



Strutturazione di una struttura portante

Prof. ing. Gian Piero Lignola

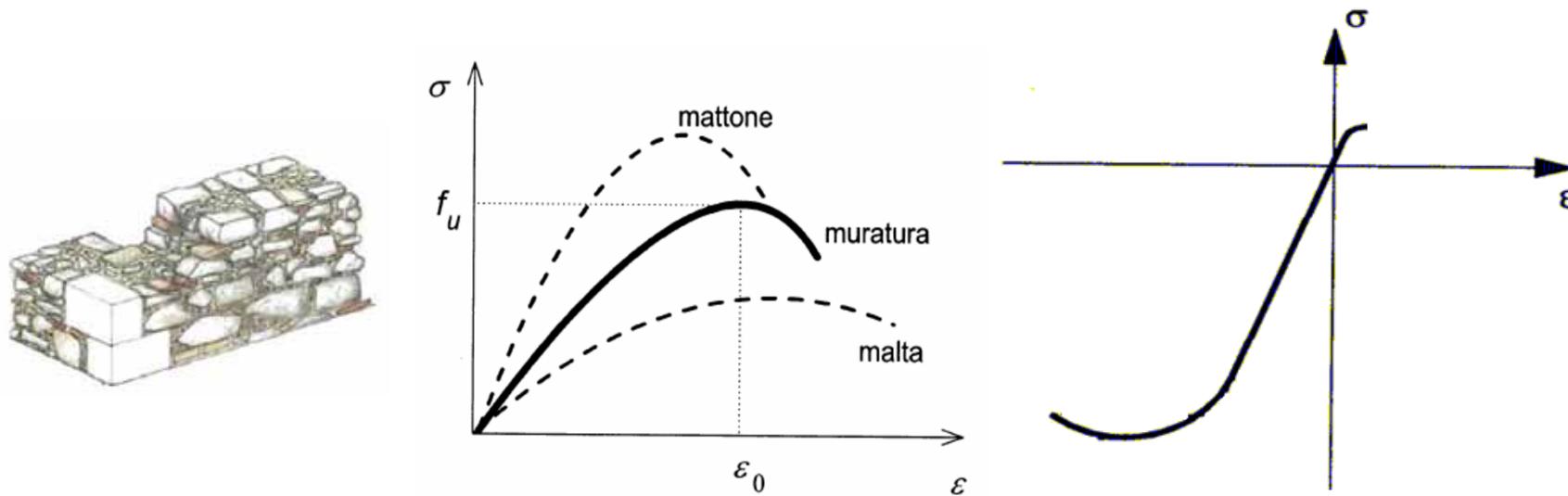
Professore Associato di Tecnica delle Costruzioni
Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura
Università di Napoli Federico II

g lignola@unina.it

La Muratura: caratteristiche

2 Le caratteristiche che qualificano il comportamento meccanico della muratura:

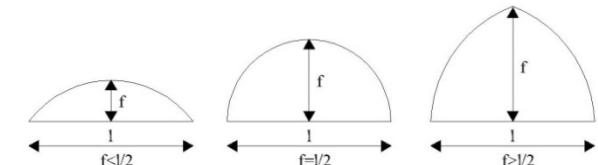
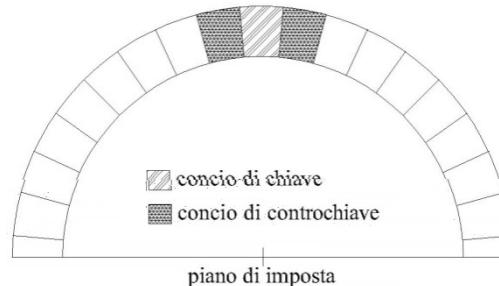
- **disomogeneità** (differenza di comportamento da punto a punto)
- **anisotropia** (differenza di comportamento nelle diverse direzioni)
- **asimmetria** di comportamento compressione-trazione
- **non linearità** del legame sforzi-deformazioni



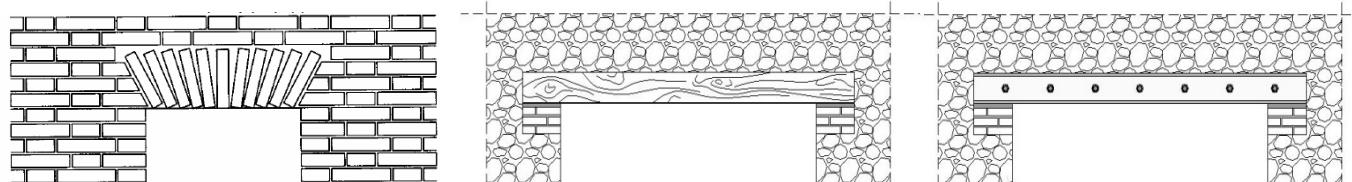
Strutture in muratura: elementi strutturali

3 Si passi innanzitutto ad una breve rassegna dei diversi elementi strutturali che caratterizzano gli edifici in muratura.

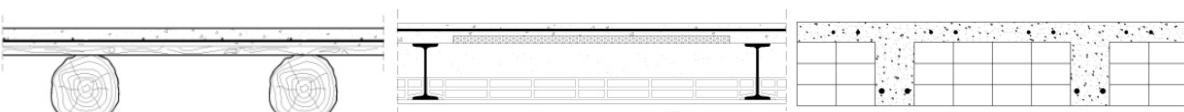
- *Murature di fondazione*



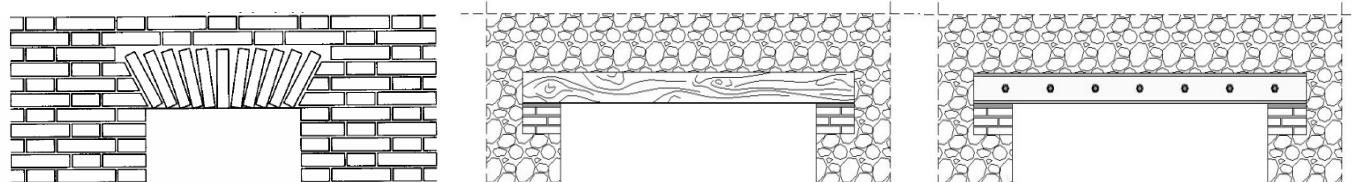
- *Setti e muri portanti*



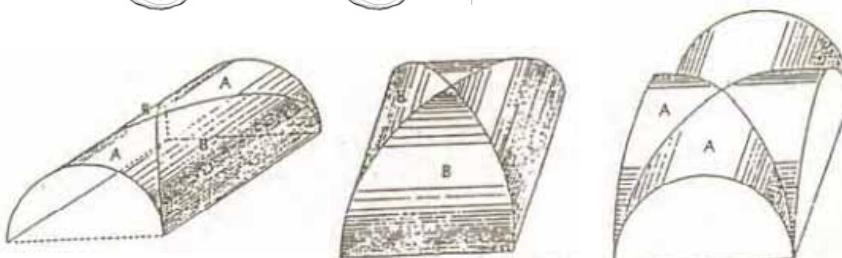
- *Elementi ad arco*



- *Architravi*



- *Piattabande in muratura*



- *Archivolto*

- *Orizzontamenti*

- *Strutture voltate*

- *Le coperture*

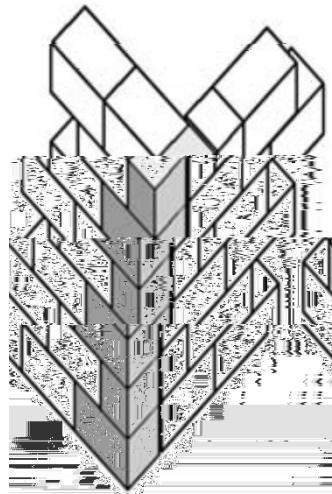


Strutture in muratura: connessioni

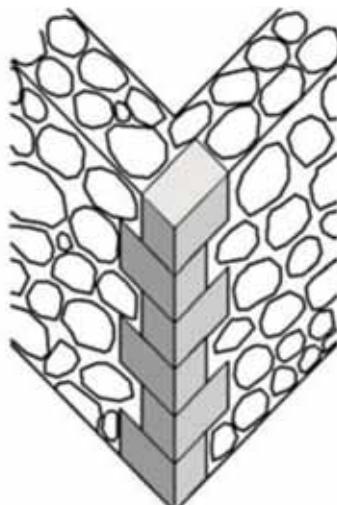
4

Un primo tipo di connessione è quello che si ha o si può avere tra muro e muro, in corrispondenza degli **spigoli** e degli **incroci**.
In dipendenza del tipo di realizzazione ci può essere :

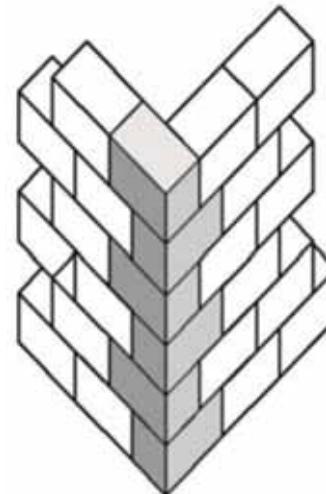
- un semplice **accostamento**;
- una **piena compenetrazione**.



