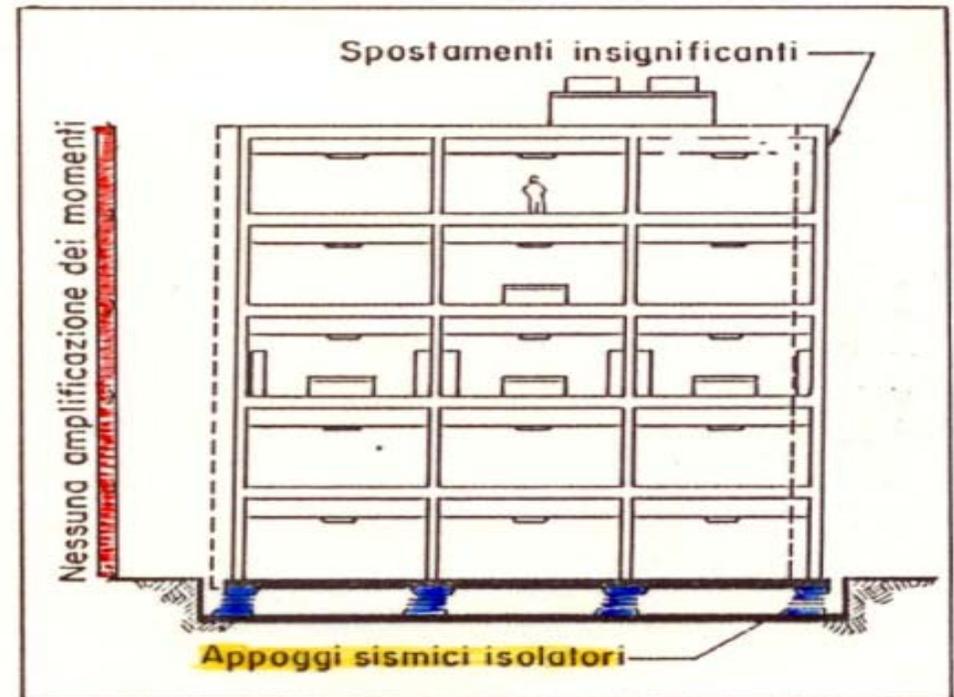
DISSIPAZIONE SUPPLEMENTARE



## A BASE FISSA

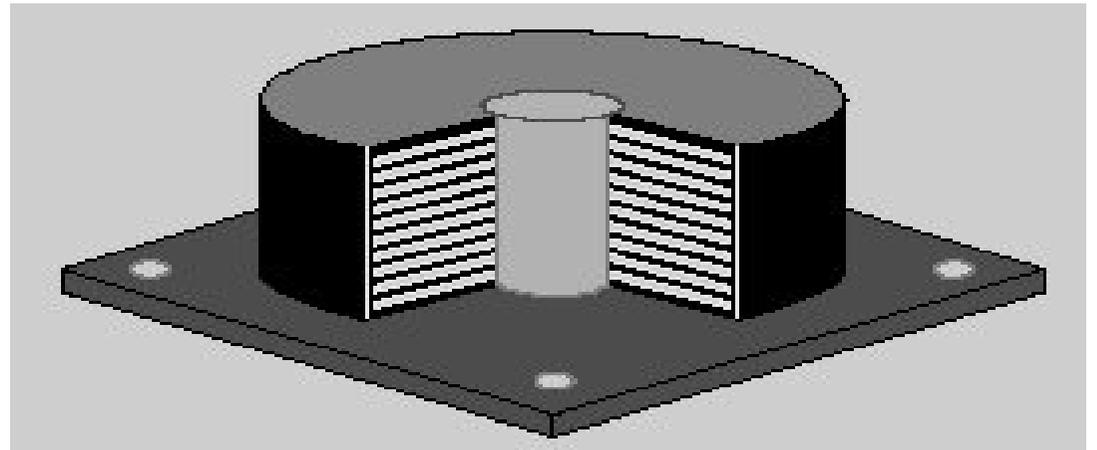
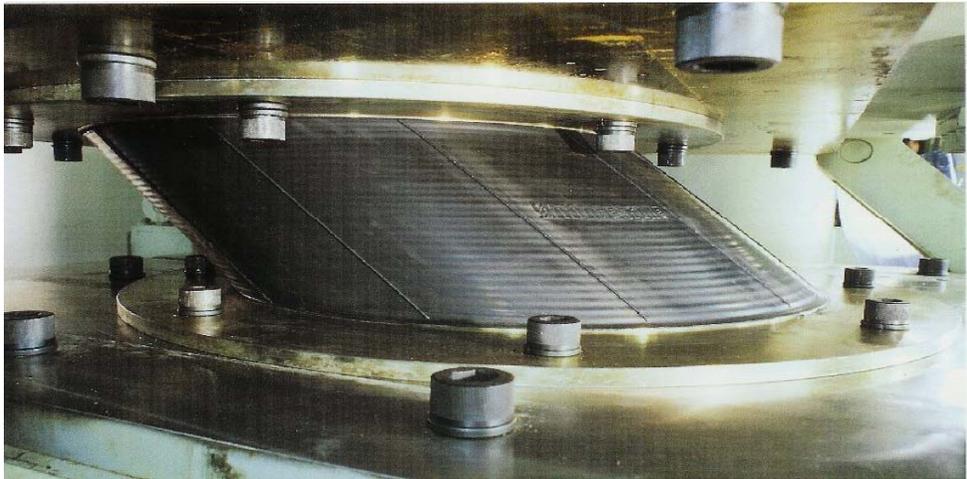


## ISOLATA ALLA BASE



# ISOLATORI

(semplici o con dissipatore in piombo)



# ISOLATORI A “PENDOLO SCORREVOLE”

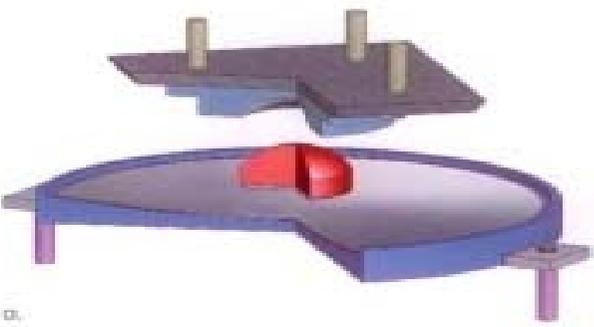
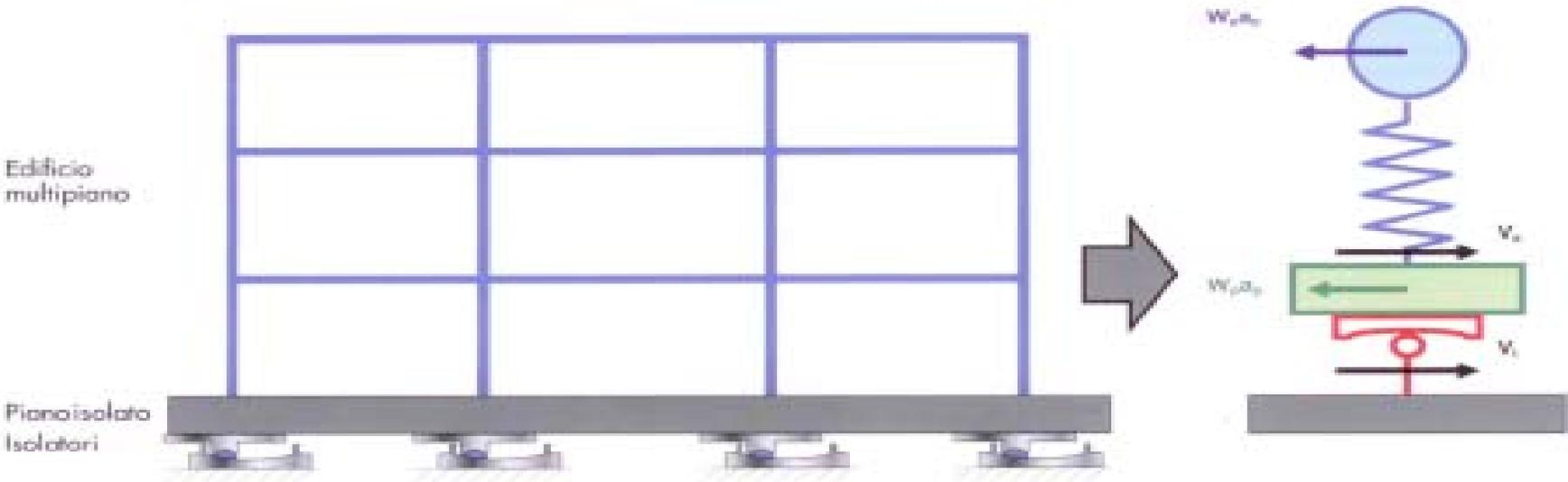


Fig. 2  
Schemi tridimensionale (a)  
ed isotropico (b) di un  
isolatore FPS a singola  
curvatura (ALGA, Italy).

Da "Progettazione Sismica" (Calvi et al., 2010)



**Edificio residenziale:**  
**Squillace Marina (CZ), 1992**



## RICOSTRUZIONE (L'Aquila) – Edifici su piastre isolate

---



Uno dei primi schizzi di progetto che illustravano la logica degli edifici realizzati su piastre isolate



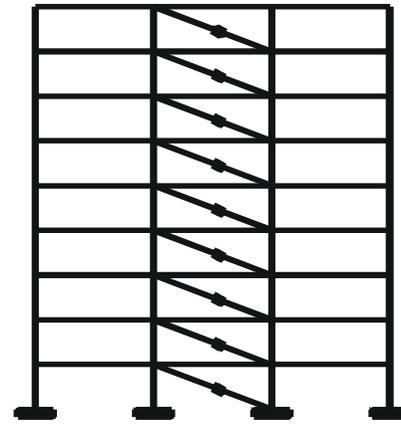
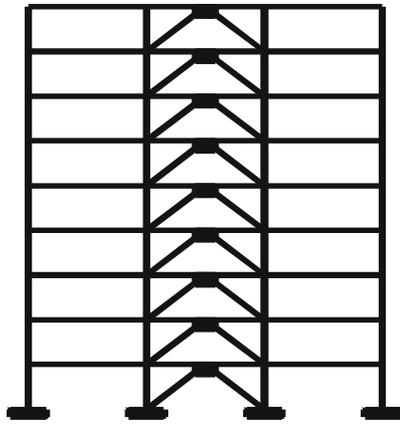
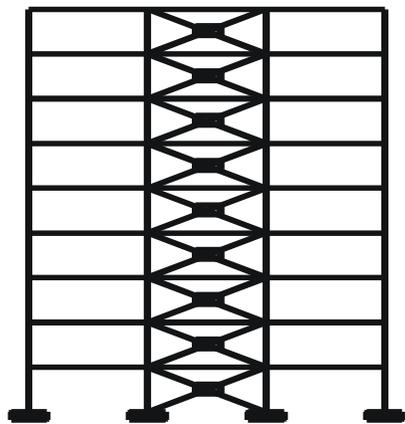
Rendering tridimensionale utilizzato per illustrare l'ipotesi progettuale

