

# **VERIFICA SISMICA DI EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA**

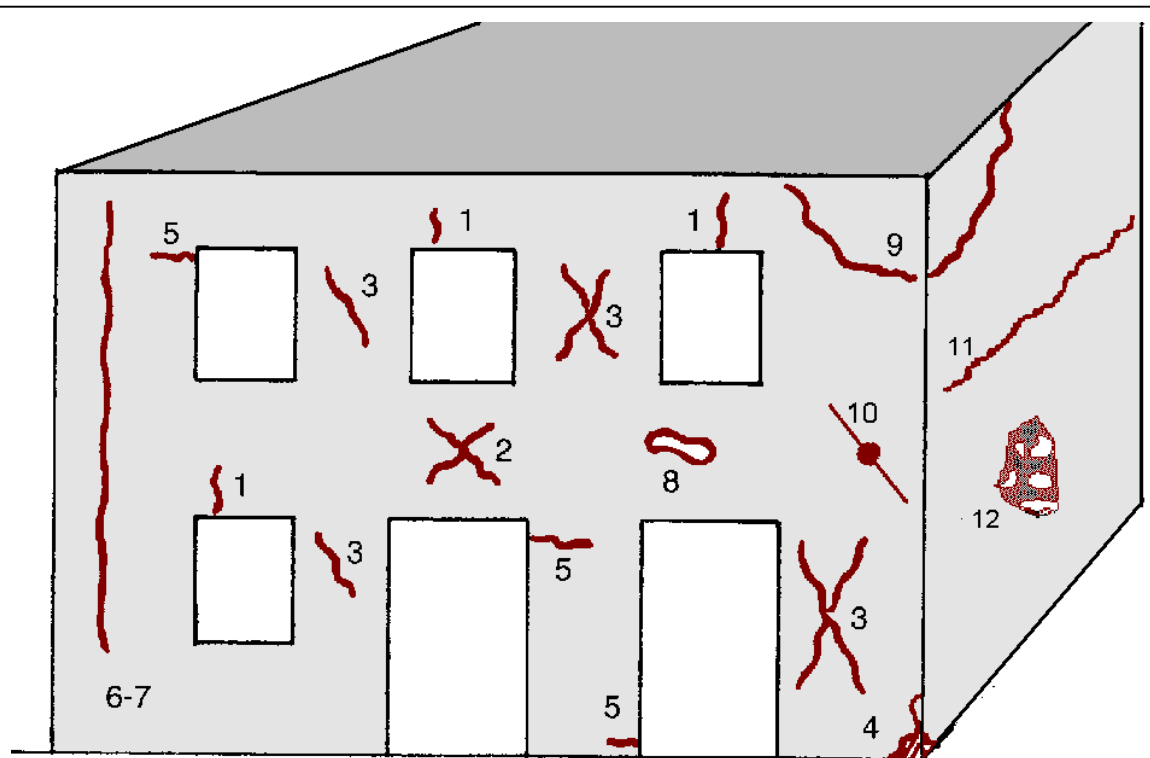
## **Parte 4b:**

### **I DANNI SISMICI NEGLI EDIFICI IN MURATURA**



# La catalogazione dei dissesti sismici

MEDEA - Zuccaro-Papa  
Dip.Prot.Civ.



Schema di riferimento per le lesioni alle murature

- 1: Lesioni ad andamento pressoché verticale sulle architravi di aperture
- 2: lesioni ad andamento diagonale nelle fasce di piano (parapetti di finestre, architravi)
- 3: lesioni ad andamento diagonale in elementi verticali (maschi murari)
- 4: schiacciamento locale della muratura con o senza espulsione di materiale
- 5: lesioni ad andamento pressoché orizzontale in testa e/o al piede di maschi murari
- 6: lesioni ad andamento pressoché verticale in corrispondenza di incroci fra muri
- 7: come 6 ma passanti
- 8: espulsione di materiale in corrispondenza degli appoggi di travi dovuta a martellamento;
- 9: formazione di cuneo dislocato in corrispondenza della intersezione fra due pareti ad angolo
- 10: rottura di catene o sfilamento dell'ancoraggio
- 11: lesioni ad andamento orizzontale in corrispondenza dei solai o del sottotetto
- 12: distacco di uno dei paramenti di un muro a doppio paramento