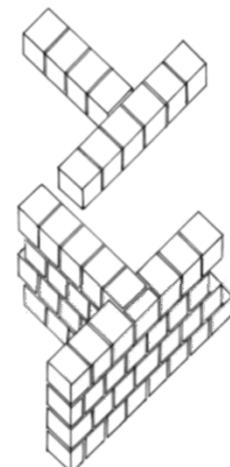
Assenza di collegamento



Collegamento efficace

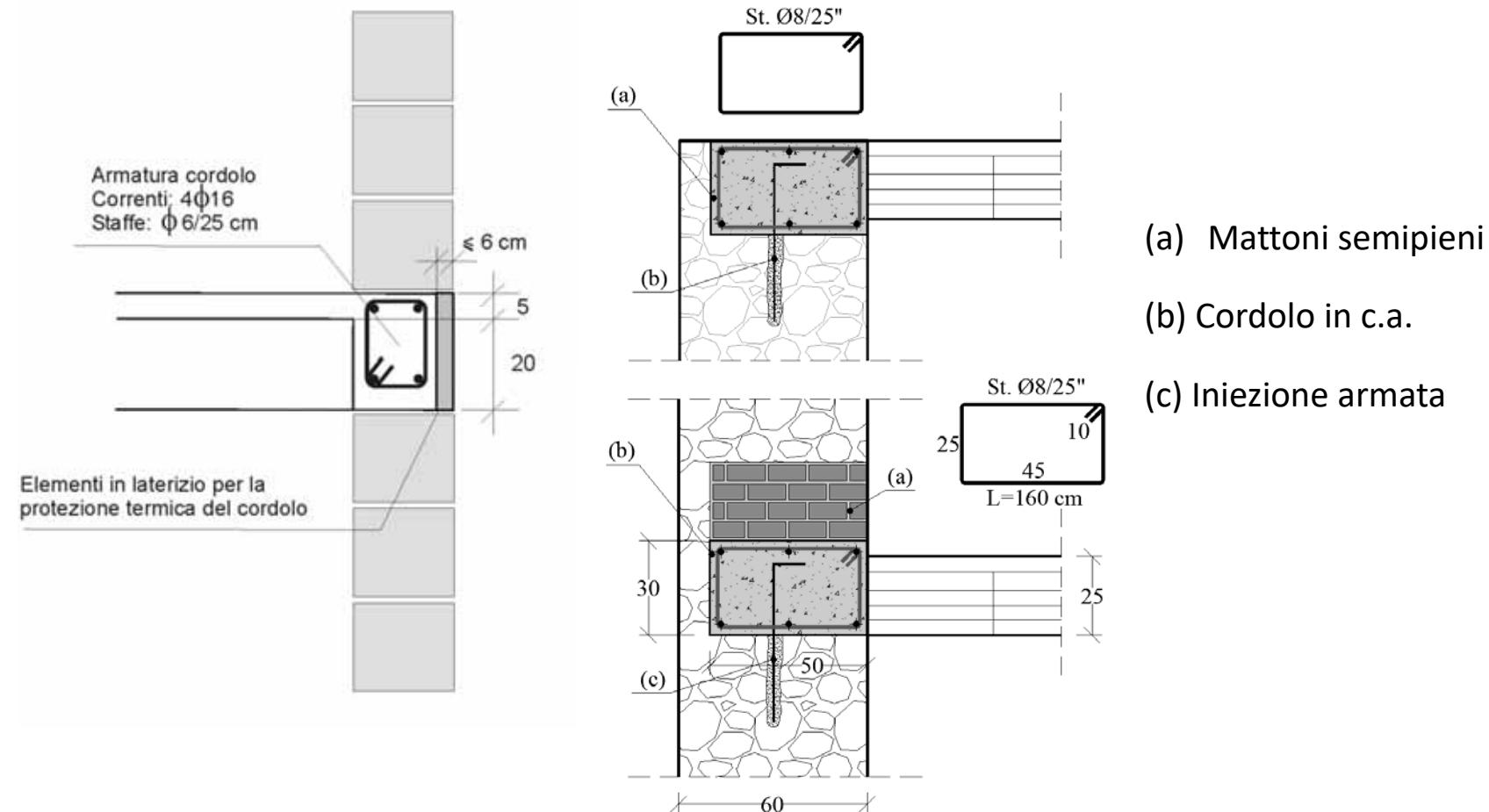


Collegamento efficace



Strutture in muratura: connessioni

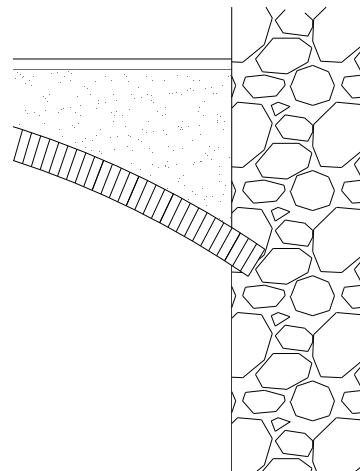
5 La connessione può essere anche dovuta all'eventuale presenza di un cordolo di **cemento armato** in testa alle pareti, purché sia stato realizzato con un efficace ammorsamento al muro sottostante.



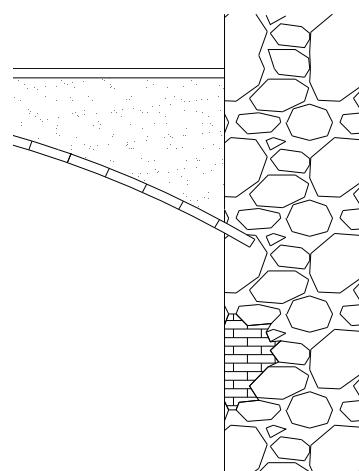
Strutture in muratura: connessioni

6

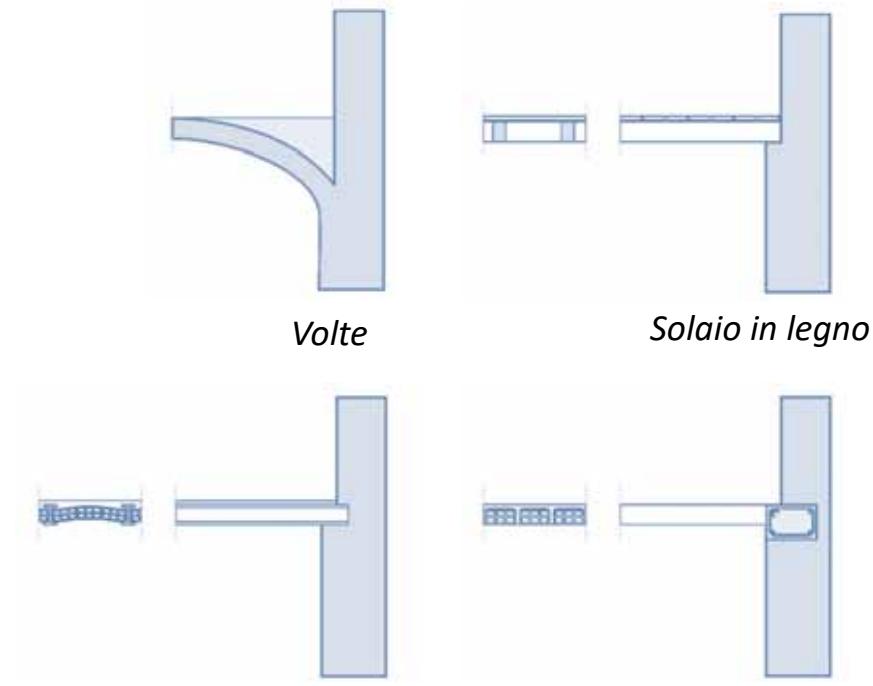
Un altro tipo di collegamento è quello che viene affidato agli **orizzontamenti** (solai, coperture). Questi ultimi, oltre ad avere la funzione di assorbire e ripartire i carichi verticali, possono anche essere in grado di ripartire le azioni orizzontali. Perché ciò possa avvenire è necessario che il **collegamento** tra la testa dei muri ed il solaio stesso sia idoneo a garantire il trasferimento degli sforzi che si possono generare.