*(Da "PROGETTAZIONE SISMICA", n. 03/2009)*



Esempio di edificio completato

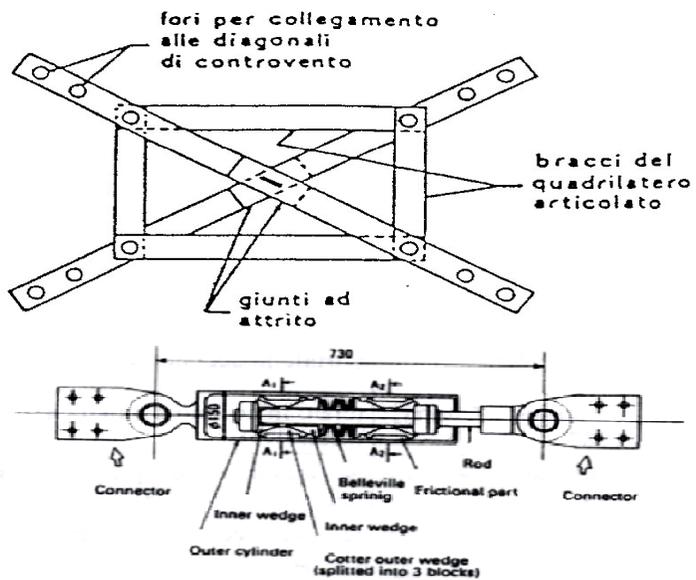
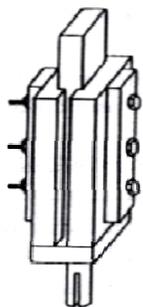
# DISSIPAZIONE SUPPLEMENTARE DI ENERGIA



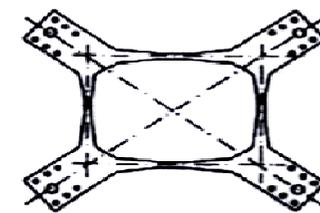
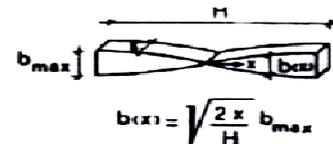
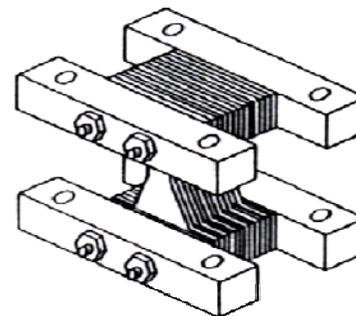
- \* Incremento di rigidezza
- \* Incremento capacità dissipativa / riduzione azioni sismiche
- \* Assorbimento di una parte delle azioni sismiche

# TIPOLOGIE DI DISSIPATORI

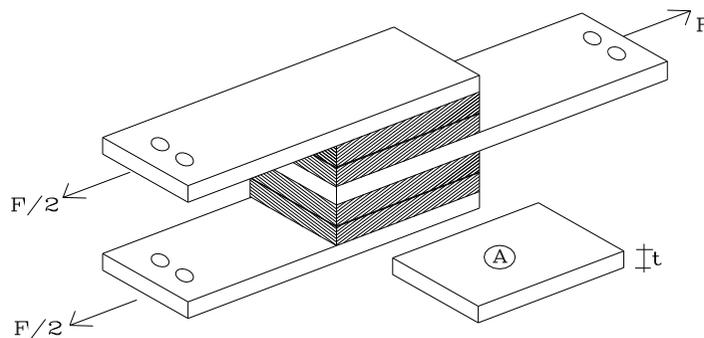
## Ad attrito



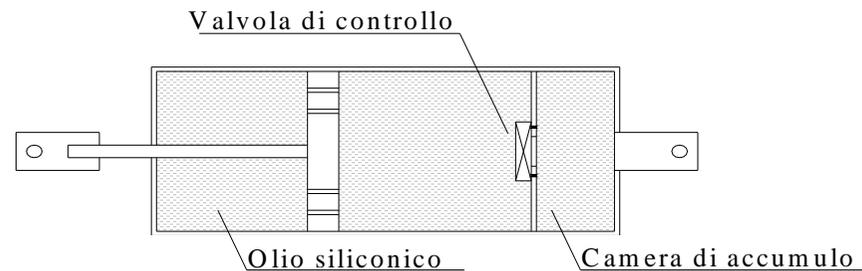
## Isteretici (plasticizzazione)



## Viscoelastici



## Viscosi



# COSTRUZIONI ESISTENTI

**CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 - CSLP**

**Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018**

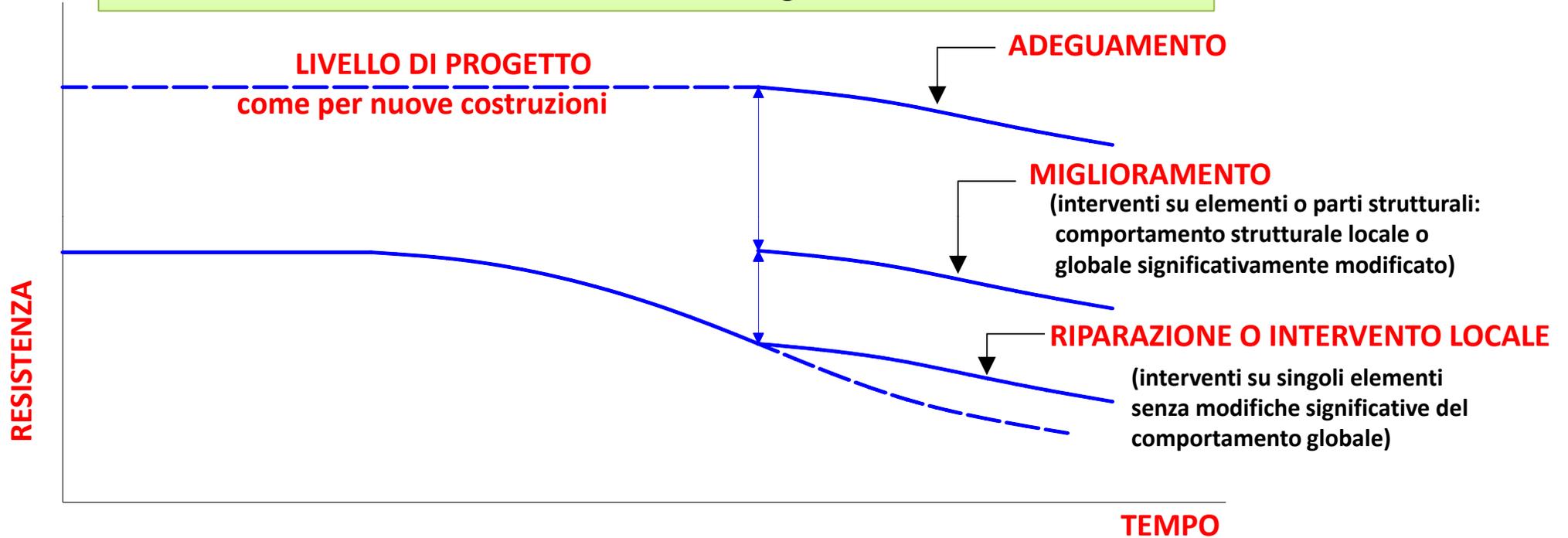
## **C8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI**

**C8.4.1. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO**

**C8.4.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO**

**C8.4.3 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE**

## COSTRUZIONI ESISTENTI – Strategie d'intervento



### INTERVENTI

#### Con modifica di:

- Masse
- Rigidezze
- Resistenze
- Duttività

#### Con inserimento di:

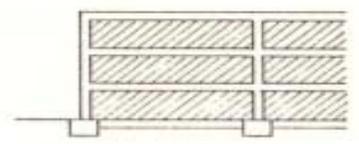
- Nuovi elementi
- Incatenamenti (edifici in muratura)
- Isolamento
- Dissipazione supplementare

EDIFICI IN C. A.

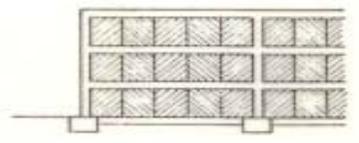
a) AUMENTO DI RESISTENZA



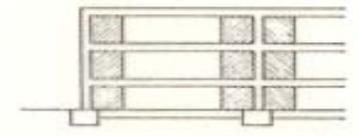
PARETE IN BLOCCHI



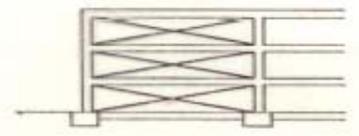
LASTRE IN C.A.



PANNELLI MULTIPLI

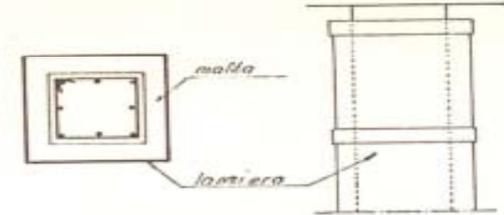


ALLARGAMENTO PILASTRI  
CON MURI D'ALA

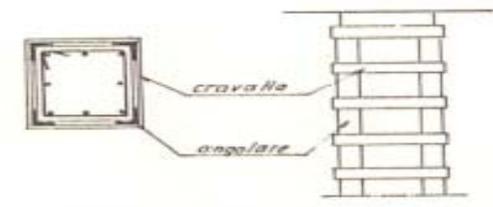


CONTROVENTI RETICOLARI

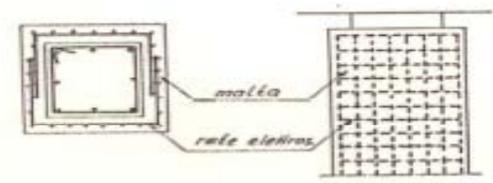
b) AUMENTO DI DUTTILITA'