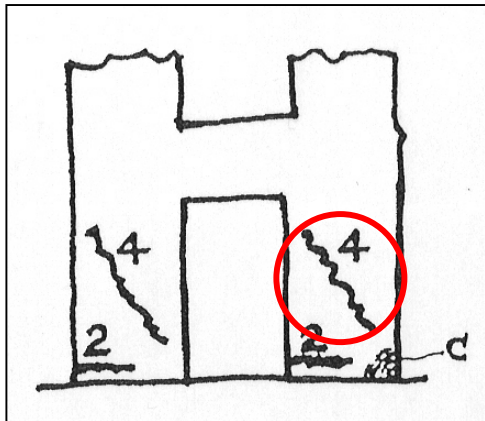
Le lesioni tipiche  
nella muratura  
causate da azioni  
sismiche

# Le lesioni diagonali nei maschi murari

Comportamento della parete nel proprio piano



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC



Superamento della resistenza a taglio connessa alla formazione di puntoni diagonali, che si oppongono all'azione sismica grazie alla presenza di sforzo normale

# Le lesioni diagonali nei maschi murari dell'ultimo piano



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

Comportamento della parete  
nel proprio piano



I limitati carichi  
verticali agenti  
all'ultimo livello e la  
riduzione di spessore  
favoriscono a volte le  
rotture a taglio per  
trazione nei maschi  
murari dei piani alti

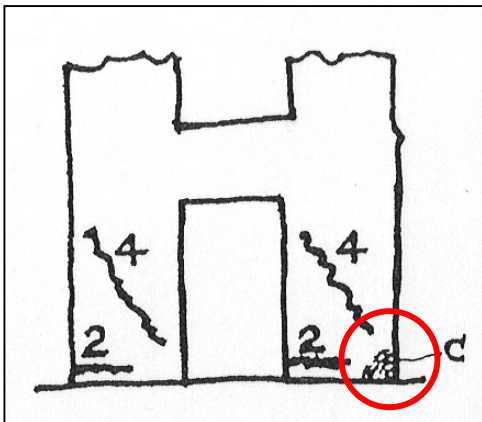
# Lesioni verticali da schiacciamento nei maschi murari

Comportamento della parete nel proprio piano



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

Rottura a pressoflessione dei maschi murari per compressione. Si verifica meno frequentemente di quella a taglio, soprattutto in elementi snelli e/o soggetti ad elevati sforzi normali (o resi tali dall'effetto ribaltante del sisma)





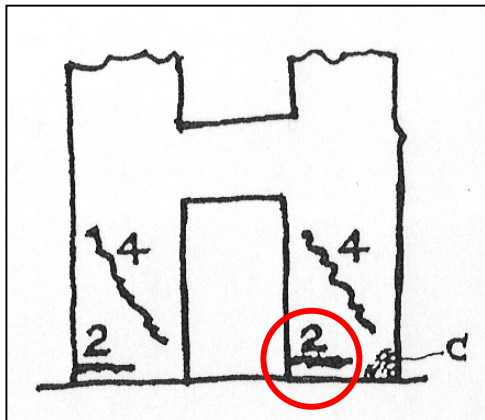
# Le lesioni orizzontali da pressoflessione nei maschi murari

## Comportamento della parete nel proprio piano



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

Rottura a pressoflessione dei maschi murari per trazione. Si verifica meno frequentemente di quella a taglio, soprattutto in elementi snelli e/o soggetti a limitati sforzi normali (o resi tali dall'effetto ribaltante del sisma)



