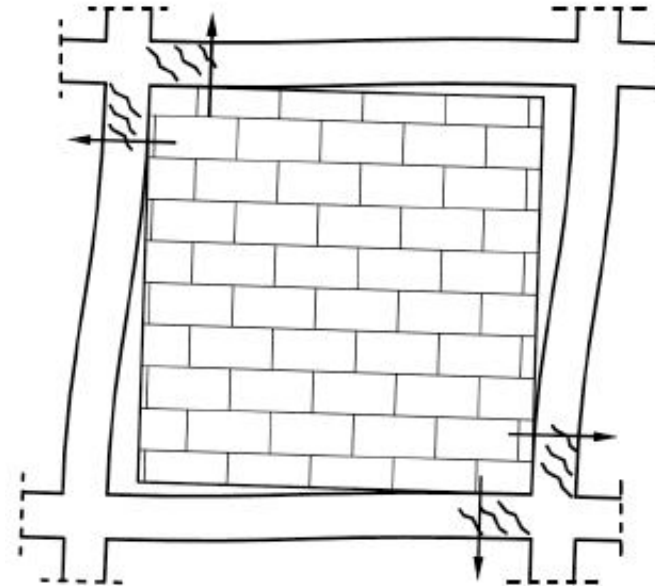




Università degli Studi di Perugia – Dipartimento di 

Ingegneria Civile e Ambientale

# Effetti delle tamponature sulla dissipazione delle strutture in c.a.



Dott.Ing. Gianluca Fagotti

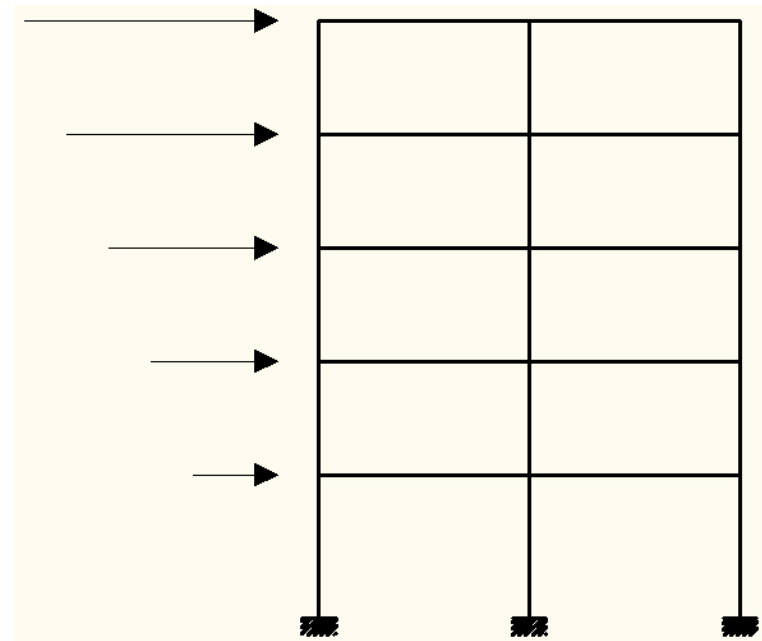
Servizio Controllo Costruzioni e Protezione Civile – Provincia di Perugia

# SCHEMATIZZAZIONE DELLE STRUTTURE IN C.A. & NORMATIVA NTC 08

## 7.2.6 CRITERI DI MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E AZIONE SISMICA

Nella definizione del modello alcuni elementi strutturali, considerati “secondari”, e gli elementi non strutturali autoportanti (tamponature e tramezzi), possono essere rappresentati unicamente in termini di massa, considerando il loro contributo alla rigidezza e alla resistenza del sistema strutturale solo qualora essi possiedano rigidezza e resistenza tali da modificare significativamente il comportamento del modello.

NELLA QUASI TOTALITÀ DEI CASI IL  
MODELLO STRUTTURALE NON PREVEDE  
LA MODELLAZIONE DELLE  
TAMPONATURE: **TELAIO NUDO**