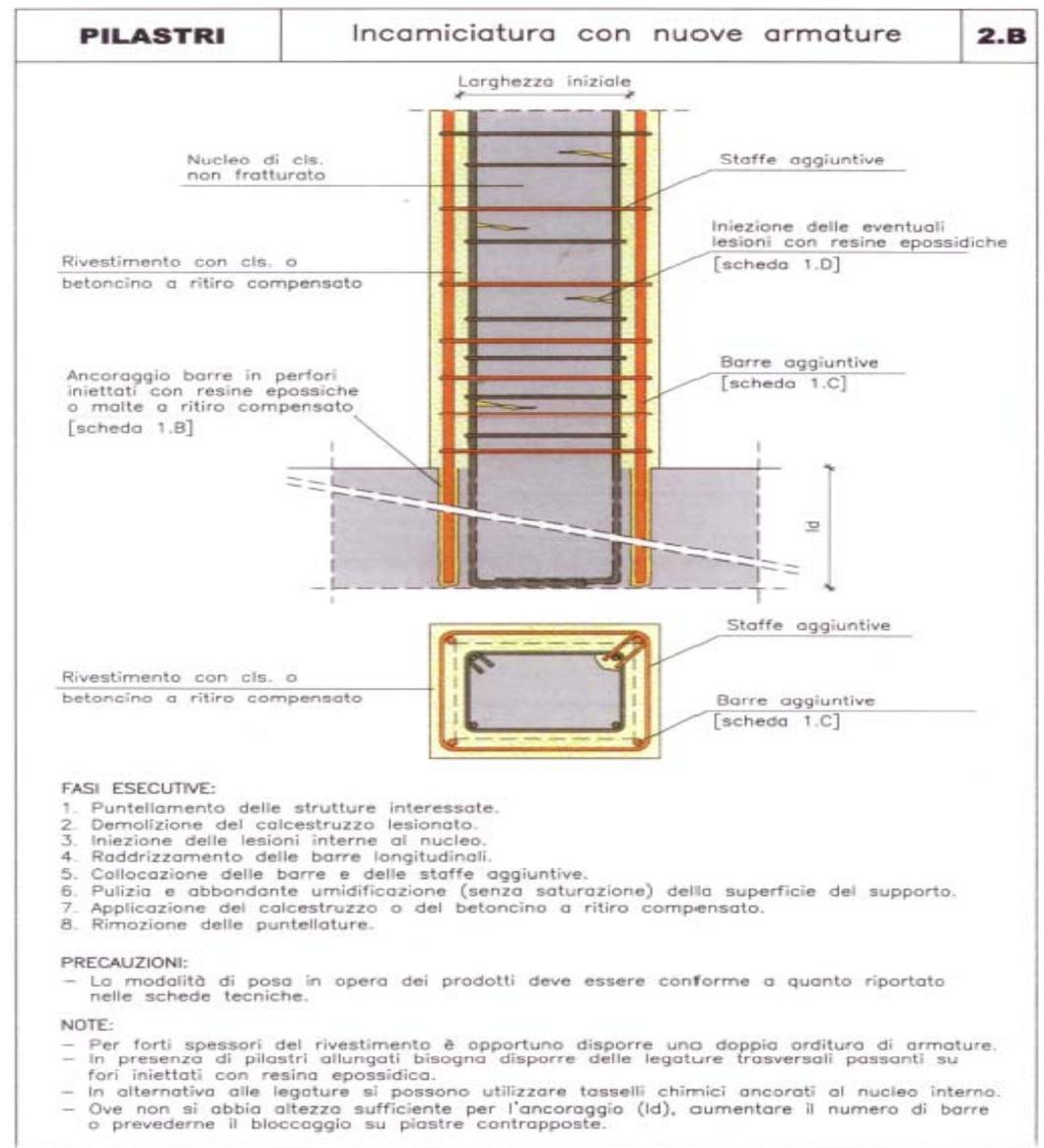
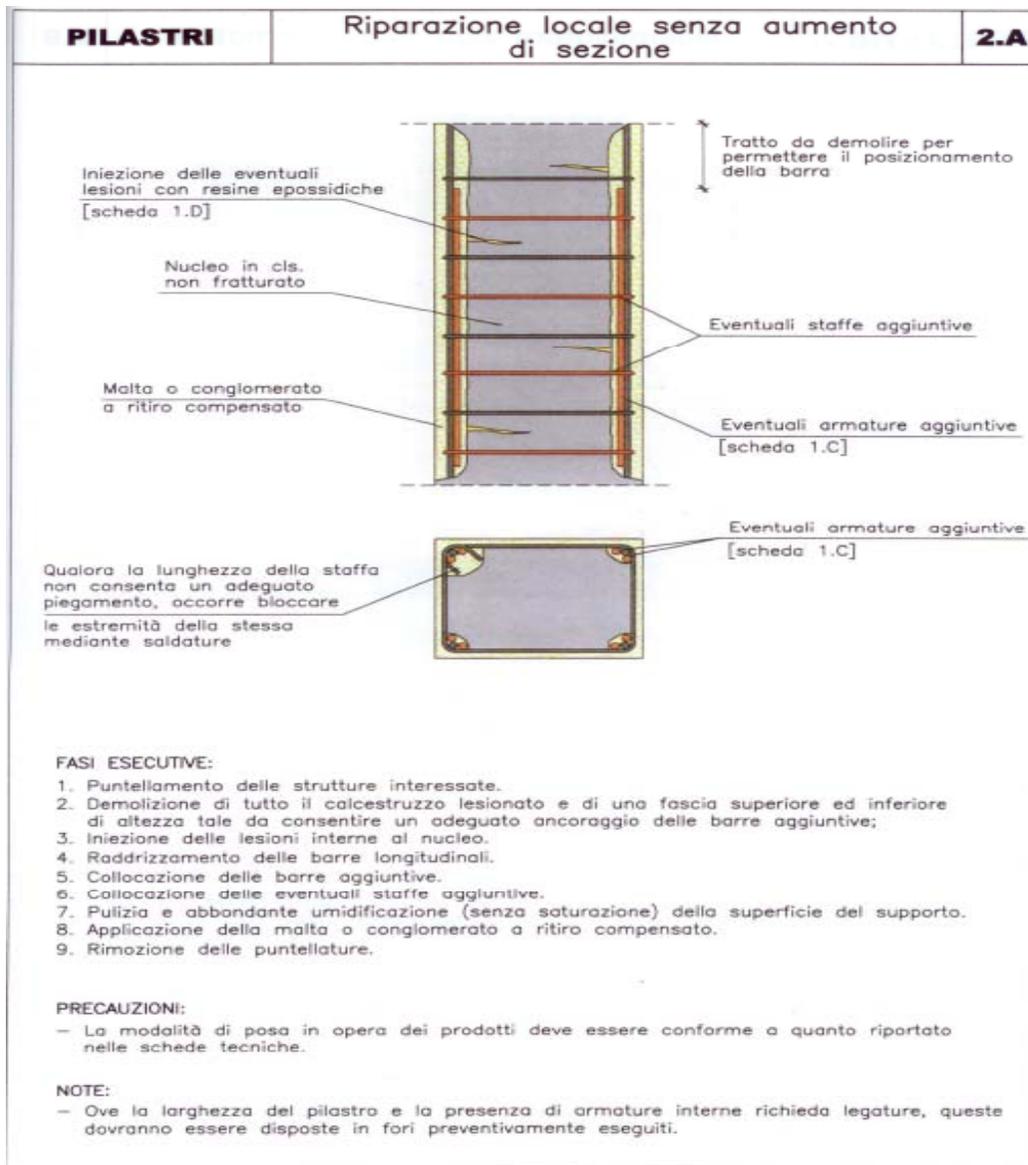
RIVESTIMENTO CONTINUO IN ACCIAIO

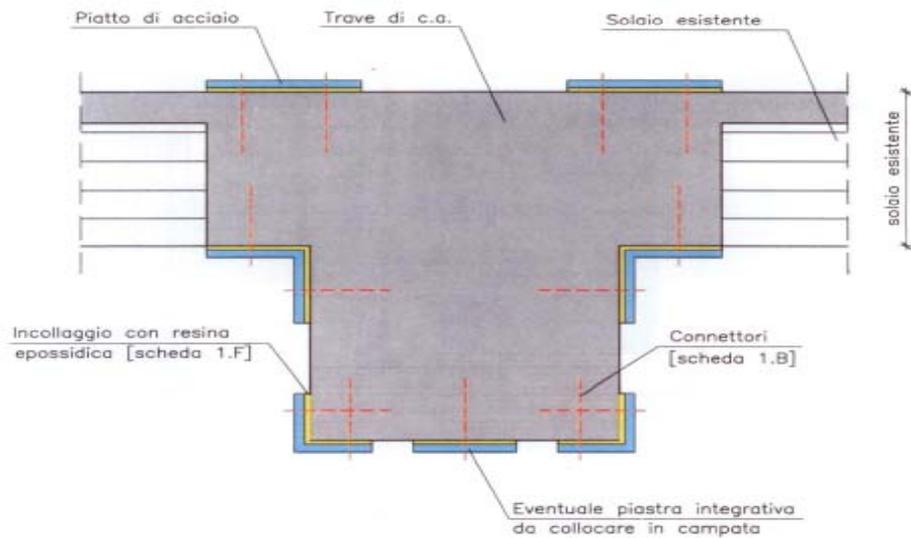


RIVESTIMENTO CON ANGOLARI E CRAVATTE



RIVESTIMENTO CON RETE ELETTROSALDATA  
E MALTA



**FASI ESECUTIVE:**

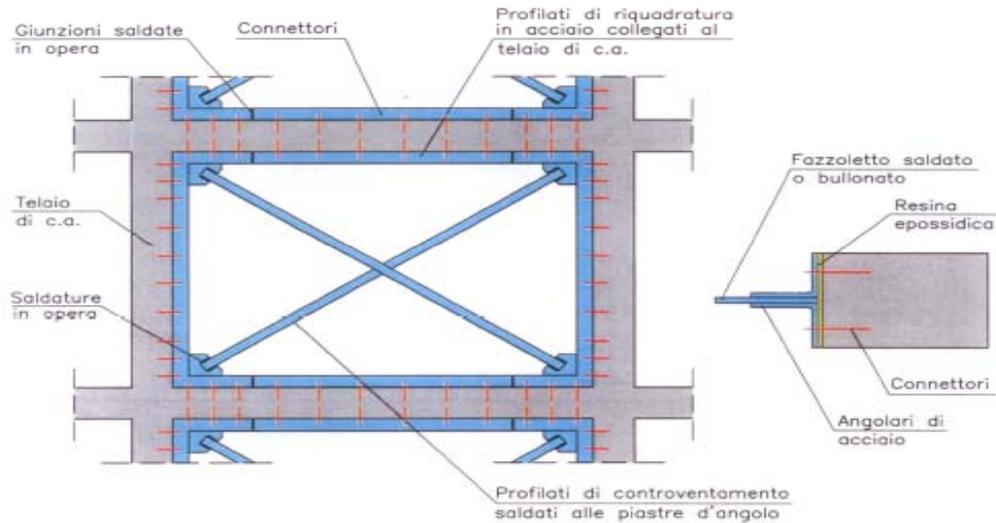
1. Puntellamento della trave e, se necessario, delle strutture interessate.
2. Demolizione delle parti superficiali di calcestruzzo danneggiato o degradato.
3. Preparazione delle superfici del supporto.
4. Fissaggio delle lamiere.
5. Collocazione dei connettori.
6. Rimozione delle puntellature.
7. Protezione delle lamiere con vernice anticorrosiva.
8. Protezione delle lamiere dal fuoco con rivestimento isolante.