Volte in spessore



Volte in foglio



Solaio in c.a.



Strutture in muratura: Dissesti

DISSESTI DI NATURA FISIOLOGICA :

Dipendono dalla tipologia della costruzione, cioè dalla concezione e dalle modalità di costruzione dell'edificio

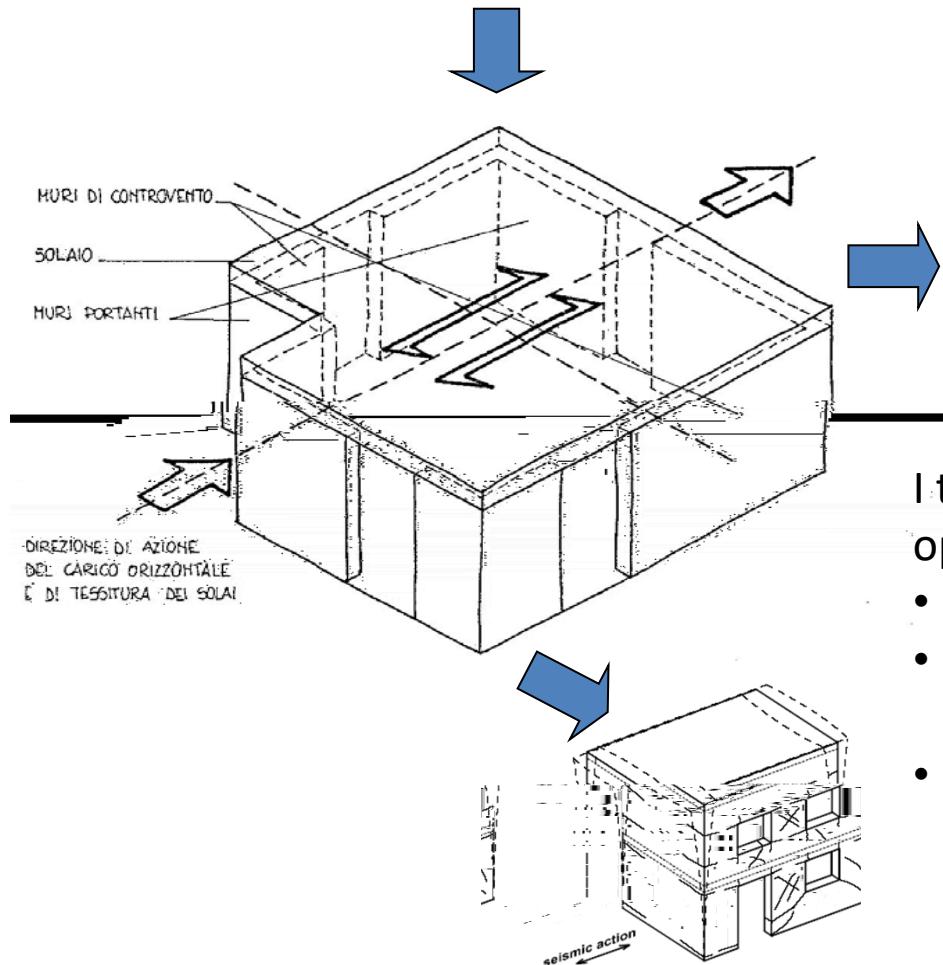
DISSESTI DI NATURA PATOLOGICA :

- a) Derivanti dalla trasformazione dei dissesti fisiologici a causa di :
 - Scarsa qualità dei materiali
 - Insufficienza intrinseca della costruzione
 - Degrado connesso all'invecchiamento
- a) Causati da eventi esterni accidentali (o eccezionali) oppure da interventi umani
- b) Causati da eventi sismici

Concezione strutturale : sistema scatolare

L'edificio una **struttura tridimensionale (scatolare)**. Costituita da singoli sistemi resistenti piani essendo collegati tra di loro e con le fondazioni

NTC 18(§ 4.5.4)



In base alla funzione statica svolta si distinguono tre sistemi

- **pareti** che sopportano i **carichi verticali**
- pareti che sopportano le **azioni orizzontali**
- **impalcati piani** (rigidi e resistenti)

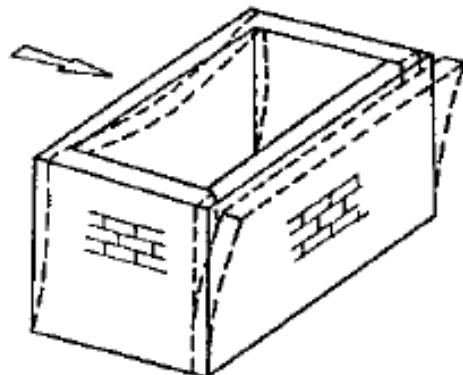
I tre sistemi piani devono essere opportunamente collegati tra di loro:

- Cordoli orizzontali (a livello di solaio)
- Incatenamenti trasversali (armatura di ripartizione – travetti di rip.)
- Ammorsamenti verticali (croci di muro efficienti).

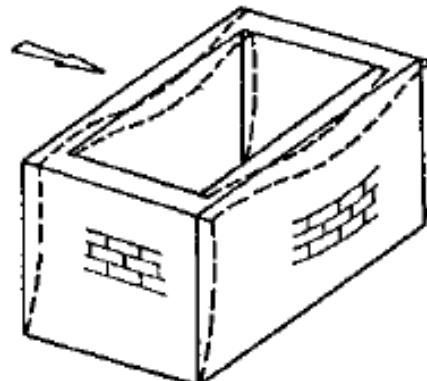
Strutture in muratura: azione sismica

9

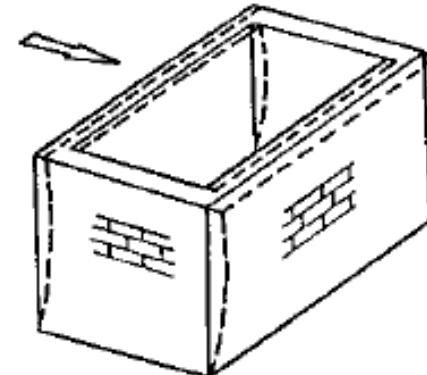
Una struttura muraria, investita dal sisma, può presentare diversi meccanismi di danno che, dipendono sia dagli elementi strutturali che dal tipo di **connessione**