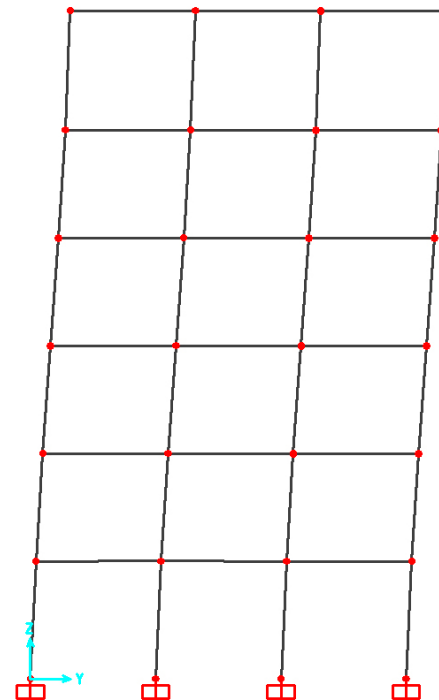


# SCHEMATIZZAZIONE DELLE STRUTTURE IN C.A. & NORMATIVA **NTC 15**

## 7.2.6. CRITERI DI MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DELL'AZIONE SISMICA

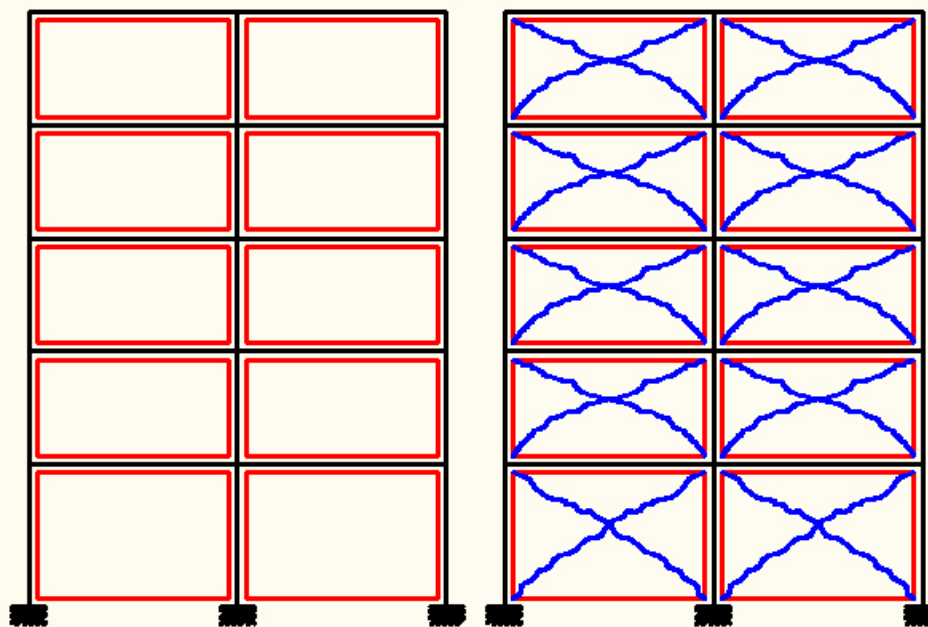
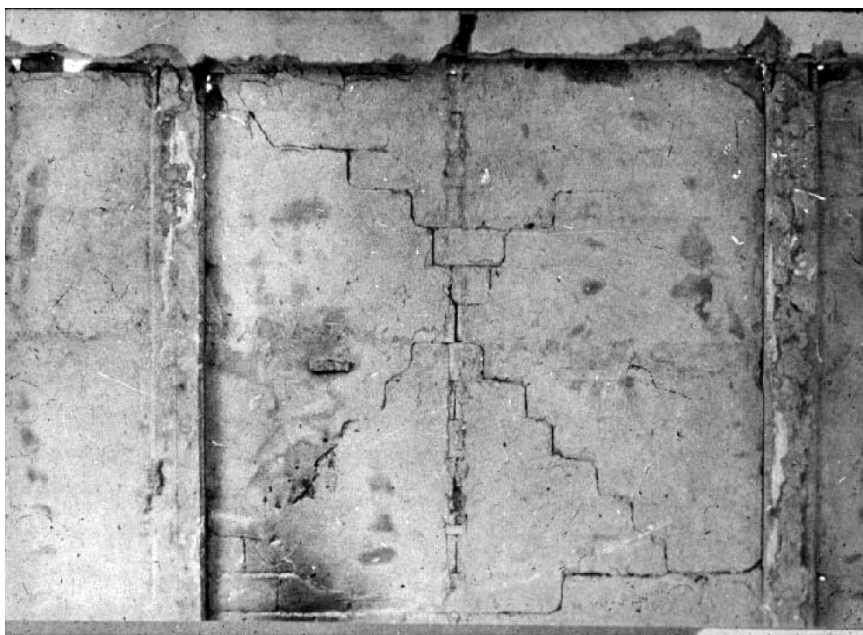
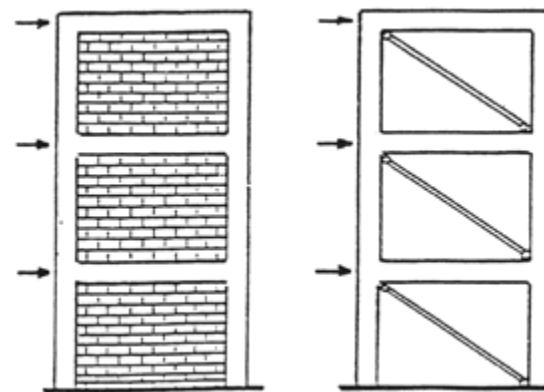
Nella definizione del modello, gli elementi non strutturali (quali tamponature e tramezzi) possono essere rappresentati unicamente in termini di massa; il loro contributo al comportamento del sistema strutturale in termini di rigidezza e resistenza sarà considerato solo qualora abbia effetti negativi ai fini della sicurezza.

SI CONTINUA A PENSARE ALLE **TAMPONATURA**  
SOLO IN TERMINI DI **MASSA "TRASCINATA"**, IN  
FASE SISMICA, DALLA DEFORMAZIONE, SOTTO  
FORZE INERZIALI, DEI TELAI STRUTTURALI



# SCHEMATIZZAZIONE DELLE STRUTTURE IN C.A.

IN REALTÀ LA TAMPONATURA VIENE  
COINVOLTA NELLA DEFORMATA DEL TELAIO;  
**PER SISMI DI INTENSITÀ ELEVATA (tipo SLV)**  
**SUBIRÀ DELLE LESIONI**



**PUNTONE EQUIVALENTE → “CONTROVENTO” DIAGONALE**

# SCHEMATIZZAZIONE DELLE STRUTTURE IN C.A.

L'EFFETTO DEL PUNTONE DIPENDE DAL GRADO DI COLLEGAMENTO DELLA MURATURA AL TELAIO.

**Caso a)** Se la tamponatura è **ben ammorsata** al telaio entra in gioco subito determinando una **sensibile variazione di rigidità dell'intero sistema strutturale**;

**Caso b)** Nel caso di **tamponature distaccate**, le stesse **interverranno nella risposta quando il telaio**, deformandosi, **entrerà a contatto con i pannelli murari**.



**PUNTONE EQUIVALENTE → “CONTROVENTO” DIAGONALE**

# INTERAZIONE TAMPONATURE/TELAI

LE TAMPONATURE INTERAGISCONO CON LA STRUTTURA PRINCIPALE (TELAI)  
SECONDO MECCANISMI COMPLESSI

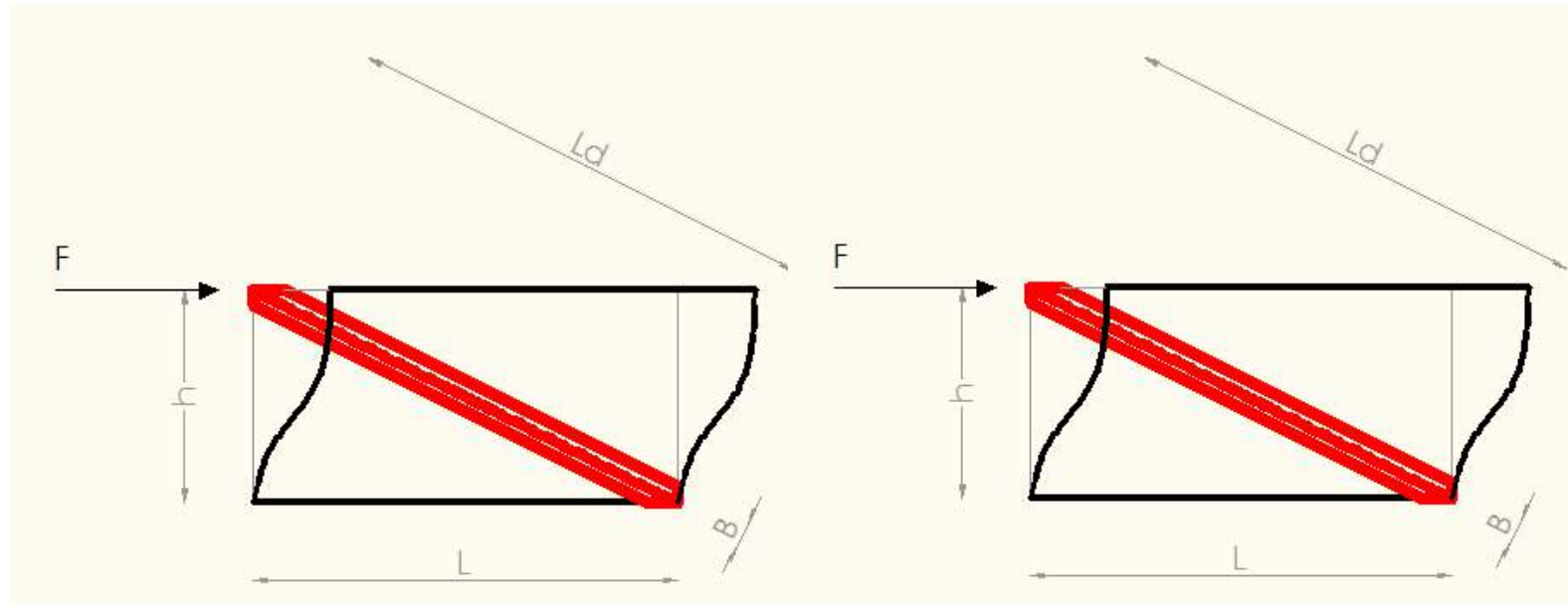
NEGLI EDIFICI PLURIPIANO, OLTRE AD AVERE UNA FUNZIONE IRRIGIDENTE DEI  
TELAI, POSSONO **INFLUENZARE IL COMPORTAMENTO DELL' INTERO SISTEMA  
STRUTTURALE**, MODIFICANDONE I POSSIBILI MECCANISMI DI COLLASSO  
“LOCALI” E “GLOBALI”