**PRECAUZIONI:**

- Lo spessore delle resine di incollaggio deve essere ridotto ( $\leq 2-3$  mm).
- La modalità di posa in opera dei prodotti deve essere conforme a quanto riportato nelle schede tecniche.

**NOTE:**

- Se nella trave sono presenti fessurazioni occorre procedere prima alla loro iniezione e successivamente al placcaggio.

**TELAI****Rinforzo con profilati di acciaio:  
controventamento a spessore di telaio****6.B****FASI ESECUTIVE:**

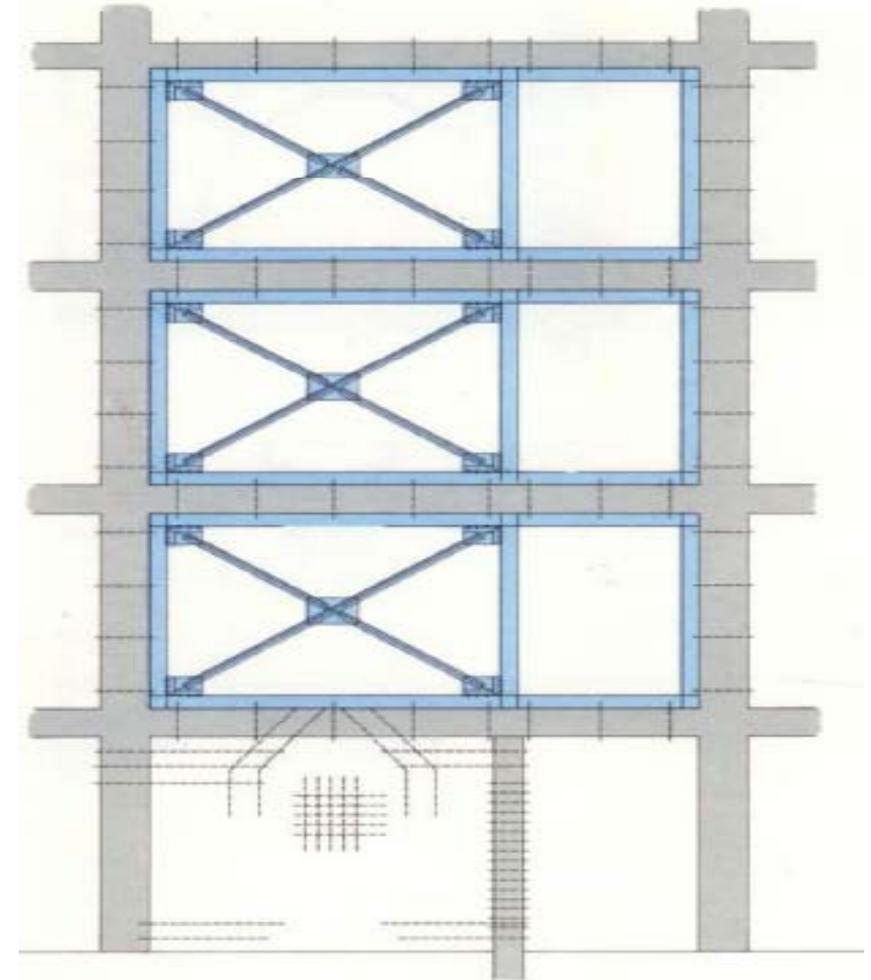
1. Demolizione delle tamponature, dei tramezzi e dell'intonaco di rivestimento interno del telaio.
2. Preparazione delle superfici interessate dall'incollaggio dei profilati di riquadratura.
3. Collocazione in opera dei profilati di riquadratura.
4. Collocazione dei connettori realizzati con bulloni su perfori iniettati.
5. Iniezione dell'intercapedine tra la riquadratura ed il telaio con resina epossidica.
6. Collocazione dei profilati di controventamento saldati ai fazzoletti d'angolo.
7. Applicazione di prodotti protettivi anticorrosione.
8. Rivestimento delle strutture di acciaio e loro eventuale protezione dal fuoco.

**PRECAUZIONI:**

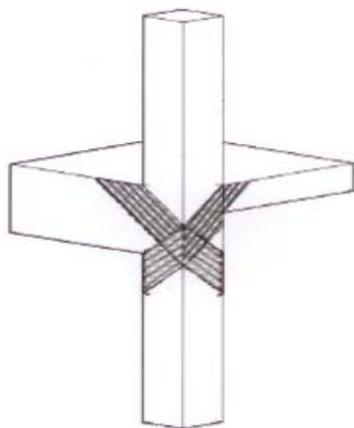
- Posizionare i profilati in modo che l'intersezione degli assi coincida con il centro del nodo.
- La modalità di posa in opera dei prodotti deve essere conforme a quanto riportato nelle schede tecniche.

**NOTE:**

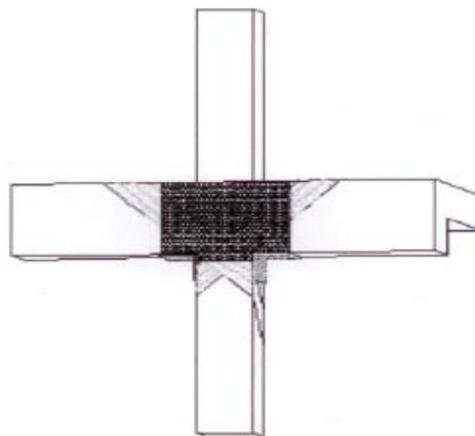
- I profilati di riquadratura possono consentire un notevole rinforzo di travi e pilastri del telaio per cui i connettori vanno conseguentemente dimensionati.
- Si possono adottare schemi di controventamento diversi:



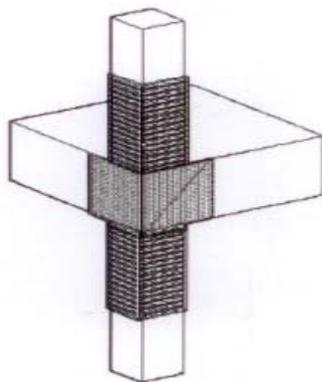
## INTERVENTI LOCALI CON MATERIALI COMPOSITI (FRP)



Fasce con tessuto metallico monodirezionale su nodo d'angolo



Tessuto quadriassiale in fibra di carbonio sul pannello di nodo

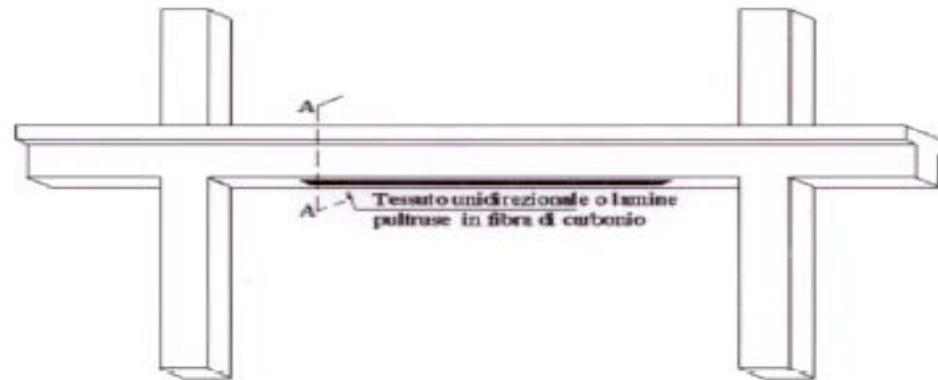


Confinamento delle estremità di pilastri

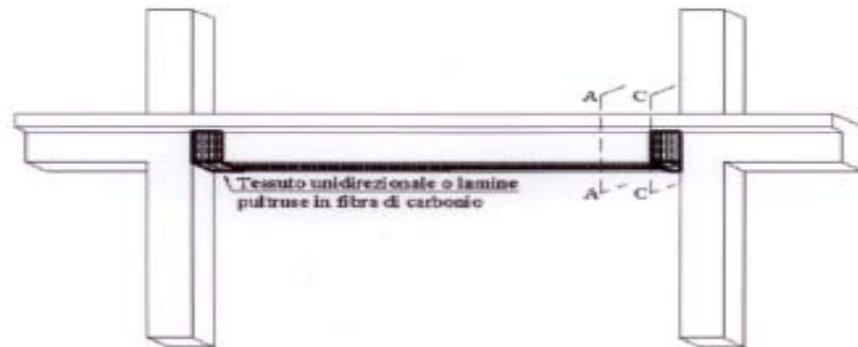


Rinforzo a taglio (ad U) delle estremità delle travi

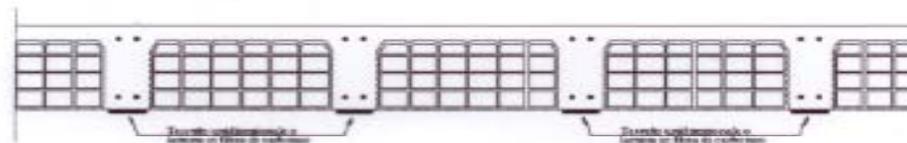
(da Linee guida RELUIS)



Rinforzo a flessione con compositi di una trave in c.a.