Solai flessibili e pareti senza connessioni



Solai flessibili e pareti con connessioni

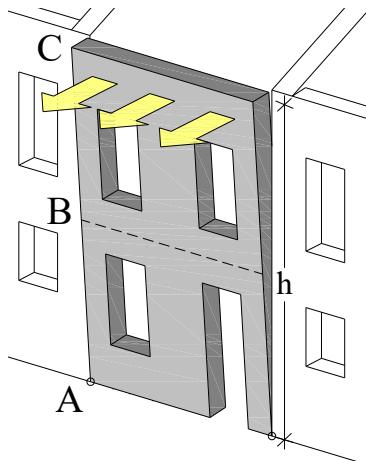
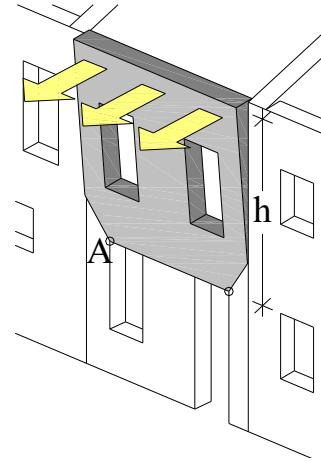
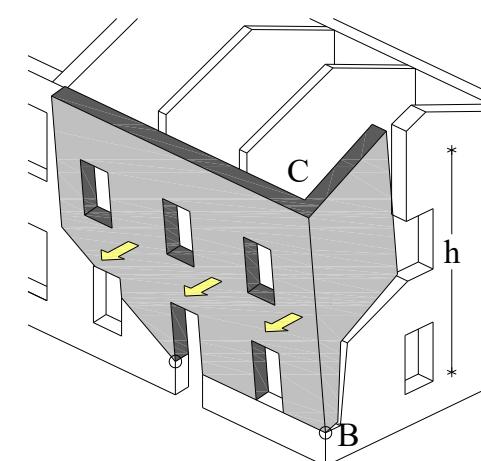
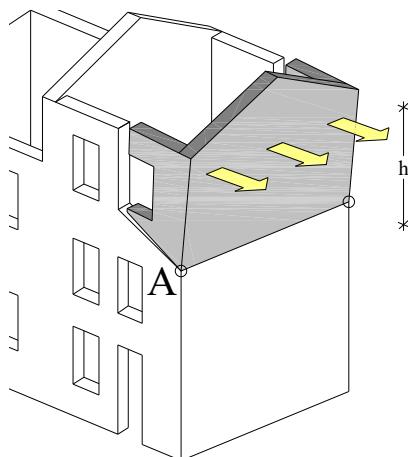
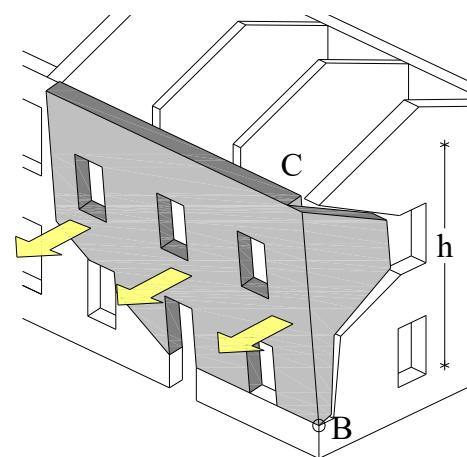
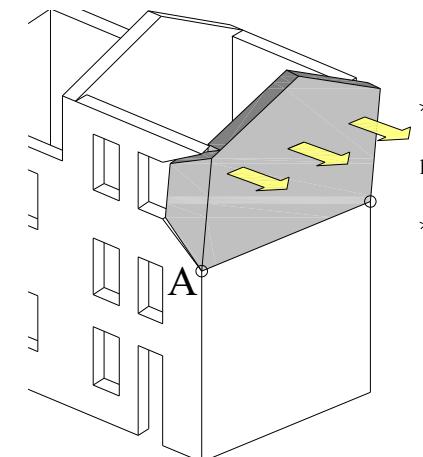


Solai rigidi con pareti connesse

I primi due casi esibiscono rotture locali, il terzo un comportamento globale

Meccanismi Locali: Classificazione

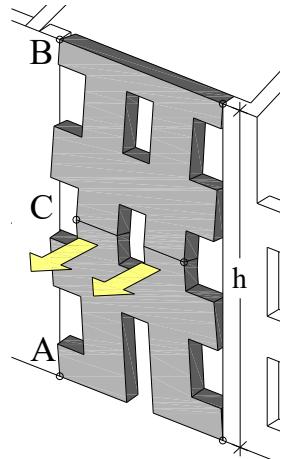
11

RIBALTAMENTO SEMPLICE**RIBALTAMENTO SEMPLICE****RIBALTAMENTO COMPOSTO****RIBALTAMENTO COMPOSTO****RIBALTAMENTO COMPOSTO****RIBALTAMENTO COMPOSTO**