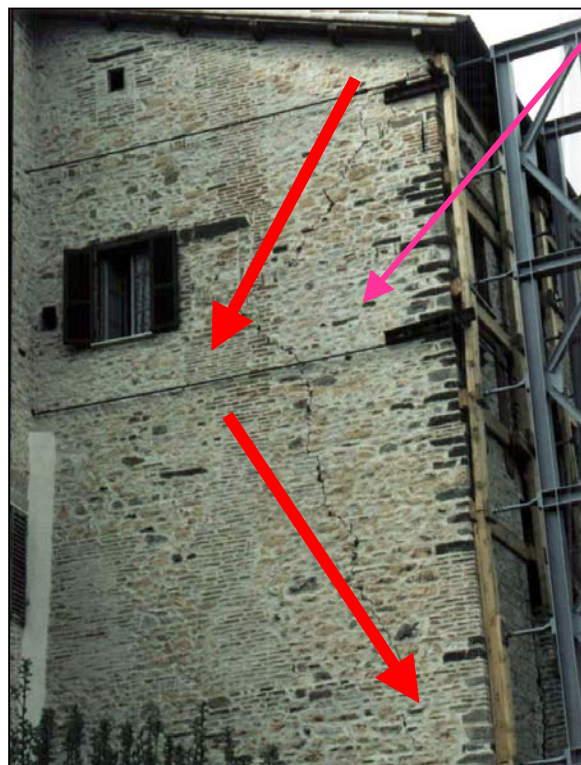
# Le lesioni diagonali nei cantonali con espulsione di muratura



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

Comportamento della parete  
fuori del piano e nel proprio piano

Rottura  
ad arco



Mancanza di efficaci collegamenti  
trasversali e di elementi orizzontali  
resistenti a trazione che possano  
"contenere" le componenti orizzontali  
dei puntoni diagonali

# Le lesioni diagonali nello spigolo superiore

Comportamento della parete fuori del piano e nel proprio piano



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC



La parte triangolare alta della parete è molto vulnerabile in mancanza di efficaci tiranti orizzontali. L'eventuale azione spingente del tetto favorisce l'espulsione del cuneo murario

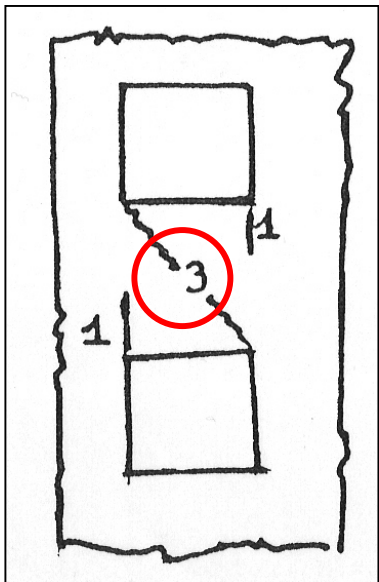


# Le lesioni diagonali nelle fasce di piano



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

Comportamento della parete  
nel proprio piano



Rottura a taglio delle fasce di piano.  
Tale resistenza è in genere molto bassa  
in assenza di catene o cordoli, perché  
correlata alla resistenza a trazione  
della muratura

# Le lesioni diagonali nelle fasce di piano

La tipologia della muratura e la morfologia della fascia influenzano la forma e l'andamento delle lesioni. Si evidenzia sempre il tentativo di formazione dei puntoni inclinati

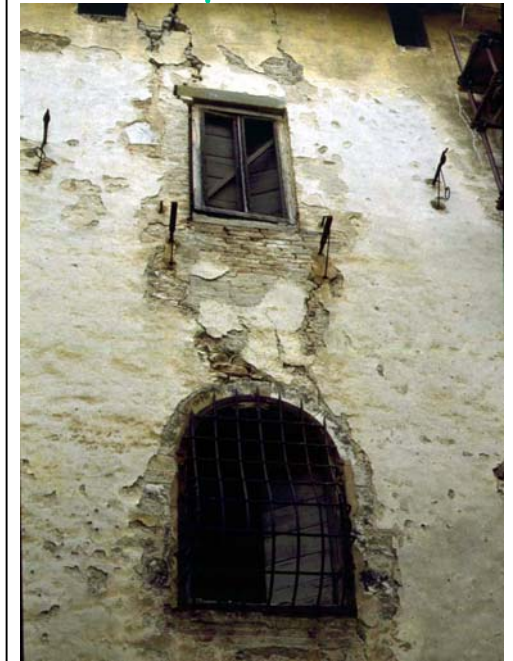
La presenza di una piattabanda in acciaio è evidenziata dalla maggiore inclinazione del puntone