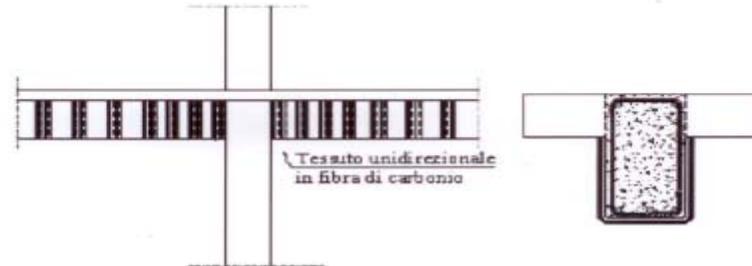
Rinforzo a flessione di una trave in c.a. con ancoraggi di estremità



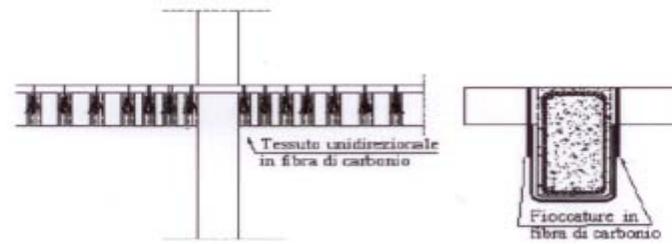
Rinforzo a flessione con compositi di un solaio latero-cementizio

(da Linee guida RELUIS)

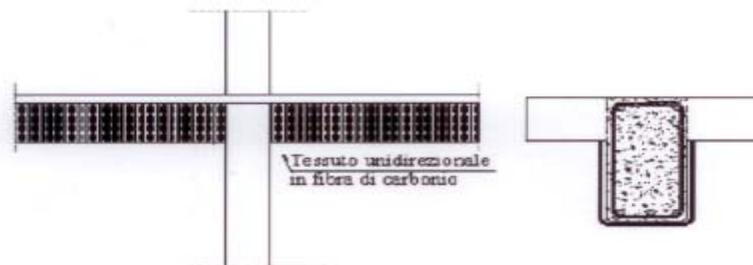
## RINFORZO A TAGLIO CON COMPOSITI DI UNA TRAVE IN C.A.



(a) Rinforzo discontinuo



(b) Rinforzo discontinuo con flocature di ancoraggio

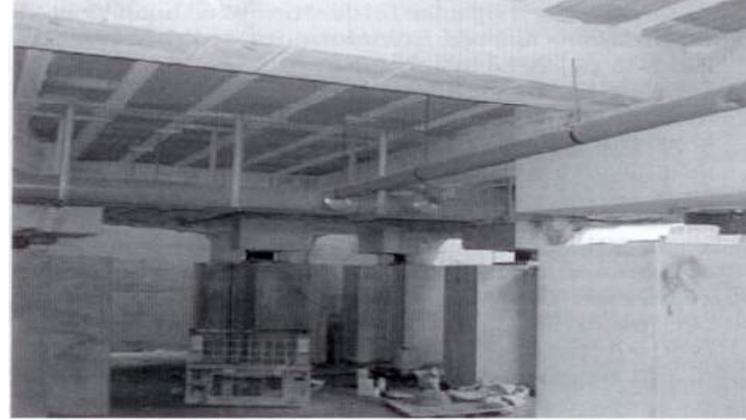


(c) Rinforzo continuo

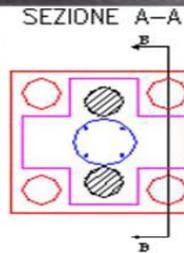
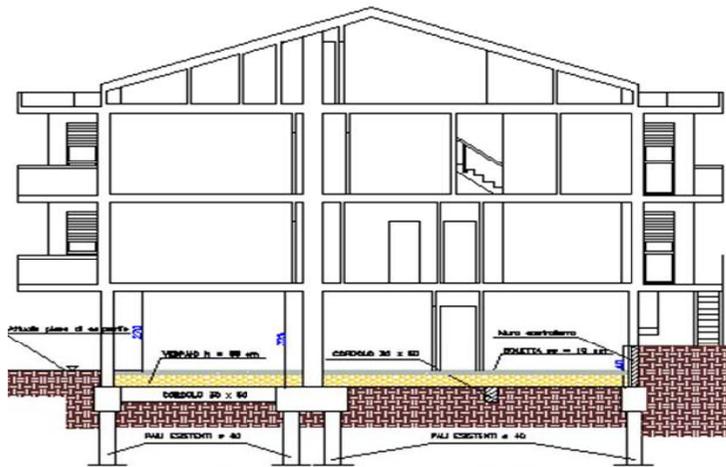
(da Linee guida RELUIS)

## ADEGUAMENTO SISMICO MEDIANTE ISOLAMENTO (Fabriano, AN)

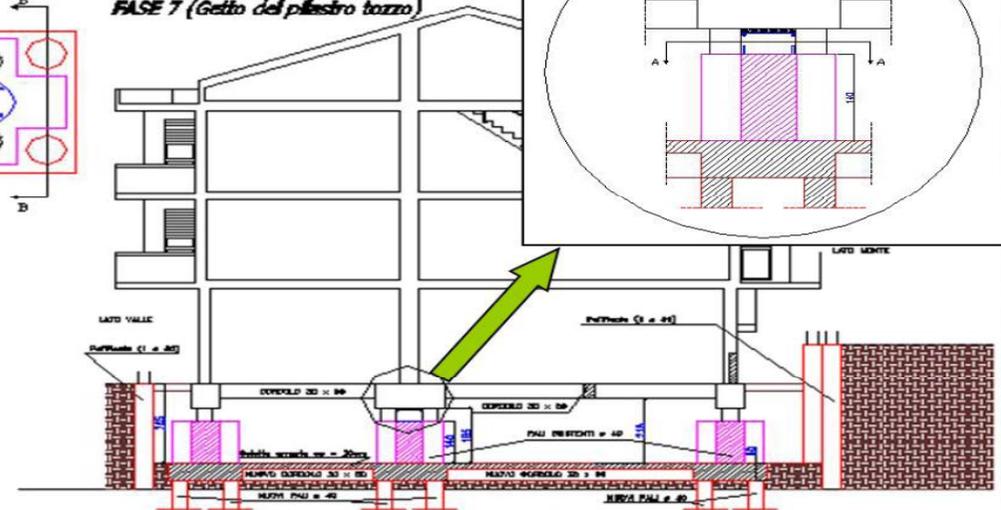
Edificio in c.a., danneggiato dal sisma umbro-marchigiano del 1997-98 e, successivamente adeguato inserendo isolatori elastomerici ad alto smorzamento (Ing. Giuseppe Mancinelli)



**FASE 0 (Situazione attuale)**

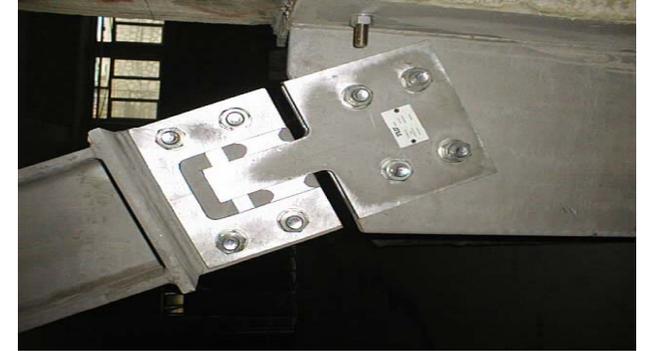
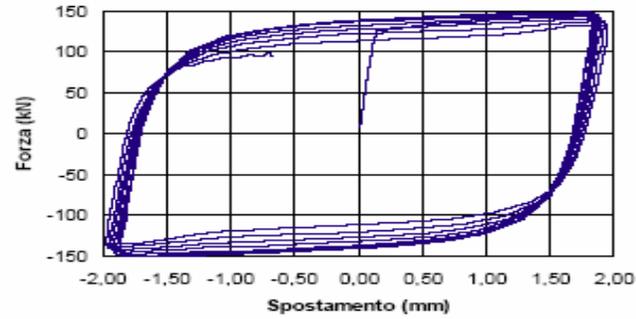
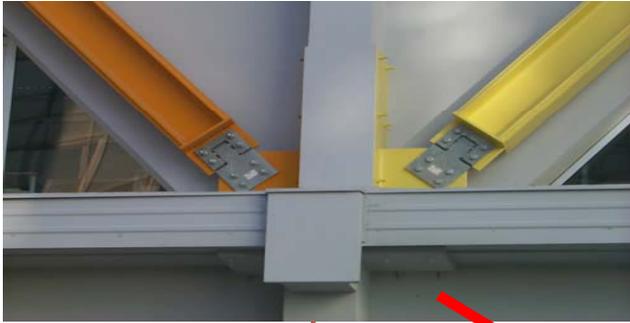


**FASE 7 (Getto del pilastro tozzo)**



# CONTROVENTI CON DISSIPATORI ISTERETICI

Scuole Domiziano Viola e La Vista, Potenza



## **ESEMPI DI APPLICAZIONE DI CONTROVENTI CON DISSIPATORI VISCOELASTICI**

**Scuola Media Gentile-Fermi, Fabriano**

---



## CONTROVENTI CON DISSIPATORI ISTERETICI (BRAD)

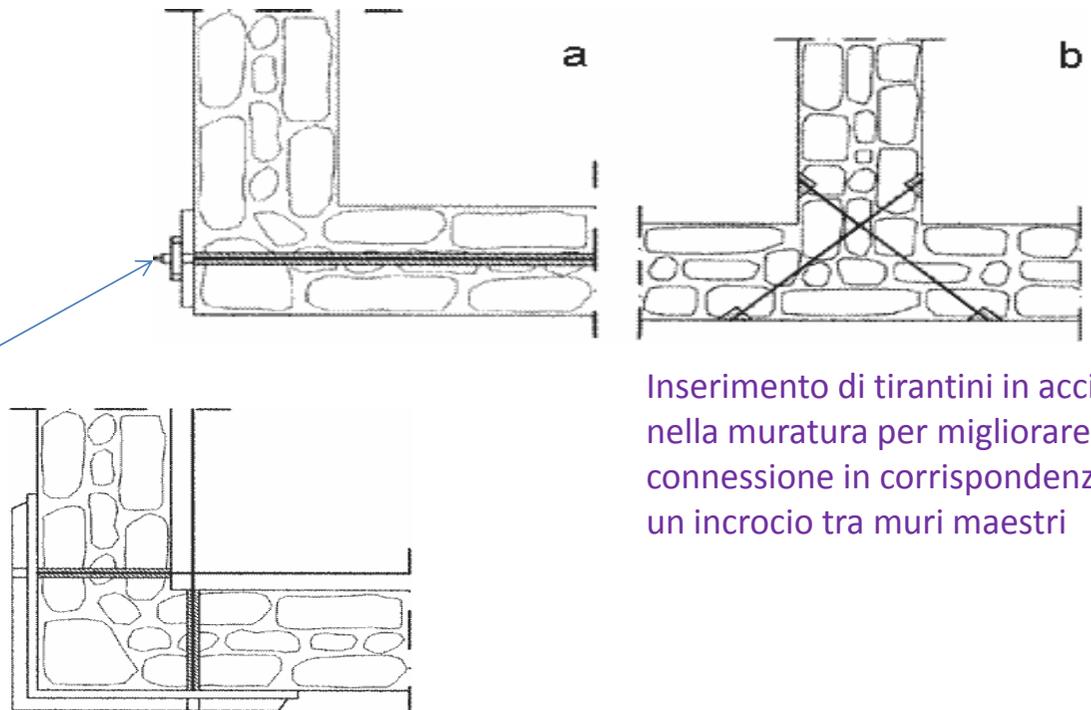
Scuole Elementare Statale, Soverato (CZ)