Figura 9 – Esempio di collasso dovuto a cedimento di piano “soffice” - L’Aquila, 2009

## Meccanismi Locali & Globali

# INTERAZIONE TAMPONATURE/TELAJ

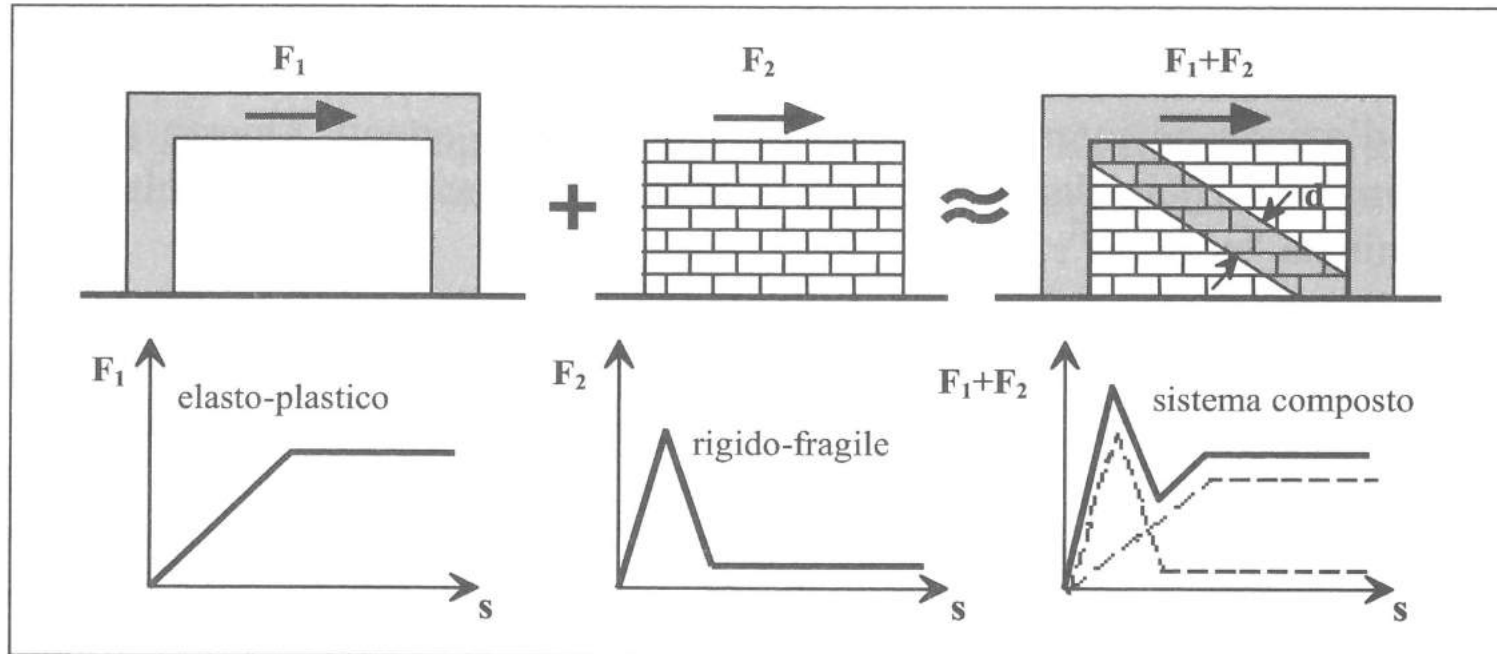


L' EFFETTO DELL' INTERAZIONE È ASSIMILATO A QUELLO DI  
UN **PUNTONE EQUIVALENTE**

**Dimensione Puntone:  $B=L_d/10 \div L_d/15$  (regola empirica)**

**Indagini teorico-sperimentali  $B=0.15 \div 0.30 L_d$**

# INTERAZIONE TAMPONATURE/TELAIO



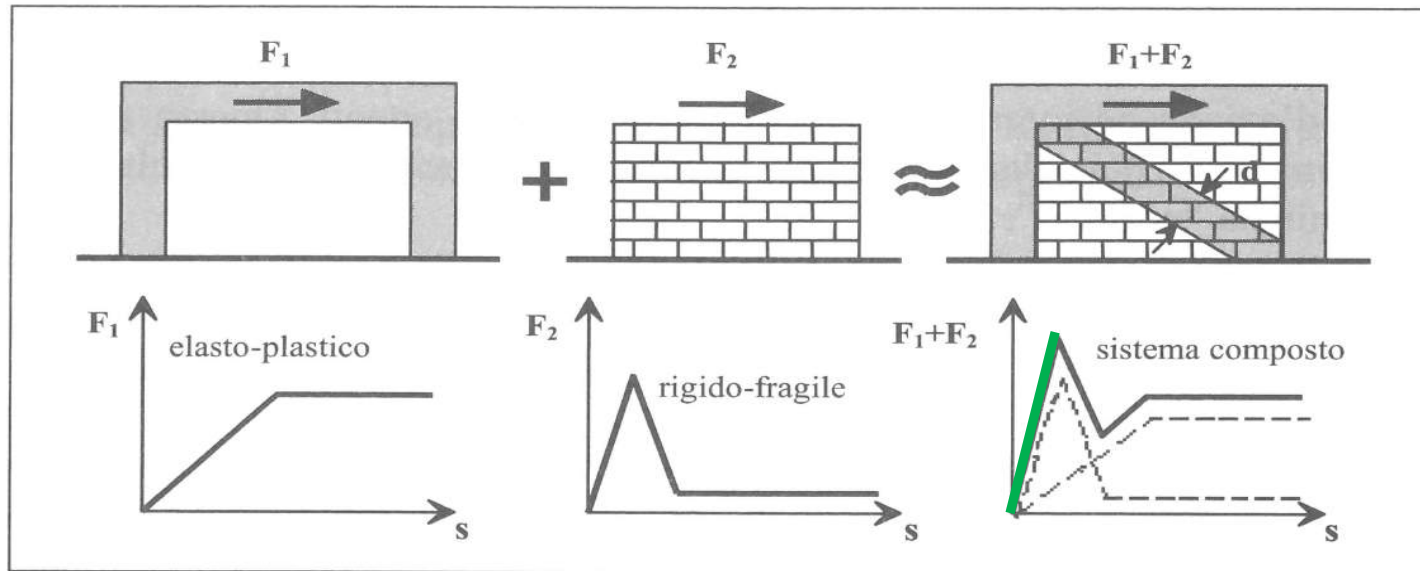
**SISTEMA COMPOSTO:**

**TELAIO → ELASTO-PLASTICO**

**TAMPONATURA IN LATERIZIO → RIGIDO-FRAGILE**



# INTERAZIONE TAMPONATURE/TELAI



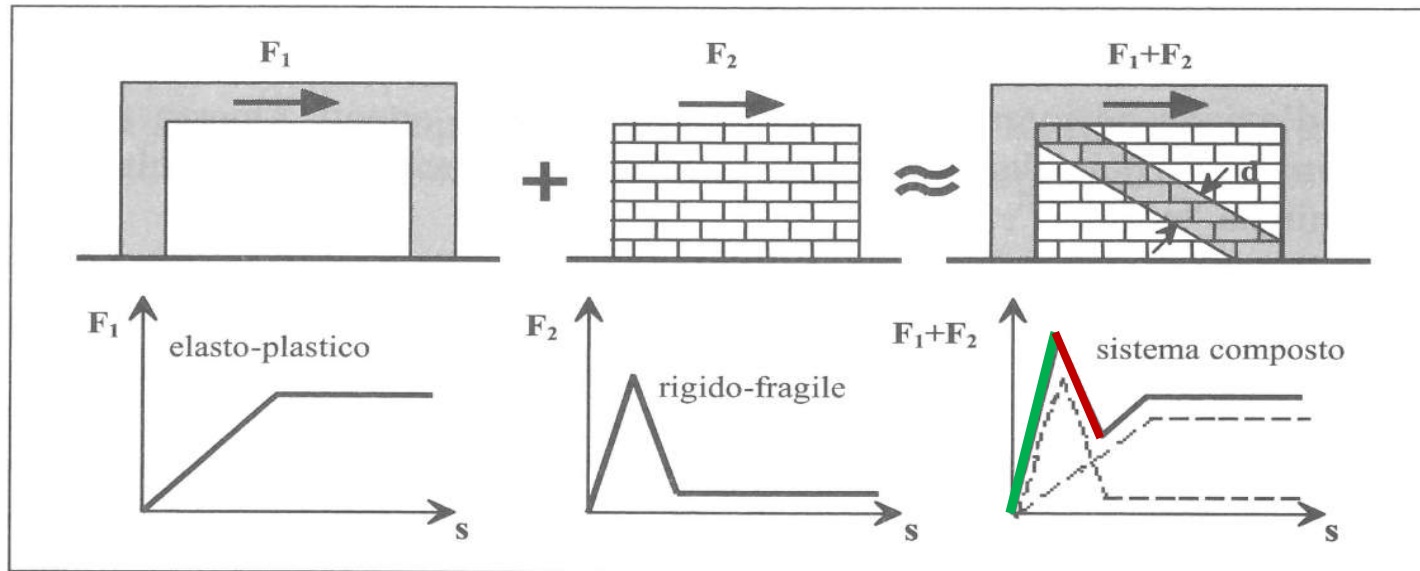
1° fase: **ELASTICA** → la tamponatura può incrementare  
considerevolmente la rigidezza orizzontale del sistema

**SISTEMA PIÙ RIGIDO** → diminuisce  $T$  (periodo di oscillazione);

possono aumentare le azioni

**LE RESISTENZE DEI DUE SISTEMI SI SOMMANO**

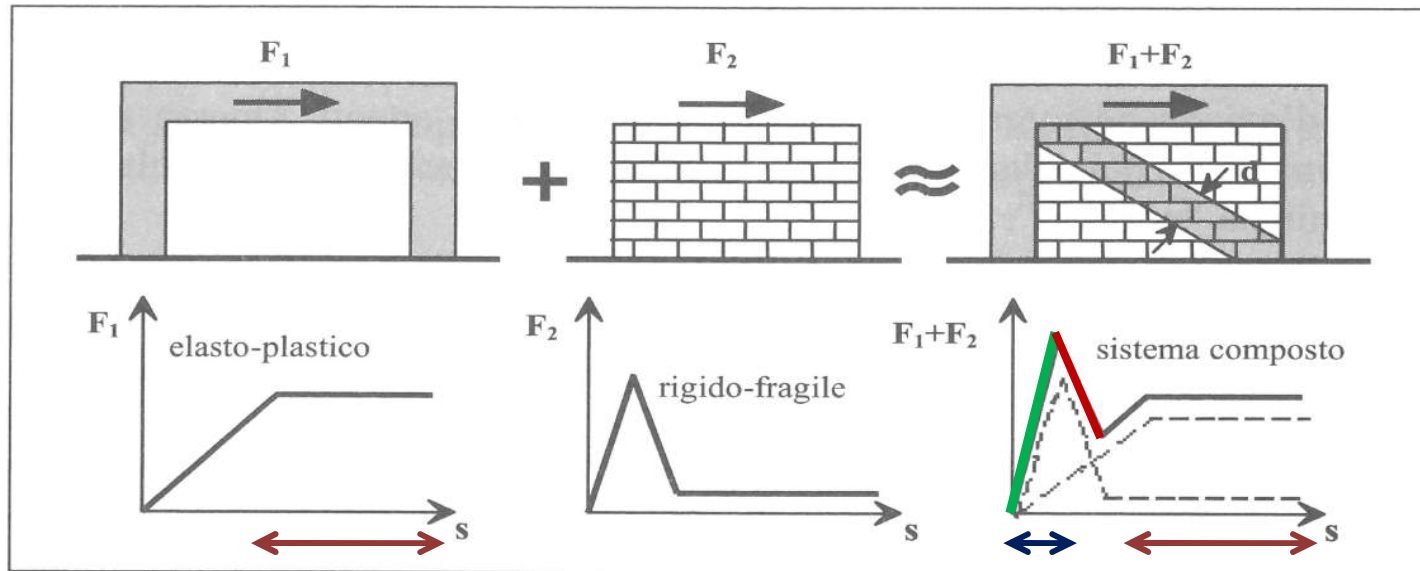
# INTERAZIONE TAMPONATURE/TELAI



**2° fase: CRISI DELLA MURATURA → la massima resistenza del pannello si manifesta prima che la resistenza del telaio raggiunga il valore max**