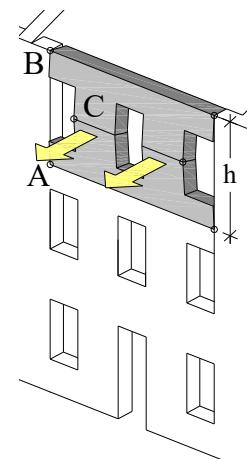
Meccanismi Locali: Classificazione

12

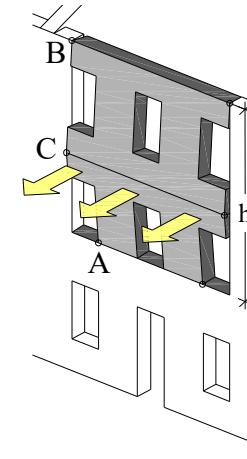
FLESSIONE VERTICALE



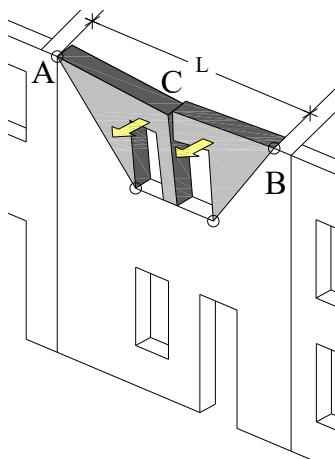
FLESSIONE VERTICALE



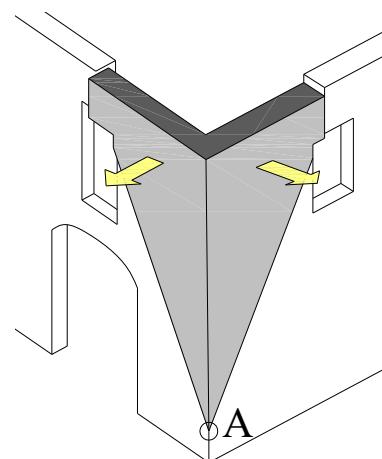
FLESSIONE VERTICALE



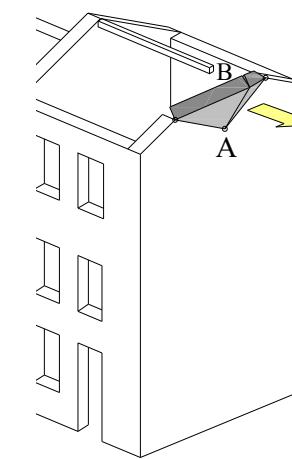
FLESSIONE ORIZZONTALE



RIBALTAMENTO CANTONALE



MARTELLAMENTO TIMPANO

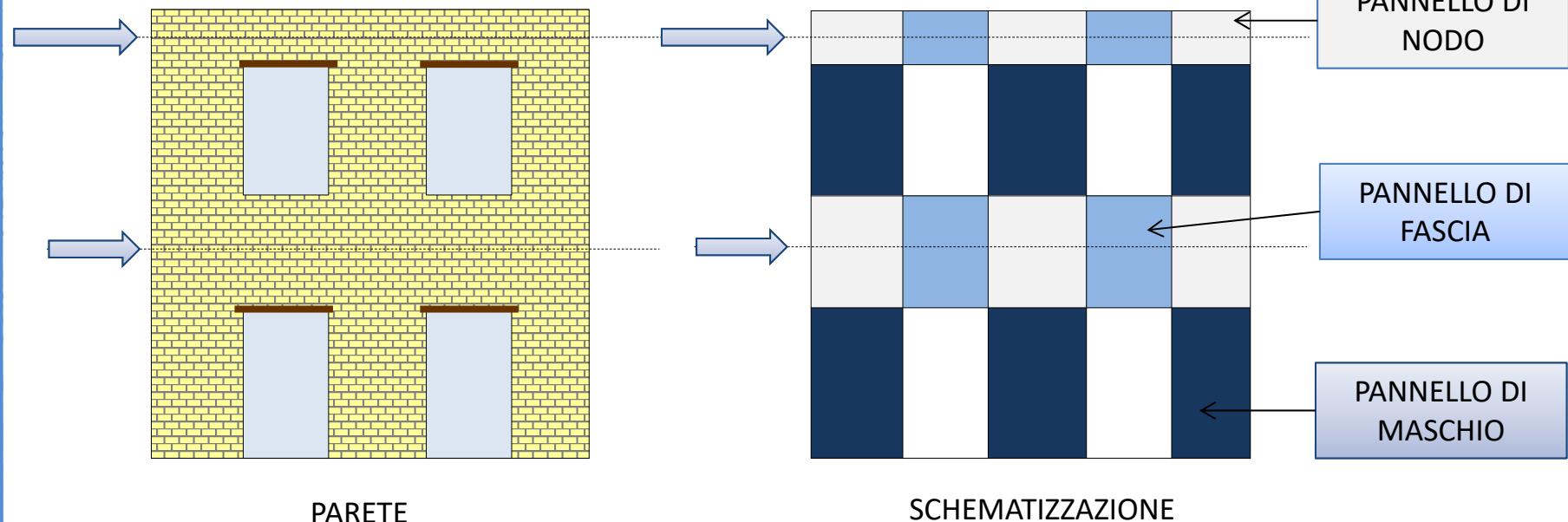
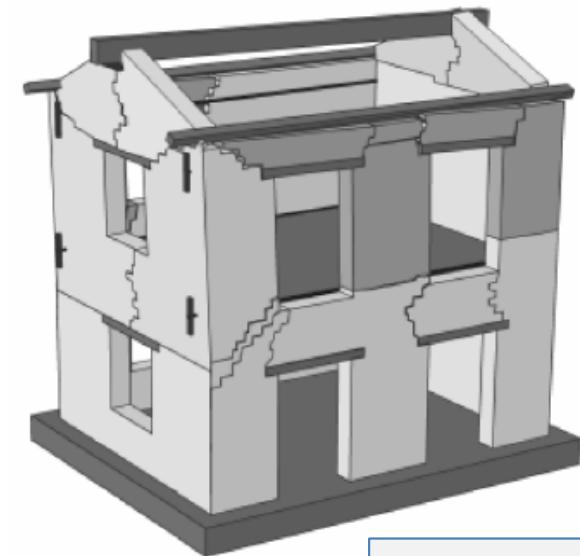


Meccanismi nel piano: Elementi

13

Comportamento per azioni nel piano delle pareti

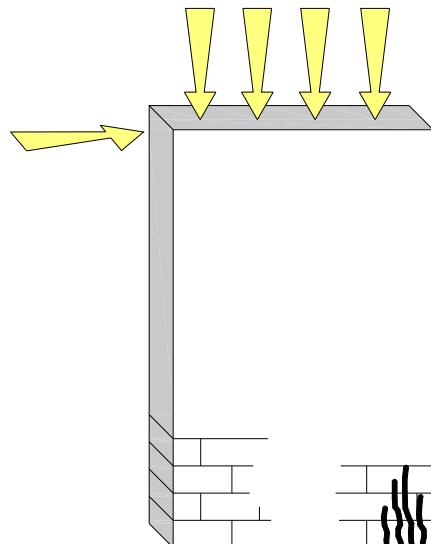
La parete muraria si può considerare costituita da un insieme di pannelli di materiale non resistente a trazione



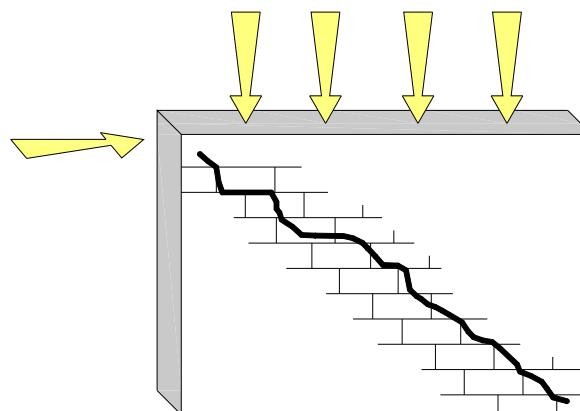
Meccanismi nel piano: Modalità di crisi

14

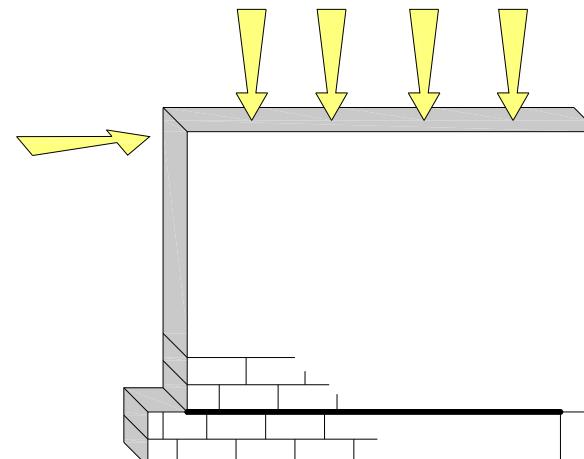
Per comprendere il comportamento di una parete sotto l'azione di forze orizzontali nel suo piano bisogna analizzare i possibili meccanismi di collasso di pannelli murari.



Pressoflessione



Taglio con fessurazione
diagonale



Taglio con scorrimento

L'instaurarsi dell'uno piuttosto che dell'altro dipende sostanzialmente dal valore della compressione media applicata, dal rapporto di forma del pannello e dalle condizioni di vincolo delle sue estremità.

D v] • u] v o d% }vo} }VP]

Z } š š μ œ š Po] }] u • Z] u μ œ œ]

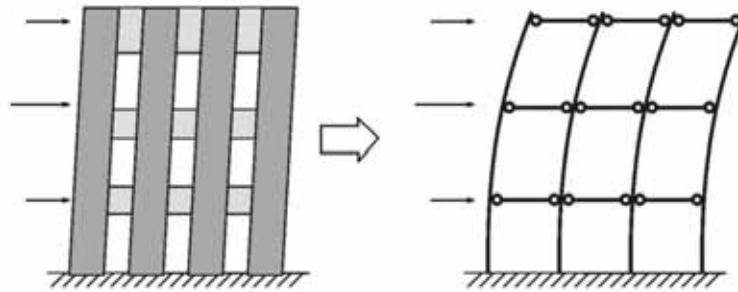
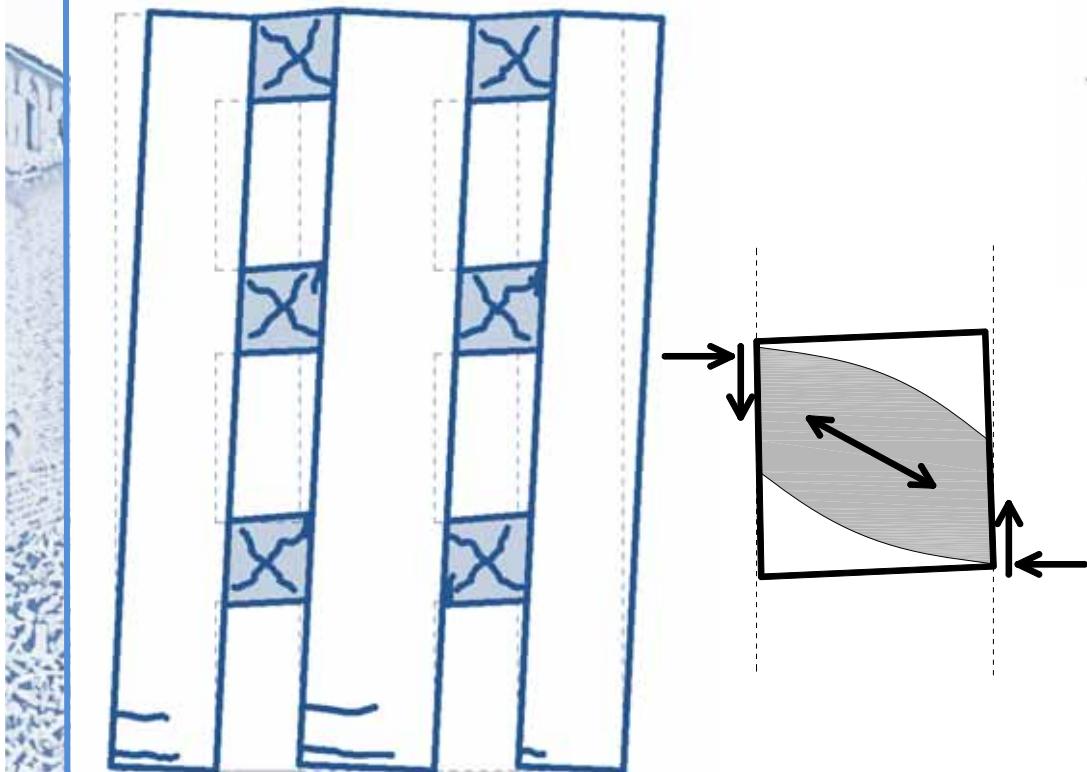
[(Á } œ] š } o o %œ • v
} œ } o]