# EDIFICI IN MURATURA

## STRUTTURA PORTANTE VERTICALE in muratura con catene e tiranti

Inserimento di catene in acciaio all'interno della muratura o alla quota degli impalcati per aumentare la connessione della scatola muraria

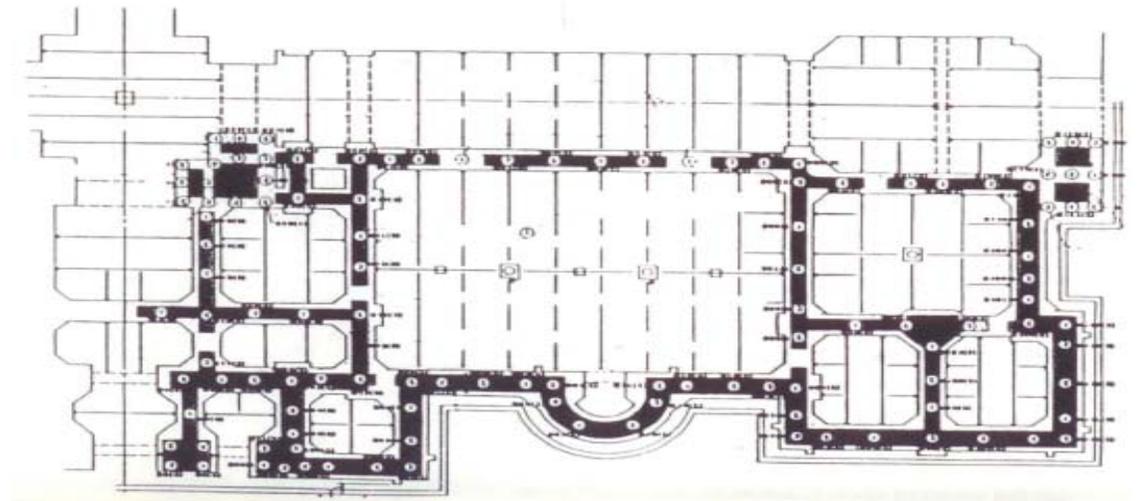
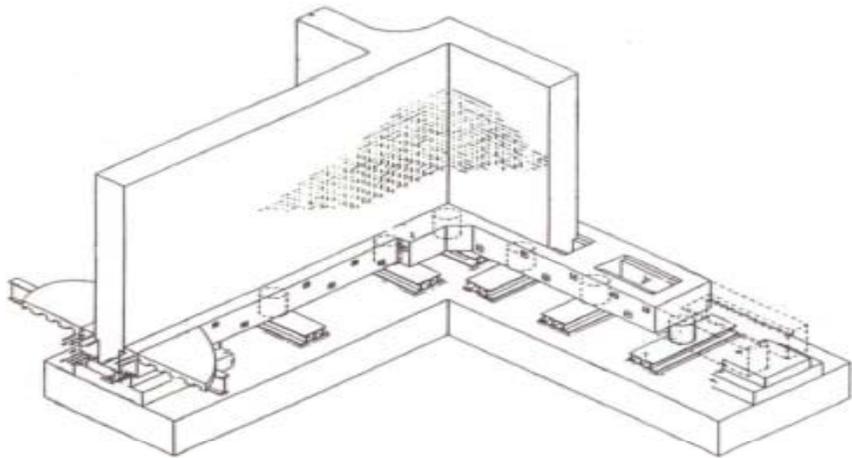


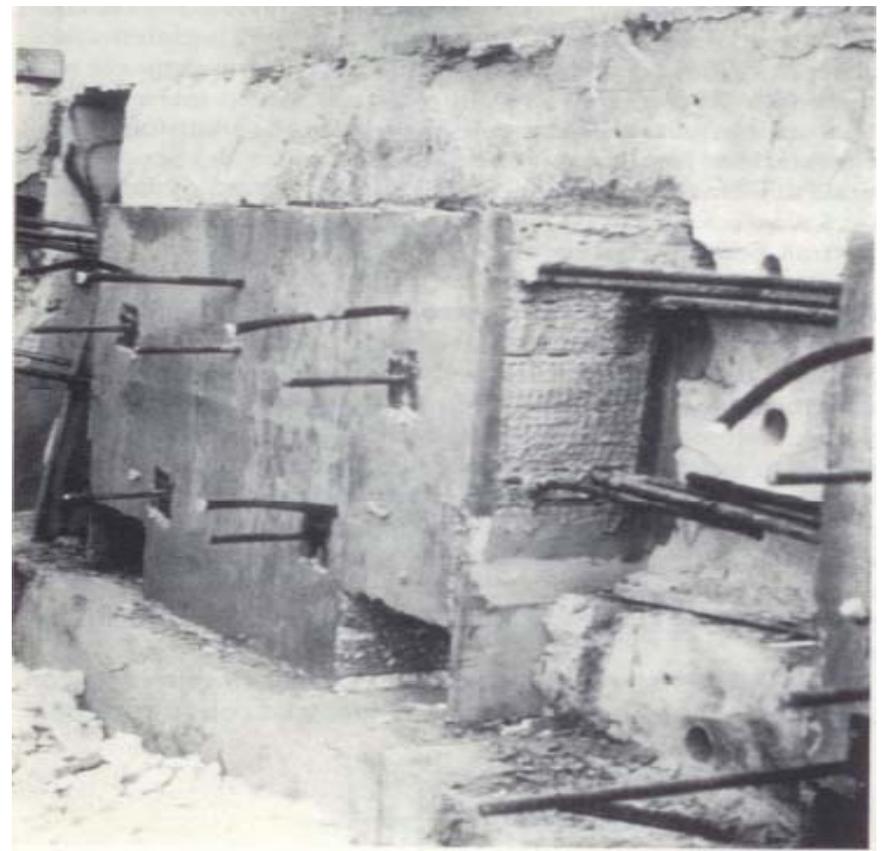
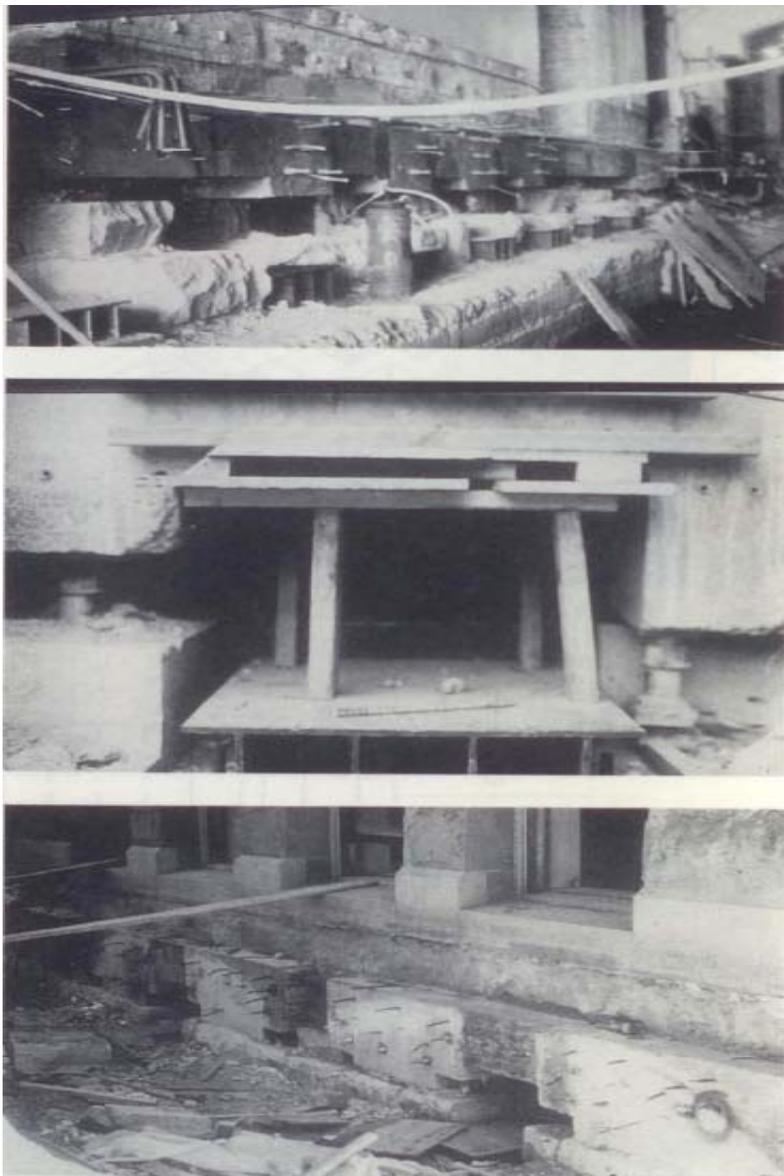
Inserimento di tirantini in acciaio nella muratura per migliorare la connessione in corrispondenza di un incrocio tra muri maestri



## ISOLAMENTO SISMICO

Edificio Contea  
Salt Lake City, Utah (USA)