La cornice in pietra è stata lesionata dal puntone inclinato



La sagoma dell'arco "accompagna" il flusso delle compressioni





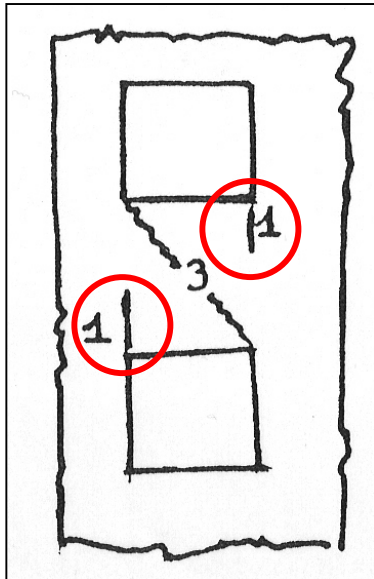
# Lesioni verticali nelle fasce di piano

Comportamento della parete nel proprio piano

Rottura a flessione dei traversi. Si verifica nelle zone tese per mancanza di elementi orizzontali resistenti a trazione e si può estendere all'intera altezza della fascia soprattutto se esse sono di minore spessore



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC



# Lesioni diagonali che interessano l'intera facciata



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

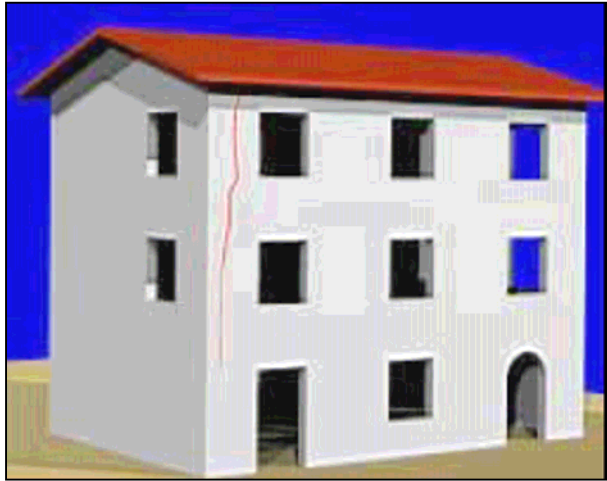
Comportamento della parete nel proprio piano

Le lesioni camminano dalla sommità fino a terra sviluppandosi sia nei maschi che nelle fasce. La mancanza di cordoli o tiranti esclude dal meccanismo resistente gli angoli alti della pareti





# Le lesioni di distacco nelle croci di muro



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

Comportamento della parete fuori dal piano

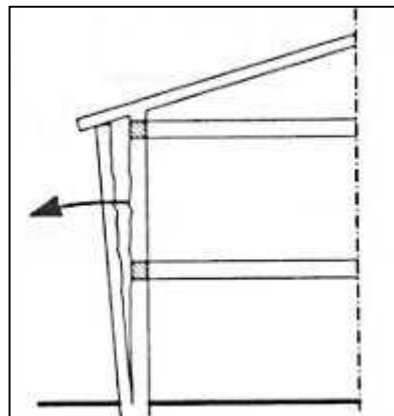
Il sisma ortogonale alla parete tende a ribaltare la facciata, sollecitando a trazione le croci di muro che la uniscono a quelle ortogonali. E' sintomo di mancanza di efficaci collegamenti con gli impalcati



## Le lesioni di distacco nelle croci di muro: fuori piombo delle pareti di facciata



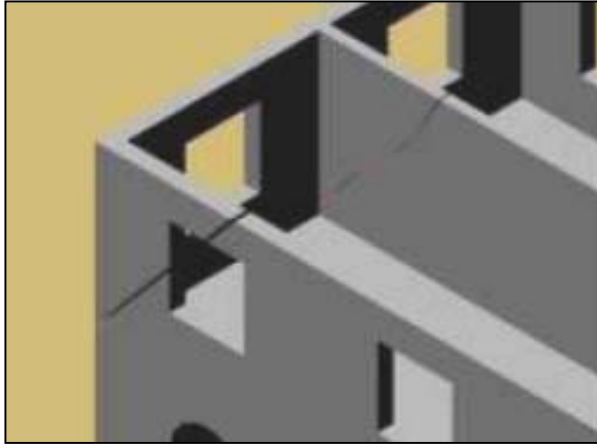
da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC



La rotazione della parete intorno alla base produce lesioni che si allargano andando dal basso verso l'alto. Se il muro non crolla può evidenziare significative perdite di verticalità (fuori piombo). E' favorito dalla presenza di volte o altre strutture spingenti in sommità

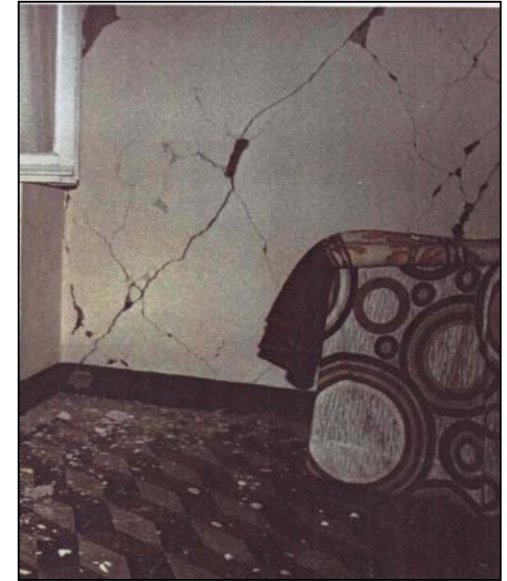
Può dipendere anche da errori costruttivi e/o da cedimenti fondali

# Le lesioni diagonali nei muri di spina in corrispondenza degli angoli



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

Comportamento  
della parete nel  
proprio piano e  
fuori del piano



Il muro di facciata trascina con sé, nella rotazione, parte del muro ortogonale, che lo aiuta a rimanere stabile. L'ampiezza di muro interessata è governata dalla disposizione delle aperture o dalla presenza di zone più deboli. Le lesioni possono anche indicare cedimenti fondali o rotture per comportamento nel piano



# Spanciamento delle pareti di facciata



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

Comportamento della parete fuori dal piano

Il sisma ortogonale alla parete può deformare i muri di facciata se sono inefficienti le connessioni con i solai intermedi e con le pareti ortogonali.



I muri a due paramenti non ben collegati sono più vulnerabili

I carichi verticali accentuano il fenomeno (per instabilità della parete)

La presenza di volte spingenti favorisce lo spanciamiento



# Le lesioni diagonali nei timpani

Comportamento della parete nel proprio piano



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

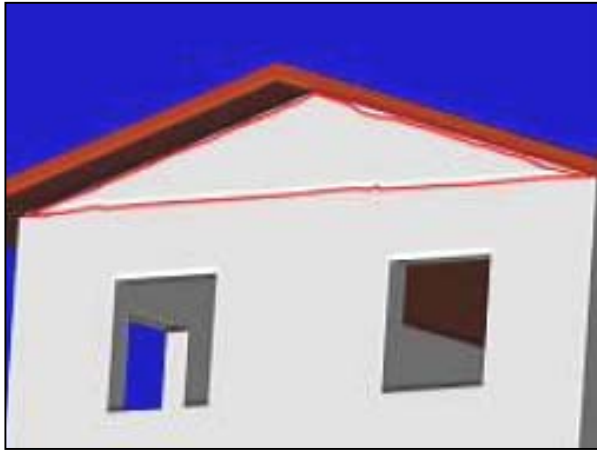
La parete del timpano partecipa al meccanismo resistente, trasferendo le forze di inerzia del tetto. Le lesioni indicano rotture a taglio per superamento della resistenza a trazione