**LA RESISTENZA DEL SISTEMA COMPOSTO NON RAGGIUNGE IL VALORE PARI ALLA SOMMA DI  $F_1 + F_2$**

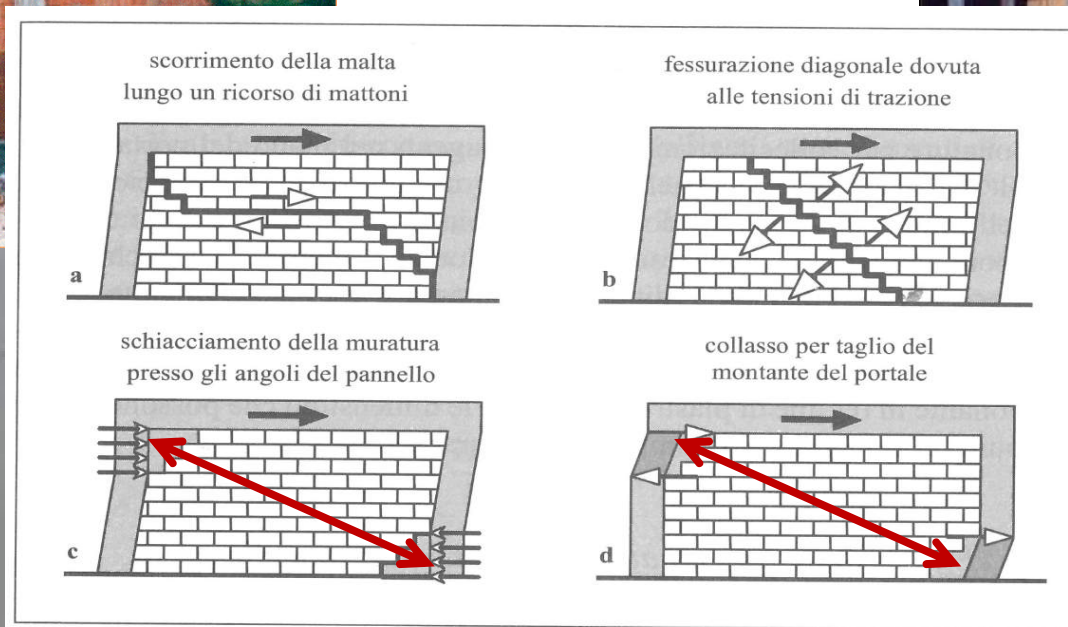
# INTERAZIONE TAMPONATURE/TELAII



Si evince da questo modello che:

- la tamponatura non contribuisce ad aumentare la duttilità
- l'effetto della tamponatura può essere utilizzato solo per incrementare la rigidezza elastica e la resistenza nel piano del sistema composto, entro un limitato campo di valori della deformazione

# MODALITÀ DI CRISI DEL SISTEMA COMPOSTO TELAIO-TAMPONATURA



Muratura poco resistente e fragile  
Es. "foratoni"



Muratura più resistente e comportamento meno duttile c.a.  
Es. mattoni pieni

# MODALITÀ DI CRISI DEL SISTEMA COMPOSTO TELAIO-TAMPONATURA

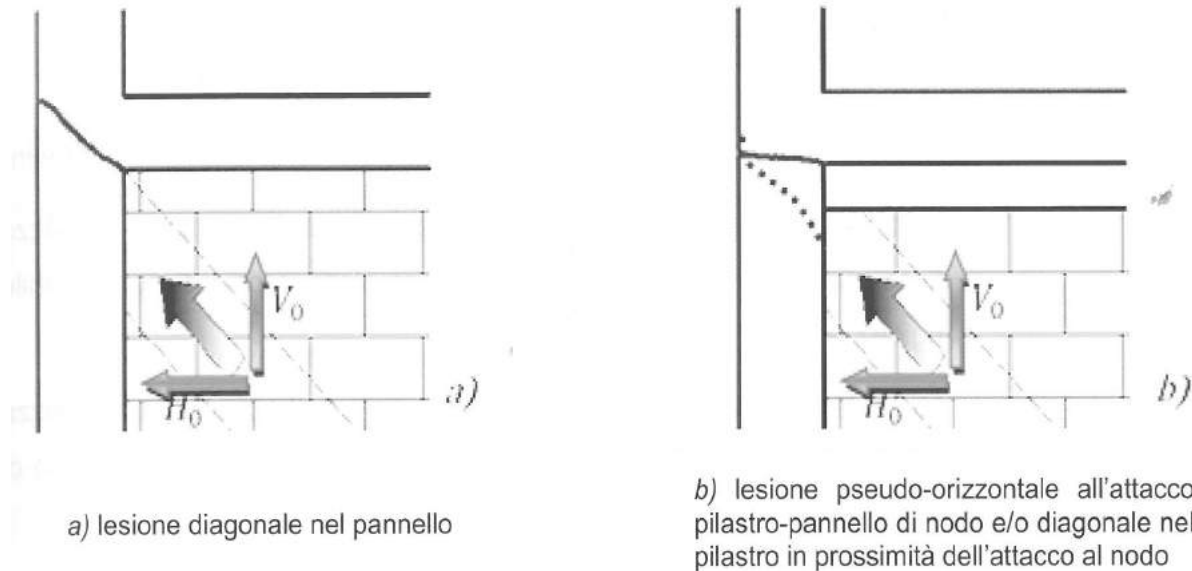


Figura 2.2.16 – Rappresentazione schematica del meccanismo di crisi del nodo trave-pilastro dovuto all'azione di taglio della tamponatura (fonte: Reluis 2009)