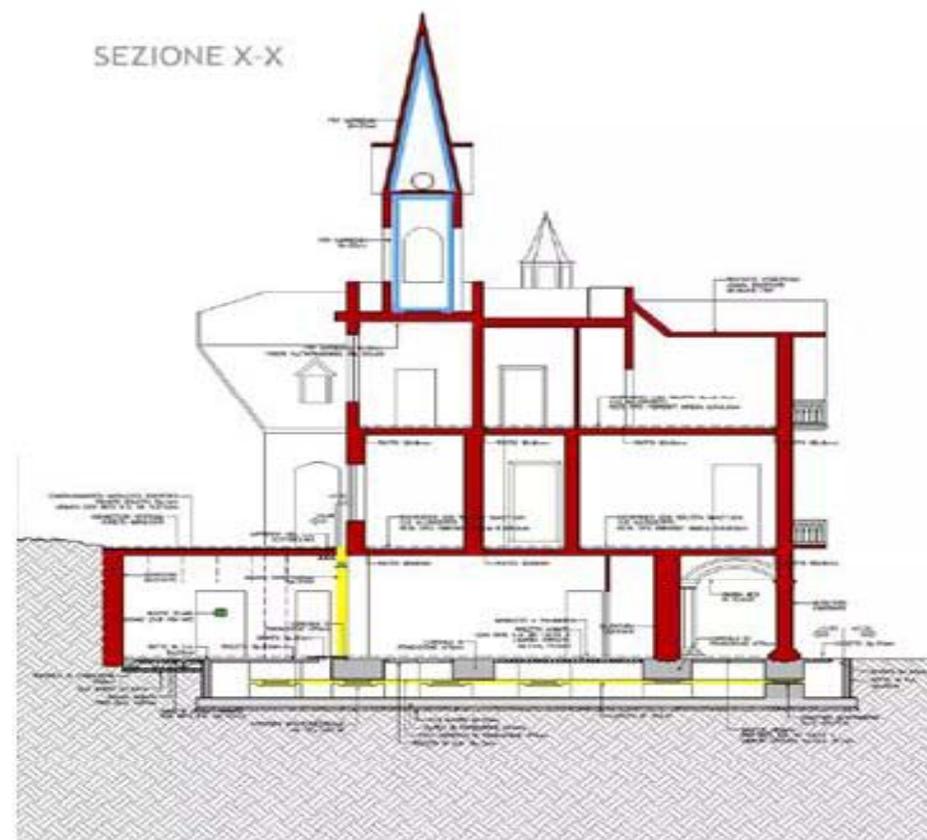
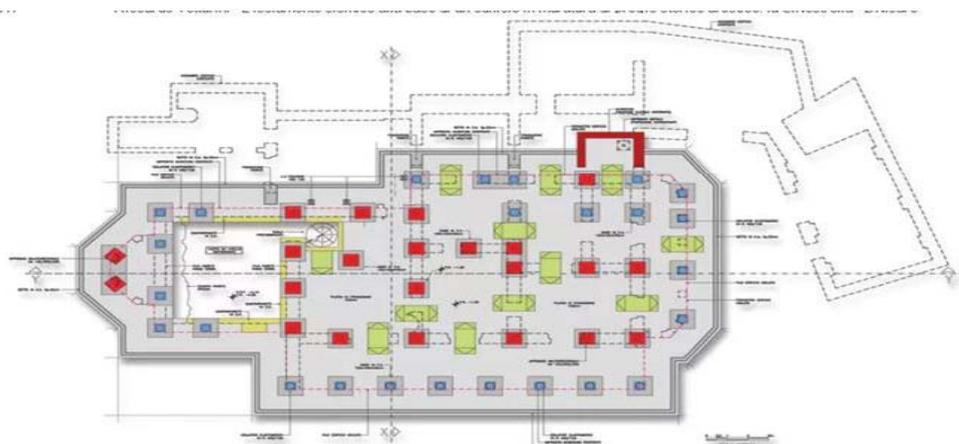




*(da Mazzolani-Mandara, 1992)*

## ISOLAMENTO SISMICO

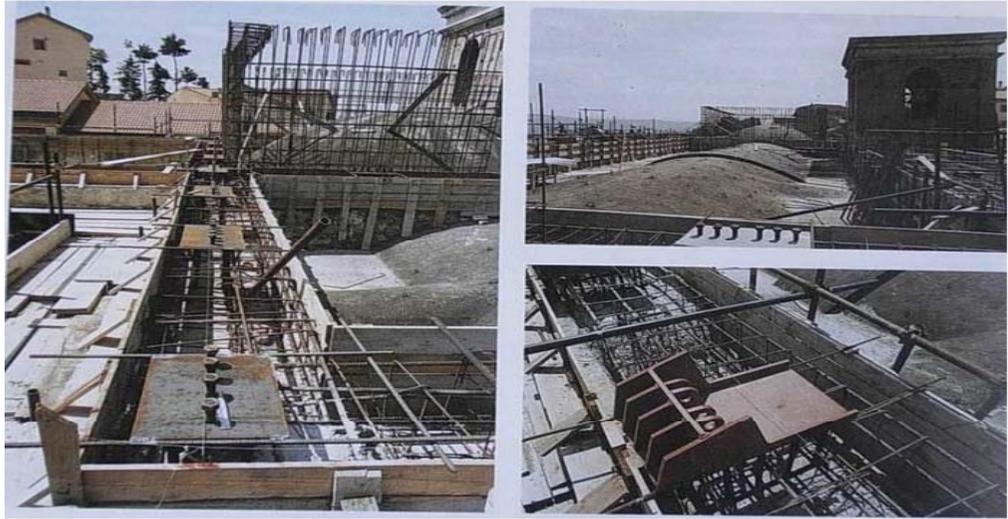
“La Silvestrella”, L’Aquila (Ing. Riccardo Vetturini)



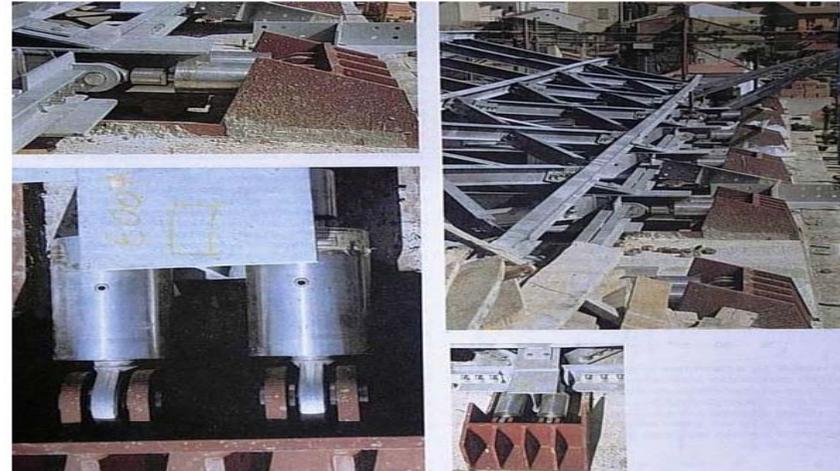
Chiesa Collegiata, Carife (AV): danneggiata dal terremoto del 1980



**RITEGNI  
ANTISISMICI**  
Vincolo provvisorio

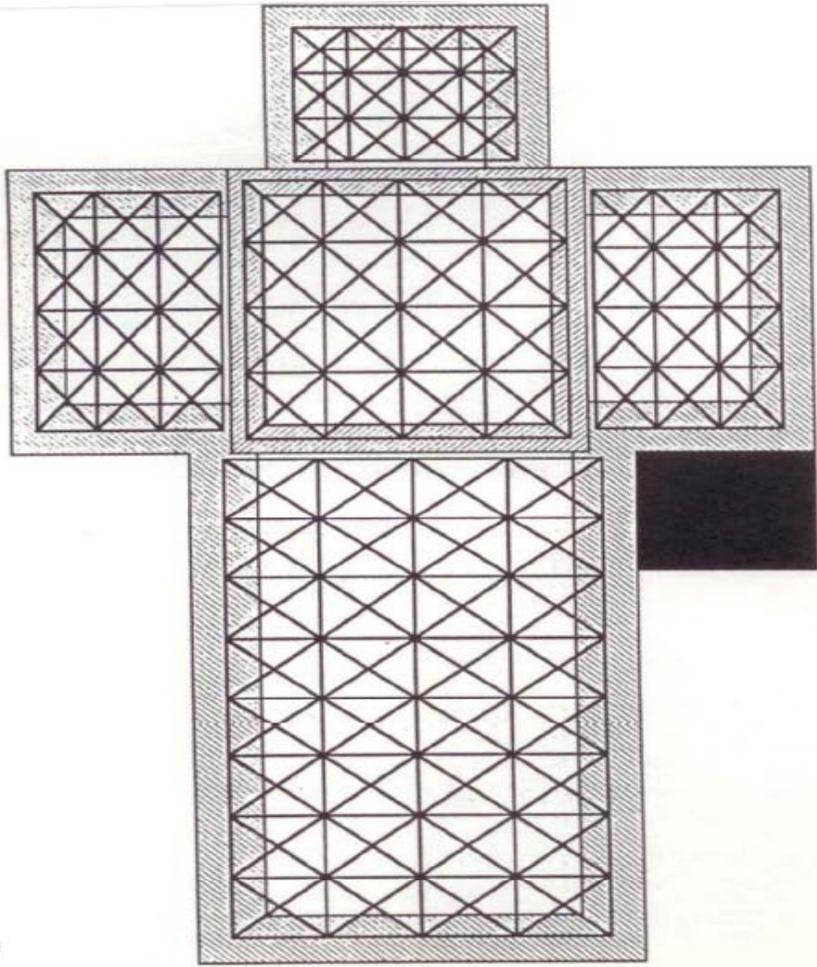


Le strutture che sostengono la volta della Collegiata

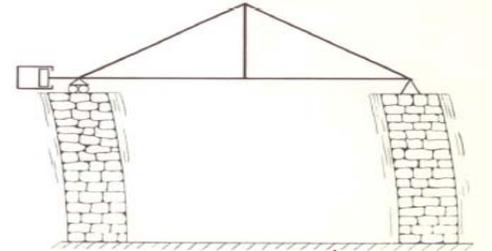
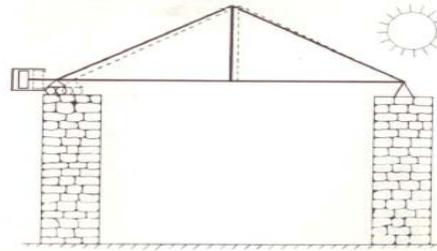
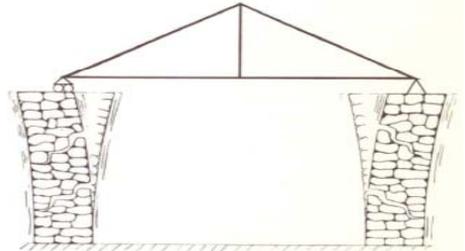
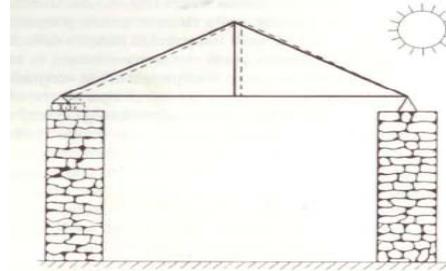
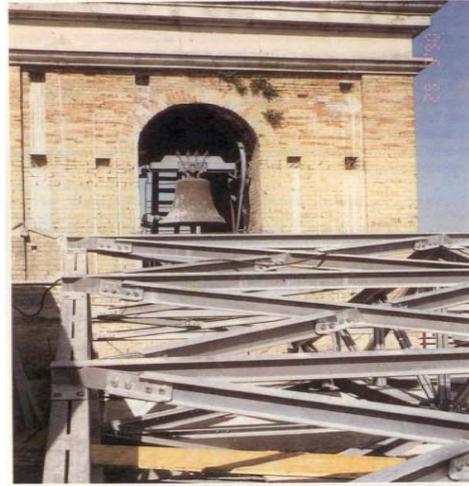


Particolari dei meccanismi e delle strutture che sostengono la volta

(da Mazzolani – Mandara, 1992)