Le lesioni in genere partono da sotto le travi della copertura



# Lesioni orizzontali tra il timpano e il solaio

Comportamento della parete fuori del piano



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

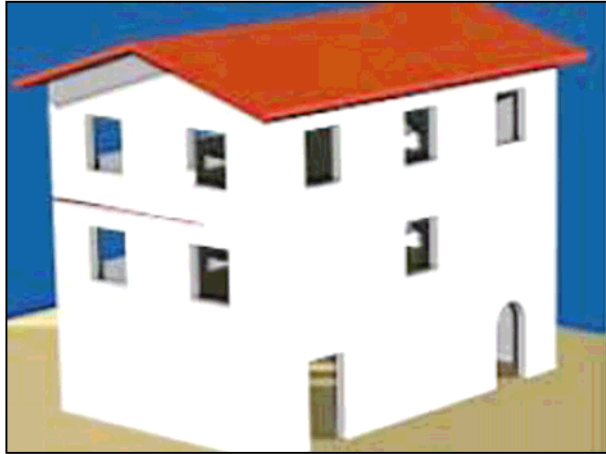
La parete del timpano, se non è ben collegata alla copertura ed al solaio del sottotetto, tende a distaccarsi sotto il sisma ortogonale.

Si verifica in genere quando il timpano non porta le travi del tetto



# Le lesioni orizzontali al livello dei solai

## Comportamento della parete nel proprio piano



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

Il distacco della muratura dal solaio è causato dall'effetto ribaltante globale del sisma parallelo alla parete. Le lesioni orizzontali si evidenziano dove la resistenza a trazione è più bassa (soluzione di continuità nel muro)

Si verificano in genere in pareti poco caricate (parallele ai solai)





# Danneggiamenti locali sotto le travi dei solai



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

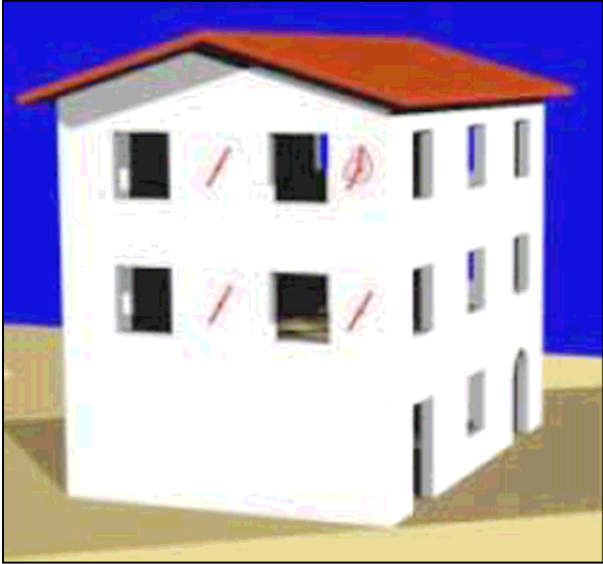
Le azioni sismiche sussultorie incrementano le pressioni al disotto delle travi attivando schiacciamenti locali. La mancanza di cuscini di appoggio favorisce il fenomeno

Le lesioni sotto le travi innescano la suddivisione delle pareti in fasce isolate, riducendo la resistenza dei muri





# Danneggiamenti locali dovuti alle teste delle catene



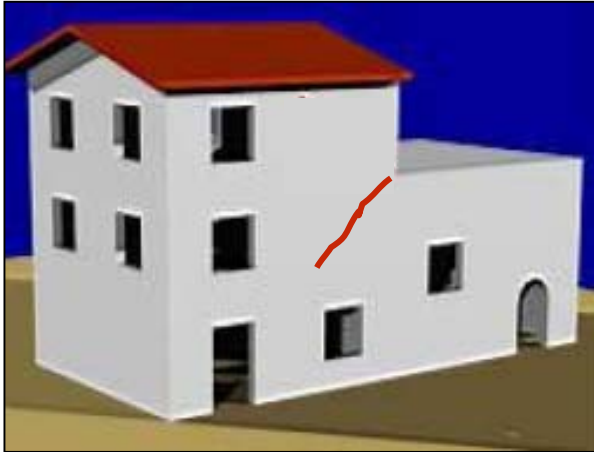
da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

Schiacciamenti locali della muratura sotto le teste delle catene con espulsione di materiale o plasticizzazioni degli ancoraggi con deformazioni permanenti indicano che l'elemento metallico ha "lavorato" fino al limite della resistenza

Si possono avere anche rotture o sfilamenti delle catene con conseguenze quasi sempre più gravi