## MECCANISMI DI CRISI DEL NODO PER EFFETTO DELLA TAMPONATURA

# INTERAZIONE TELAI-TAMPONATURE

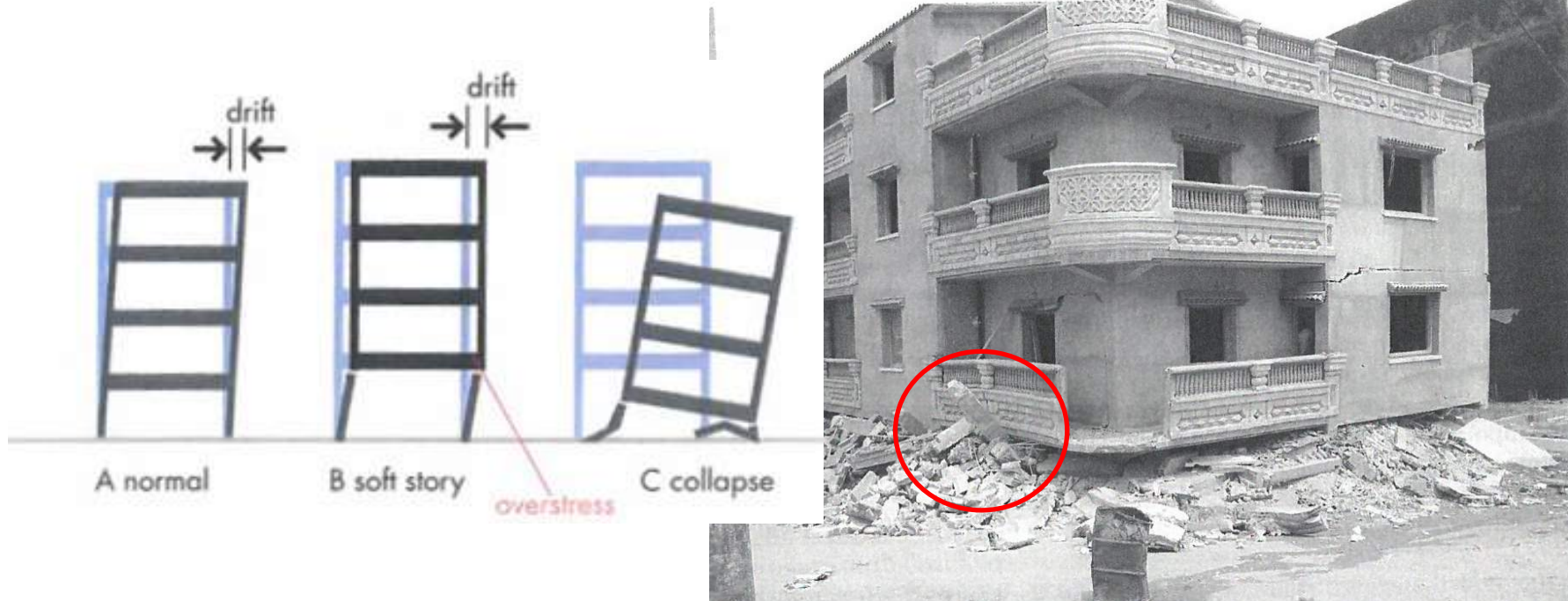
L'irregolarità più frequente: **IL PIANO SOFFICE**



**IL PIANO SOFFICE** è un piano che presenta, rispetto agli altri, una brusca variazione di rigidezza

# INTERAZIONE TELAI-TAMPONATURE

L'irregolarità più frequente: **IL PIANO SOFFICE**



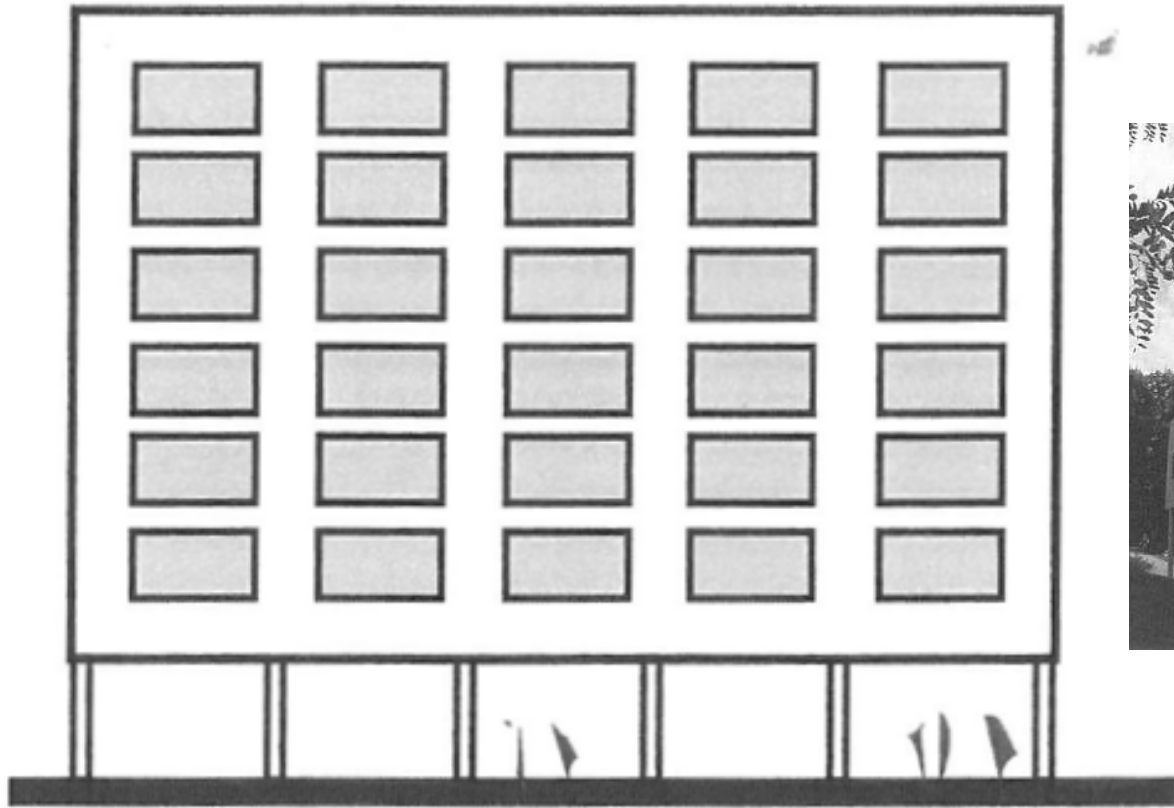
ESEMPIO CLASSICO DI “PIANO SOFFICE”

EDIFICIO con **TAMPONATURE AI PIANI SUPERIORI** (residenziale)

E **SUPERFICI VETRATE AL PIANO INFERIORE** (negozi)

# INTERAZIONE TELAI-TAMPONATURE

L'irregolarità più frequente: **IL PIANO SOFFICE**



**Edificio con il piano terra tipo “pilotis”**

ovvero edificio con piano terra privo di tamponamenti, che sono, altresì, presenti ai piani superiori

(Fonte FEMA Federal Emergency Management Agency)



# INTERAZIONE TELAI-TAMPONATURE

## La normativa Italiana NTC 08

### 7.2.3 CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI “SECONDARI” ED ELEMENTI NON STRUTTURALI

Con l'esclusione dei soli tamponamenti interni di spessore non superiore a 100 mm, gli elementi costruttivi senza funzione strutturale il cui danneggiamento può provocare danni a persone, devono essere verificati, insieme alle loro connessioni alla struttura, per l'azione sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite considerati.

Qualora la distribuzione di tali elementi sia fortemente irregolare in pianta, gli effetti di tale irregolarità debbono essere valutati e tenuti in conto. Questo requisito si intende soddisfatto qualora si incrementi di un fattore 2 l'eccentricità accidentale di cui al § 7.2.6.