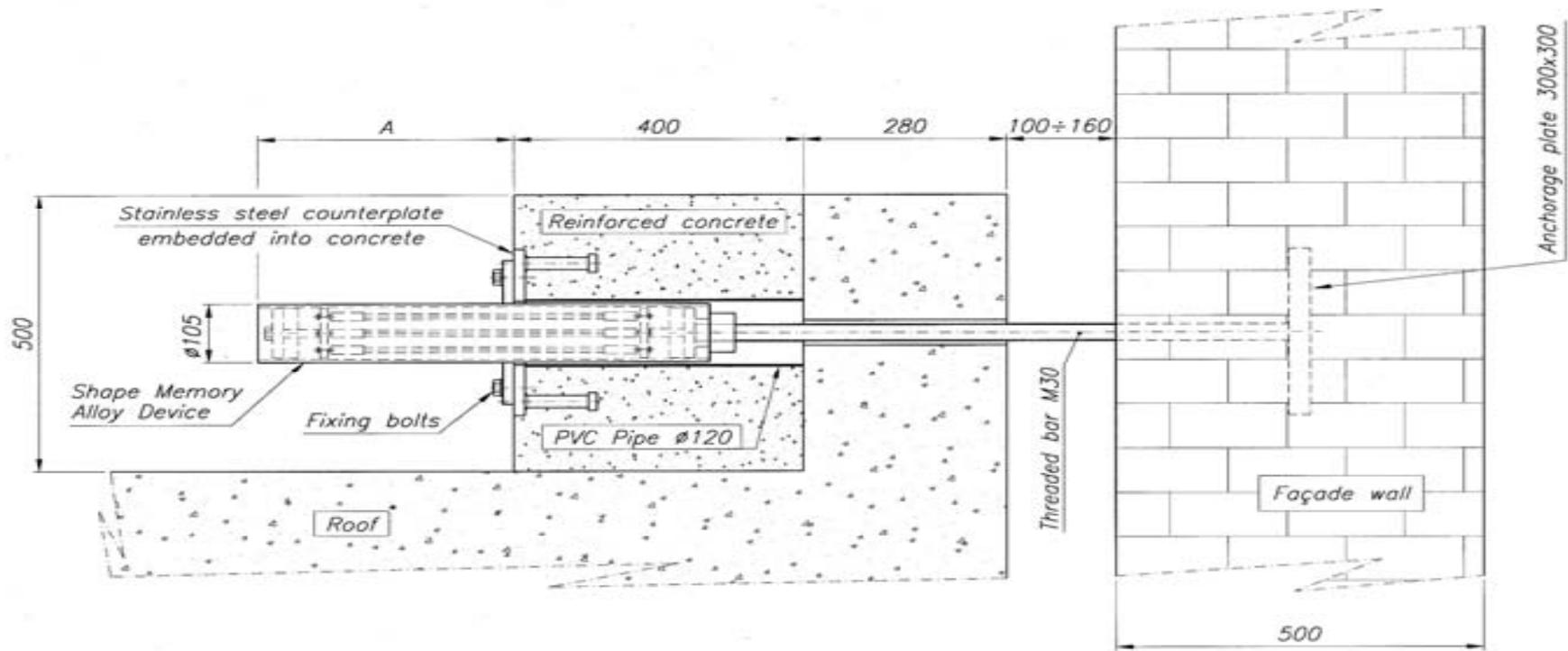
1



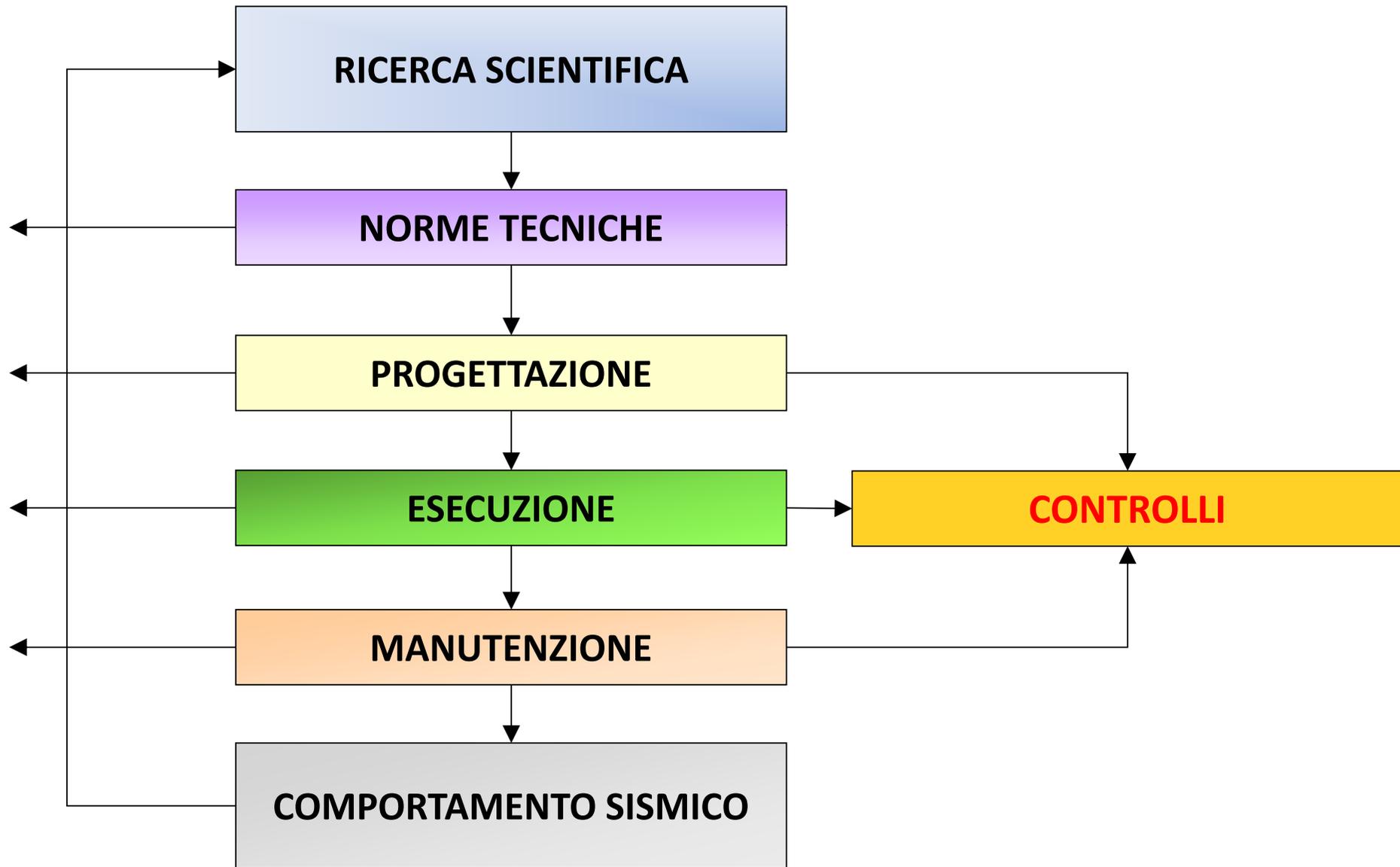
SMA (Assisi - Basilica S. Francesco, dopo il terremoto del 1997)



## Assisi - Basilica S. Francesco (dopo il terremoto del 1997)







## BIM (“Building Information Modeling”)

- Consente di integrare in un unico modello le informazioni utili in ogni fase della progettazione: architettonica, strutturale, impiantistica, energetica e gestionale.
- Vantaggi : maggiore efficienza e produttività, meno errori, meno tempi morti, meno costi, maggiore interoperabilità, massima condivisione delle informazioni, un controllo più puntuale e coerente del progetto.
- Inoltre un progetto BIM dà la possibilità alla committenza di avere un’elaborazione virtuale del ciclo di vita dell’edificio; in questo modo è più semplice monitorare la vetustà dei materiali e programmare meglio la manutenzione.

(da Edilportale)

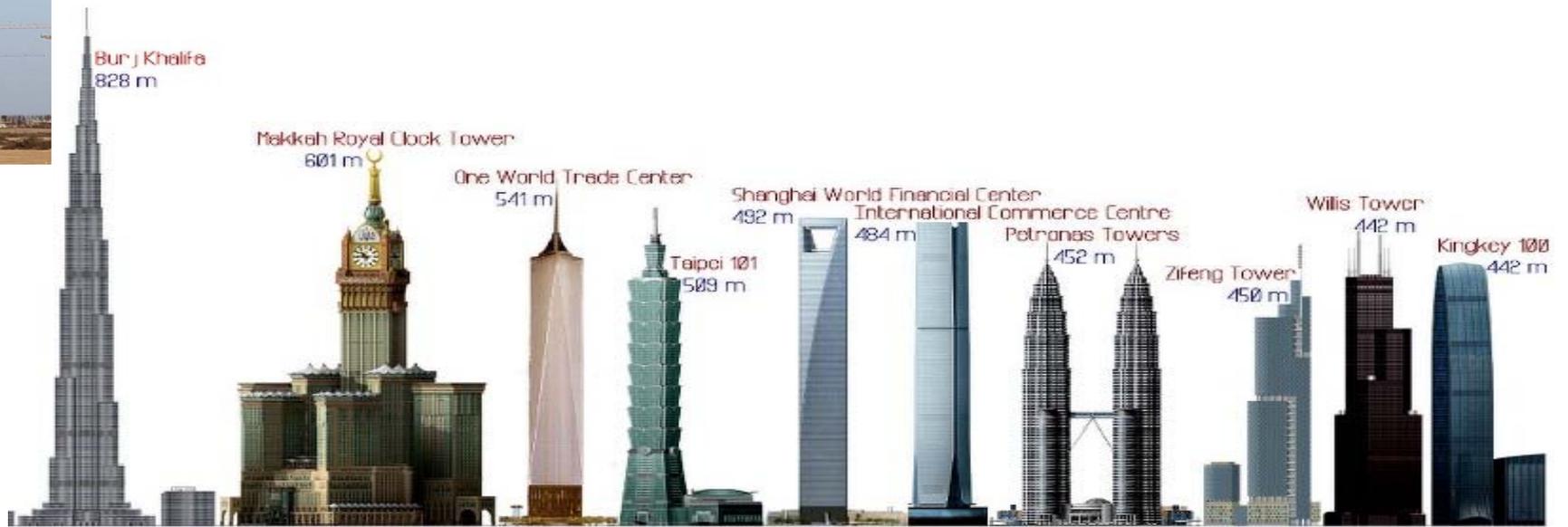
## Jeddah Tower (Gedda, Arabia Saudita)

Altezza 1000 m

In costruzione, completamento previsto nel 2020



## Grattacieli più alti del mondo





# edilportale® TOUR 2019

grazie per l'attenzione