D E / ^ D K / W / E K W / i & s K Z s K >

/ o } oo •• }] u • Z] u μŒ œ] š Po]} •] à œ](])]) v P
u } o š } ••] œ š š œ] ì ì š] o o %œ œ • v ì
œ] P] ì ì x

Meccanismi nel piano: Tipologie

Rottura a taglio delle fasce di piano



La rottura delle fasce di piano determina uno schema resistente molto più vulnerabile

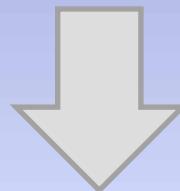
Comportamento tipico degli edifici della I e II classe

Nel caso di costruzioni di **maggior altezza** e/o con fasce di interpiano di minore rigidezza la comparsa di fessure diagonali si verifica in corrispondenza delle fasce di piano.

INTRODUZIONE

MURATURA ESISTENTE: → “prodotto artigianale”

- Proprietà meccaniche differenti
- Modalità di costruzione differenti
- Materiali da costruzione differenti



MATERIALE FORTEMENTE NON OMOGENEO



INTRODUZIONE



CAUSA
↓
DISSESTO
↓
LESIONE



PERCORSO A
RITROSO
(INDIRETTO)
NELLA
PRATICA DI
STUDIO

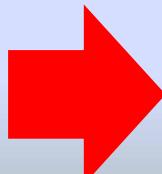


**CONOSCENZA E
MONITORAGGIO
DEL QUADRO
FESSURATIVO**

I fenomeni fessurativi assumono aspetti caratteristici mutevoli al variare delle cause scatenanti, della natura del materiale, dell'ambiente e delle strutture.

CAUSE:

1. Variazioni termiche e igrometriche
2. Carichi (localizzati e non)
3. Movimenti del terreno
4. Vibrazioni
6. Spinte di archi e volte



EFFETTI:

1. Espansione e contrazione
2. Schiacciamenti, cedimenti, instabilità
3. Cedimenti differenziali edificio
4. Non significativi se dovute al traffico
6. Spacciamento pareti superiori

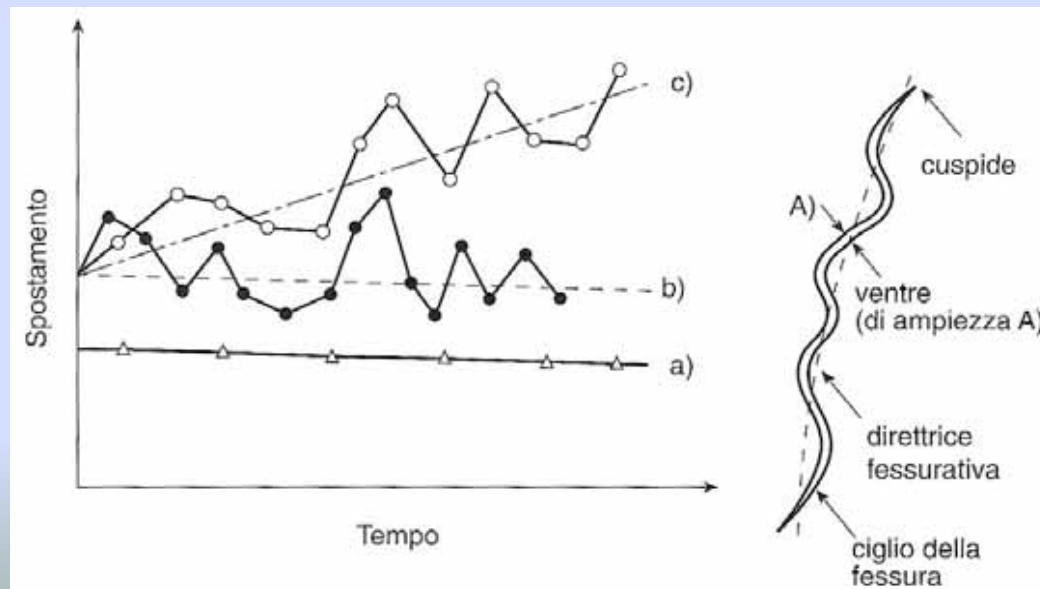
QUADRO FESSURATIVO (1):

1. VARIAZIONI TERMICHE E IGROMETRICHE:

Tipicamente l'effetto che si ha è l'**espansione** e la **contrazione** di fessure con andamento ciclico:

- giorno/notte
- estate/inverno

Si deve pertanto monitorare la struttura con tempi di osservazione variabili a seconda della complessità delle situazioni di dissesto a partire da alcune settimane ad alcuni anni, per poter escludere tali effetti ciclici o per poter depurare i moti dovuti alla faticenza da quelli legati agli effetti ciclici.

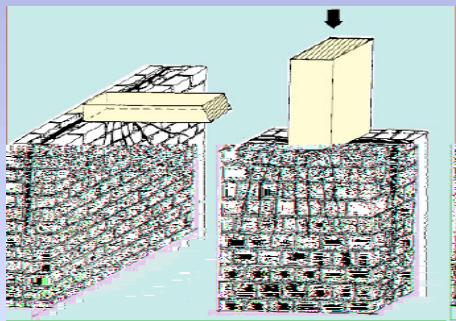


Rilievo della temperatura locale → l'indagine va eseguita nel **ventre** e nelle **cuspidi** per accettare, rispettivamente, gli incrementi dell'ampiezza e della propagazione.

QUADRO FESSURATIVO(2):

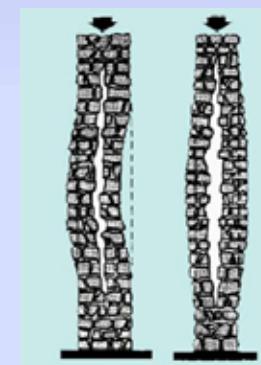
2. CARICHI:

I carichi agenti sulla muratura possono essere **carichi localizzati** oppure **carichi eccessivi** e tali per cui si arriva al raggiungimento della resistenza ultima della muratura.



CARICHI LOCALIZZATI:
Problema nella diffusione
del carico

CARICHI ECESSIVI:
Schiacciamento



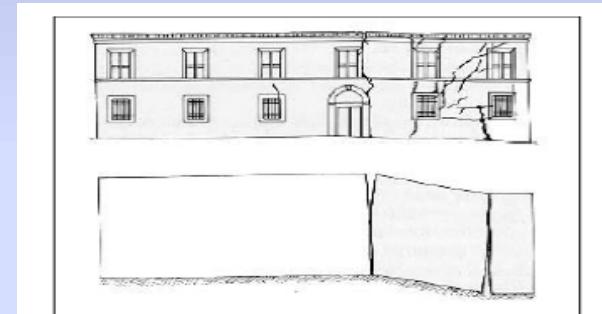
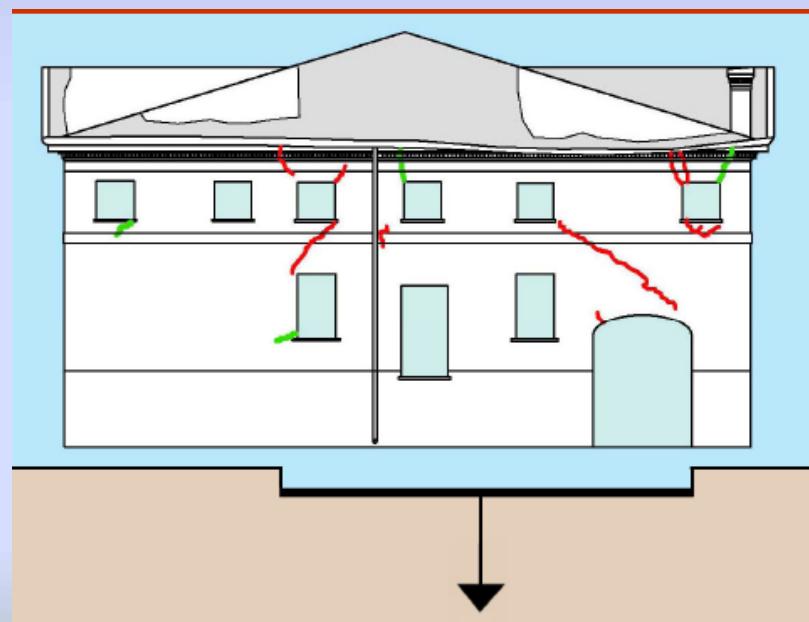
CARICHI ECESSIVI:
Problema di
separazione delle
cortine → instabilità