Qualora la distribuzione di tali elementi sia fortemente irregolare in altezza deve essere considerata la possibilità di forti concentrazioni di danno ai livelli caratterizzati da significativa riduzione del numero di tali elementi rispetto ai livelli adiacenti. Questo requisito si intende soddisfatto incrementando di un fattore 1,4 le azioni di calcolo per gli elementi verticali (pilastri e pareti) dei livelli con riduzione dei tamponamenti.

In ogni caso gli effetti degli elementi costruttivi senza funzione strutturale sulla risposta sismica dell'intera struttura vanno considerati nei modi e nei limiti ulteriormente descritti, per i diversi sistemi costruttivi, nei paragrafi successivi.

# INTERAZIONE TELAI-TAMPONATURE

## La normativa Italiana NTC 08



### Irregolarità planimetrica tamponature

**RADDOPPIARE L' ECCENTRICITÀ ACCIDENTALE DI CUI AL 7.2.6 delle NTC 08 →**

**0,1 L<sub>edificio</sub>** perpendicolare alla direzione di applicazione del sisma (anziché

0,05 L<sub>edificio</sub>)

# INTERAZIONE TELAI-TAMPONATURE

La normativa Italiana NTC 08



**Irregolarità altimetrica tamponature**

**INCREMENTARE DI UN FATTORE 1,4 LE AZIONI DI CALCOLO DEGLI ELEMENTI**

**VERTICALI (PILASTRI E PARETI) DEI LIVELLI CON RIDUZIONE DEI TAMPONAMENTI**

# INTERAZIONE TELAI-TAMPONATURE

## La normativa Italiana NTC 08

### 7.3.7.2 Verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali

Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso I e II si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca agli elementi costruttivi senza funzione strutturale danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti eccessivi interpiano, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo *SLD* (v. § 3.2.1 e § 3.2.3.2) siano inferiori ai limiti indicati nel seguito

- a) per tamponamenti collegati rigidamente alla struttura che interferiscono con la deformabilità della stessa

$$d_r < 0,005 h \quad (7.3.16)$$

- b) per tamponamenti progettati in modo da non subire danni a seguito di spostamenti di interpiano  $d_{rp}$ , per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura:

$$d_r \leq d_{rp} \leq 0,01 h \quad (7.3.17)$$

### Contenimento del danno elementi tamponature

## VERIFICHE SLO/SLD NEL PIANO DEI PANNELLI

# INTERAZIONE TELAI-TAMPONATURE

## La normativa Italiana NTC 08

### 7.4.4.2 Pilastri

#### 7.4.4.2.1 Sollecitazioni di calcolo

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio da utilizzare per le verifiche ed il dimensionamento delle armature si ottengono dalla condizione di equilibrio del pilastro soggetto all'azione dei momenti resistenti nelle sezioni di estremità superiore  $M_{C,Rd}^s$  ed inferiore  $M_{C,Rd}^i$  secondo l'espressione:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{C,Rd}^s + M_{C,Rd}^i}{l_p} \quad (7.4.5)$$

nella quale  $l_p$  è la lunghezza del pilastro. Nel caso in cui i tamponamenti non si estendano per l'intera altezza dei pilastri adiacenti, le sollecitazioni di taglio da considerare per la parte del pilastro priva di tamponamento sono calcolati utilizzando la relazione (7.4.5), dove l'altezza  $l_p$  è assunta pari alla estensione della parte di pilastro priva di tamponamento.

**Prescrizioni per effetto dell' interazione tra tamponatura e telaio  
per l' applicazione del Criterio di Gerarchia delle Resistenze**