# Danneggiamenti dovuti ad edifici contigui diversi



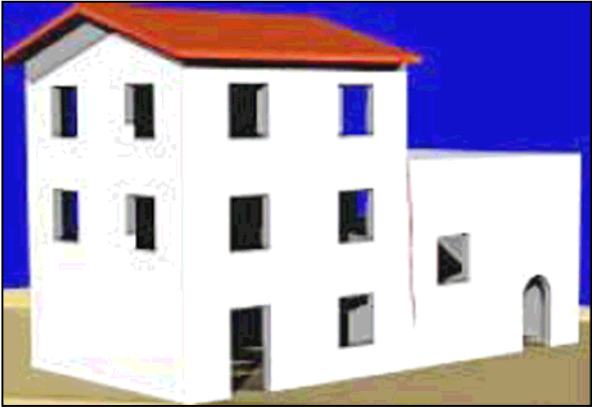
da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

Il "martellamento" causato dall'edificio contiguo più basso sollecita con ulteriori azioni orizzontali la parete di facciata ad una quota intermedia

La lesione diagonale è indice di forte sollecitazione tagliante



# Danneggiamenti dovuti ad edifici contigui diversi



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

Le diverse masse e rigidezze degli edifici contigui, che oscillano in modo differente tra loro, può causare distacchi verticali, soprattutto in presenza di due pareti indipendenti o non bene ammassate





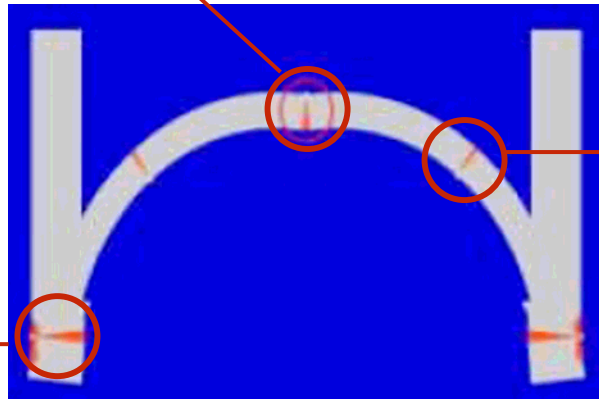
# Lesioni nelle volte e negli archi

## La lesione in chiave



Le azioni sismiche orizzontali modificano la curva delle pressioni, che può anche uscire dal nocciolo nelle sezioni critiche, causando lesioni per trazione (distacchi) o per compressione (schiacciamenti)

## La lesione al piede



da: MEDEA - Zuccaro-Papa - DPC

## La lesione alle reni



# Distacchi delle volte dalle pareti



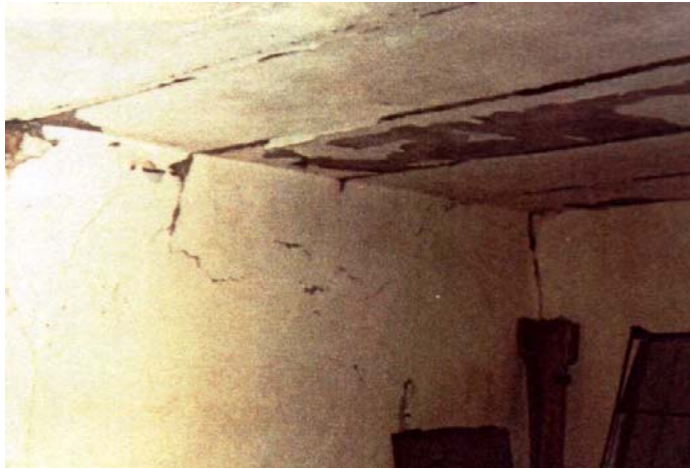
I meccanismi di ribaltamento delle pareti fuori dal piano possono causare lesioni continue di separazione delle volte dai muri.

Le spinte delle volte, incrementate dal sisma, favoriscono il distacco



# Danni sismici nei solai piani a travi parallele

Lesioni parallele all'orditura e distacchi dai muri di ambito



Cedimento degli appoggi



Sfilamento dalle sedi