MONITORAGGIO: individuazione delle caratteristiche di resistenza a compressione della malta e del mattone (problema nelle strutture esistenti).
Verifica in situ della disposizione e dell'orditura delle pietre: presenza di diatoni, ortostati ecc...

QUADRO FESSURATIVO (3):

3. MOVIMENTI DEL TERRENO:

I movimenti del terreno tipicamente provocano cedimenti delle fondazioni delle strutture esistenti. In genere più l'elemento è tozzo più è suscettibile a cedimenti in fondazione → tipico per le strutture in muratura esistenti le quali sono inoltre caratterizzate da fondazioni poco profonde o addirittura non hanno fondazioni. Sono importanti i **cedimenti relativi** perché provocano uno spostamento di una parte di edificio rispetto all'altra → cedimenti differenziali



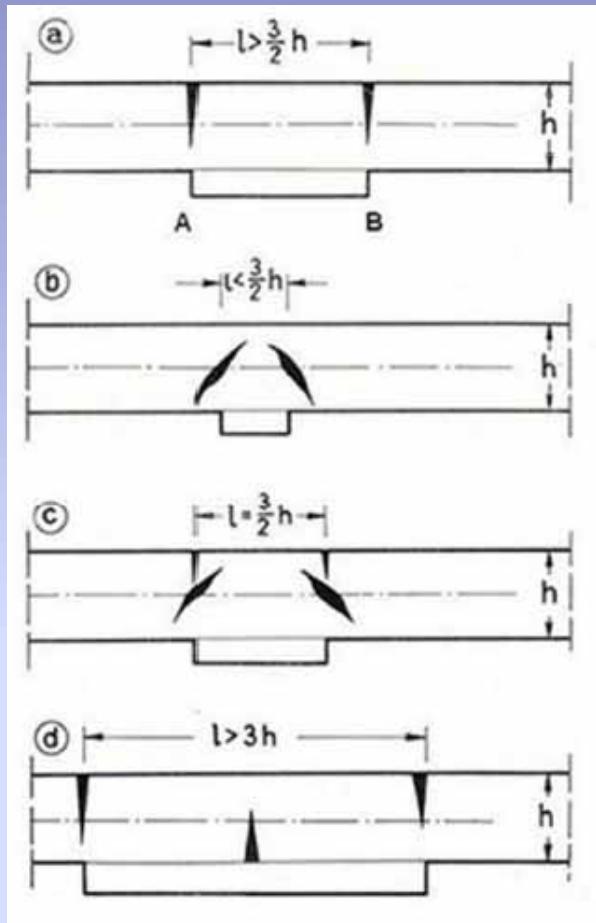
I cedimenti possono essere:

- INTERMEDI** e **TERMINALI**
- CORTI, MEDI, LUNGHI**
- RELATIVI** o **ASSOLUTI**

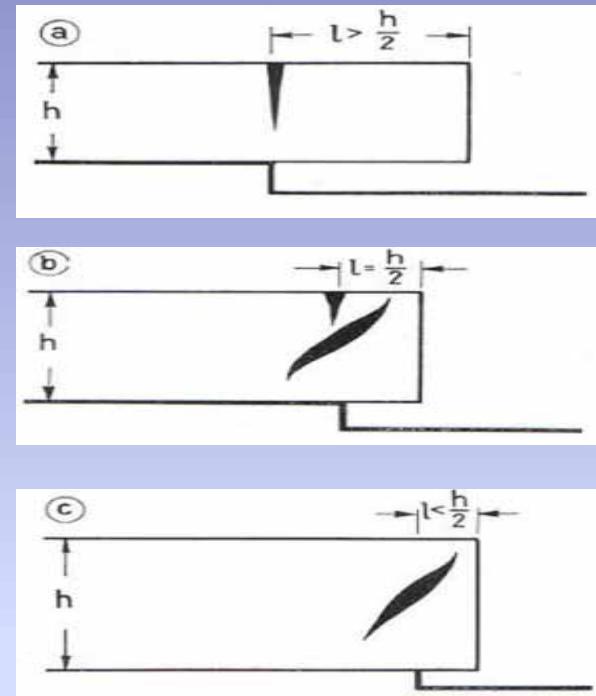


DIFFERENTE QUADRO FESSURATIVO!

CEDIMENTI INTERMEDI



CEDIMENTI TERMINALI



LUNGHI:
 $\sigma > \tau$

CORTI:
 $\sigma < \tau$

MEDI:
 $\sigma = \tau$

MOLTO
LUNGHI:
 $\sigma >> \tau$

LUNGHI:
 $L > H/2$

MEDI:
 $L = H/2$

CORTI:
 $L < H/2$

Esempi:



Particolari di lesioni sopra le porte e sotto le finestre, indice di cedimenti di fondazione



Traslazione verticale intermedia



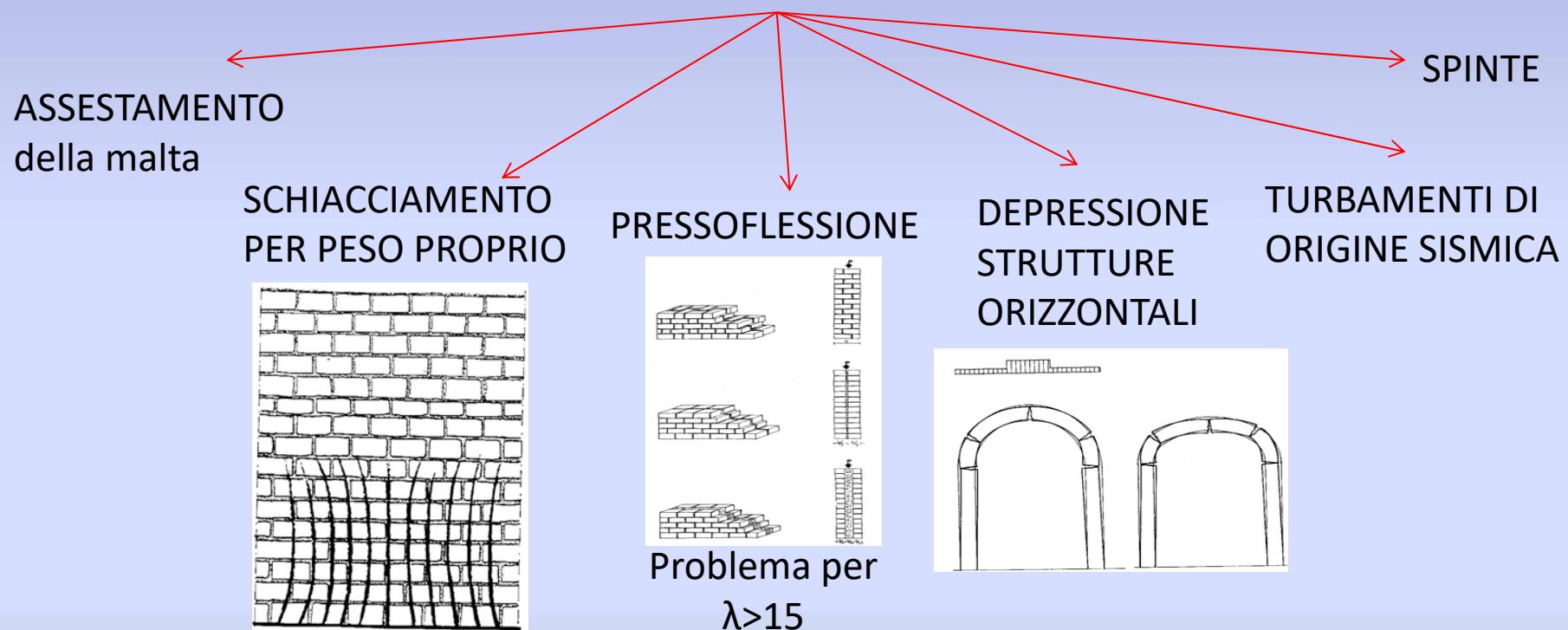
Fessurazione a gola con cigli divergenti: sta a annunciare il moto rotatorio della testata destra in sede di cedimento