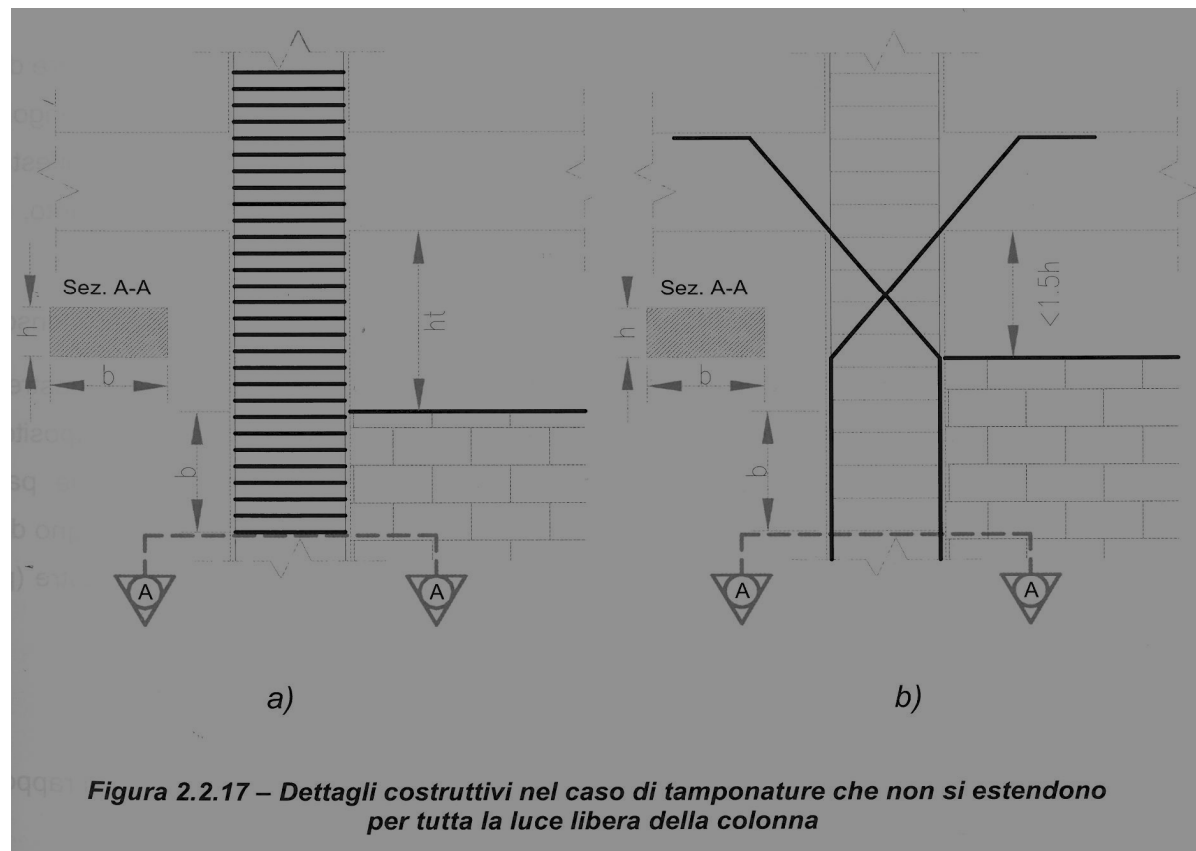
**TAGLIO PILASTRI “TOZZI”**

# INTERAZIONE TELAI-TAMPONATURE

## La normativa Italiana NTC 08

### 7.4.6.2.2 *Pilastrì*

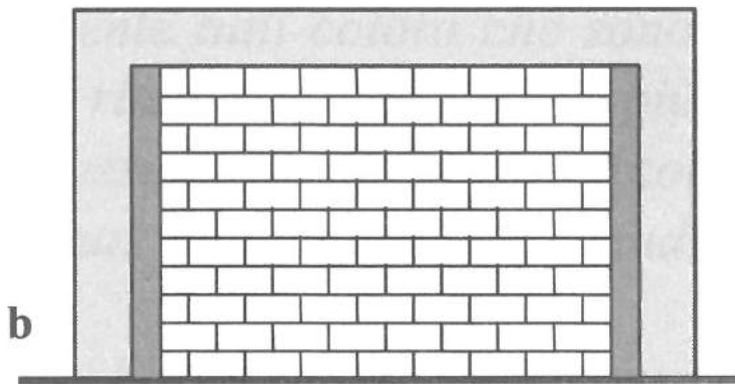
Nel caso in cui i tamponamenti non si estendano per l'intera altezza dei pilastri adiacenti, l'armatura risultante deve essere estesa per una distanza pari alla profondità del pilastro oltre la zona priva di tamponamento. Nel caso in cui l'altezza della zona priva di tamponamento fosse inferiore a 1,5 volte la profondità del pilastro, debbono essere utilizzate armature bi-diagonali.



# INTERAZIONE TELAI-TAMPONATURE

## Una possibile soluzione

distacchi riempiti di materiale deformabile



MIGLIORAMENTO DEGLI EFFETTI DI FUNZIONAMENTO IN PARALLELO

TELAIO-MURATURA → SCOPO: **IL TELAIO PUÒ DEFORMARSI**

**PIÙ DELLA MURATURA** → **AUMENTO DELLE CAPACITÀ** 🕒

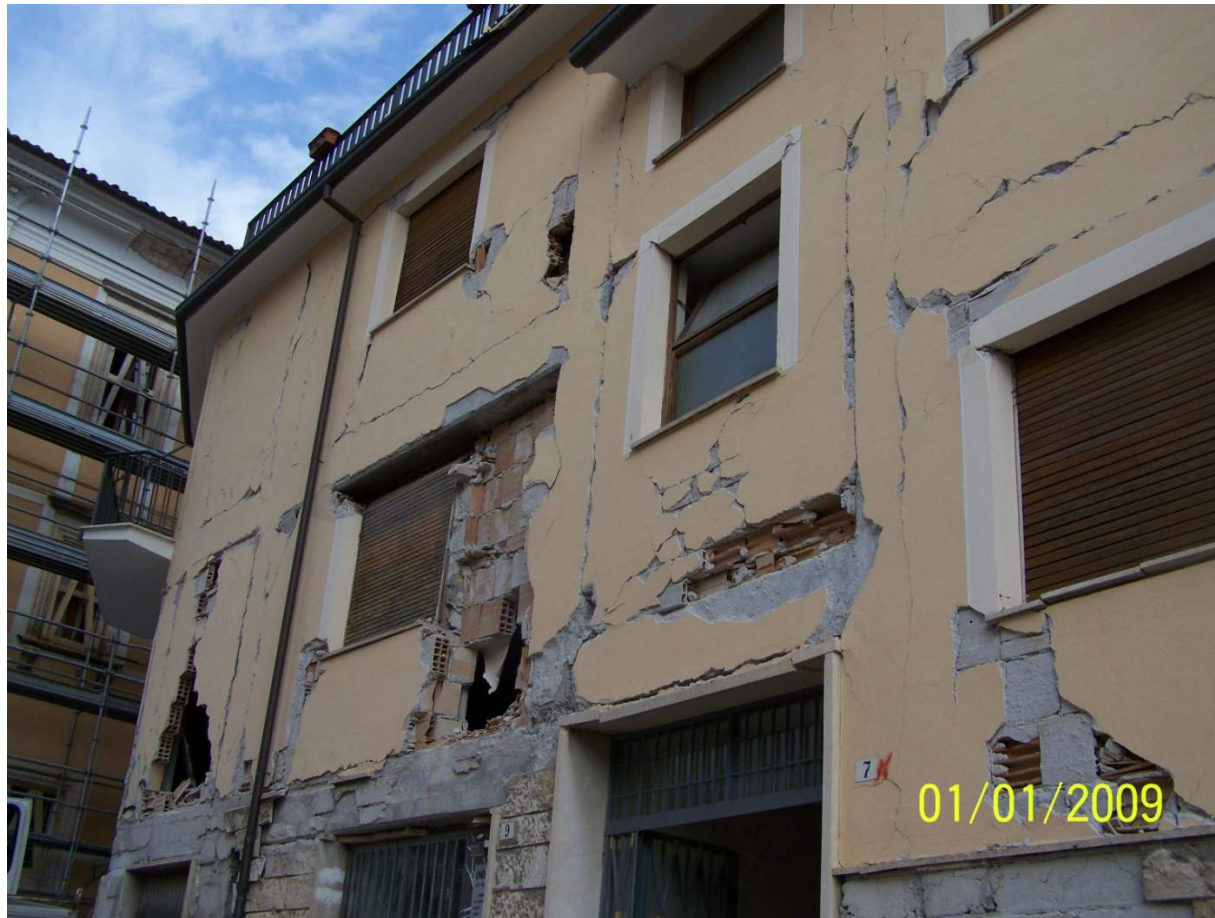
# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



***MECCANISMO DI PIANO → EDIFICIO CON PIANO “PILOTIS”***



# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



***DANNEGGIAMENTO DELLE TAMPONATURE***

# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



***INTERAZIONE TAMPONATURA-TELAIO → ROTTURA DEL NODO***

# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



***CROLLO TAMPONATURA → AZIONI FUORI PIANO***

# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



***MECCANISMO DI PIANO → PIANO “PILOTIS”***

# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



**MECCANISMO DI PIANO → PIANO “PILOTIS”**

# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



***MECCANISMO DI PIANO → PIANO “PILOTIS”***

# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



***CROLLO TAMPONATURA → AZIONI FUORI PIANO***

# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



***INTERAZIONE TAMPONATURA-TELAIO → ROTTURA DEL NODO***



# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



***MECCANISMO DI PIANO → PIANO “PILOTIS”***

# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



***ASSENZA DI “CONFINAMENTO” → ROTTURA DEL NODO***

# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



***MECCANISMO DI PIANO → PIANO “PILOTIS”***

# UNA RASSEGNA DEI DANNI DA SISMA



***MECCANISMO DI PIANO → PIANO “PILOTIS” AL 2° LIVELLO***



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**