QUADRO FESSURATIVO (4):

4. CEDIMENTI DELLE STRUTTURE FUORI TERRA → è l'edificio che cede a causa di:

- Difetti o defezioni statiche
- Insufficienza delle membrature costituenti la struttura
- Cause accidentali
- Interventi post operam per ampliamenti o ristrutturazioni

TIPOLOGIE PIU' COMUNI:

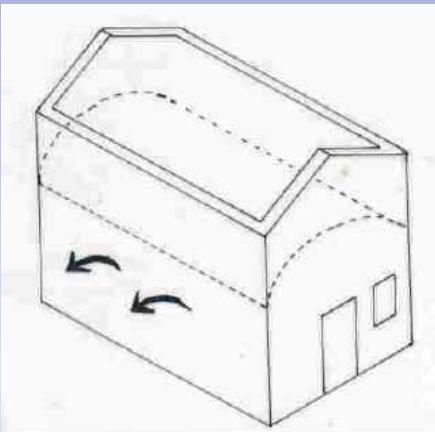


SPESSO SONO ACCOPPIATI!!!

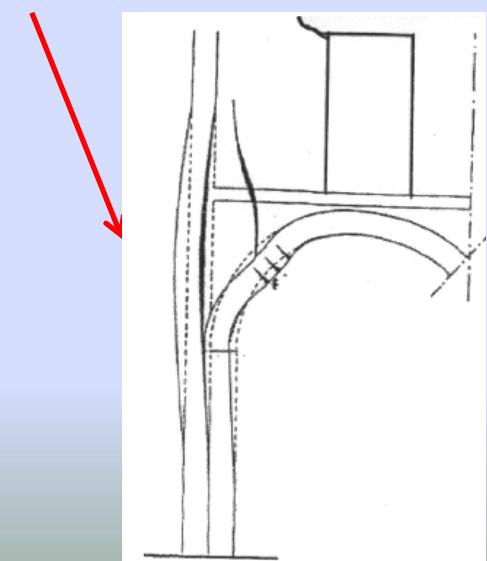
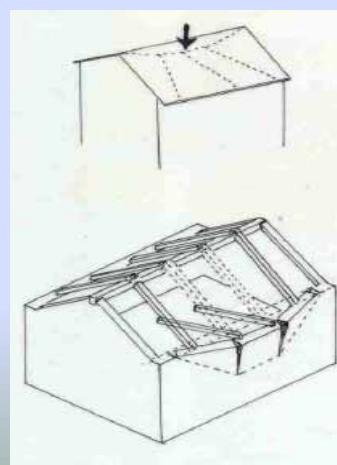
QUADRO FESSURATIVO (5):

5. SPINTE DI ARCHI E VOLTE e SPINTA DELLE COPERTURE:

Gli edifici esistenti, soprattutto quelli storici sono costituiti da sistemi spingenti quali archi e volte che producono pertanto moti rotatori verso l'esterno. Anche le coperture che gravano sui paramenti esterni sono spesso di tipo spingente.



La parete che si oppone alla spinta tende a spacciare verso l'esterno. Lo spacciamento si manifesta nella parte sopra il punto di applicazione della spinta

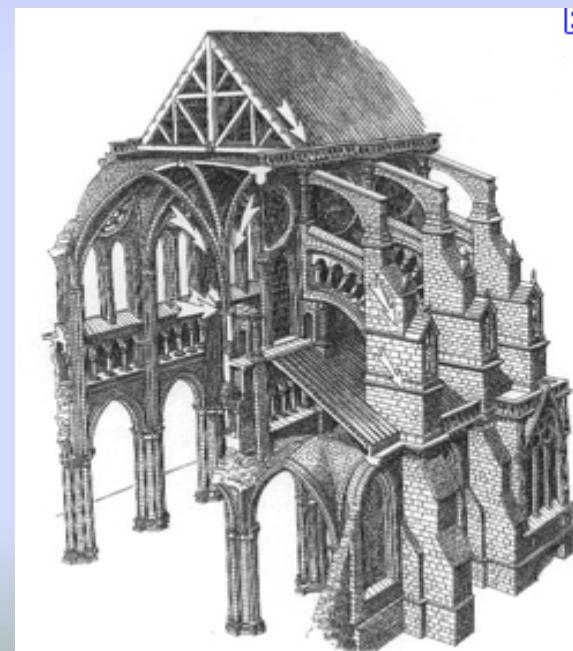


I **parametri** che influiscono su questo tipo di meccanismo sono:

- Spessore del muro
- Qualità muraria
- Numero di piani sovrapposti
- Entità della spinta

Gli **interventi** che si possono fare al fine di ridurre la spinta sono:

- Introduzione di catene nelle imposte
- Introduzione di elementi di contrasto esterni al paramento murario
- Aumentare l'efficacia degli ammorsamenti trasversali per ridurre la deformazione



RIASSUMENDO:

Elevata tipologia di fenomeni fessurativi nelle strutture esistenti in muratura



Importante saper leggere le fessure per poter fare un adeguato piano di monitoraggio e utilizzare gli strumenti adatti



Comprendere le cause del dissesto e prevedere un eventuale intervento di consolidamento o rinforzo



DISSESTI STATICI

intendiamo per tali tutti i dissesti dovuti a difetti di costruzione, aggravio delle condizioni di lavoro strutturale, ammaloramento materiali o causati da cedimenti in fondazione

DISSESTI DA SISMA

sono i danni provocati dai terremoti



I DISSESTI STATICI

I dissesti strutturali si manifestano, usualmente, con **FESSURE** più o meno ampie. A seconda della causa che le ha determinate queste hanno andamento diverso e si concentrano in diverse parti degli edifici.

I **QUADRI FESSURATIVI** hanno diversa natura negli edifici in muratura ed in c.a., visto che gli elementi portanti sono nel primo caso le murature stesse, nel secondo caso pilastri e travi in cemento armato.

Manifestazioni più evidenti di dissesti strutturali, poi, possono essere **DISTACCHI DI MATERIALE** strutturale e non strutturale (intonaco) ed anche crolli parziali.

Nel seguito si vedranno alcuni esempi di dissesti comuni in edifici in c.a. ed in muratura.

Successivamente si valuteranno le principali tipologie di quadri fessurativi con le loro cause.



I DISSESTI STATICI TIPICI PER EDIFICI IN MURATURA

Alcune delle manifestazioni principali

- Rottura per trazione, compressione, flessione taglio
- Lesioni in chiave ed alle reni nelle volte
- Fenomeni fessurativi localizzati e/o diffusi nei maschi murari
- Crolli e instabilità locali
- Mancanza di monoliticità
- Eccessiva deformazione solai
- Crollo parziale/totale solai



I QUADRI FESSURATI VI

Cenni sui Cerchi di Mohr

- I cerchi di Mohr sono un metodo grafico per rappresentare le tensioni in un punto. Disegnando un cerchio in un sistema cartesiano, l'ascissa di ogni punto sul cerchio rappresenta la tensione normale σ e l'ordinata rappresenta lo sforzo di taglio τ .

$$\left(\sigma_n - \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{nm}^2 = \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2$$

$$C = \left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}, 0 \right)$$

$$R^2 = \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2$$

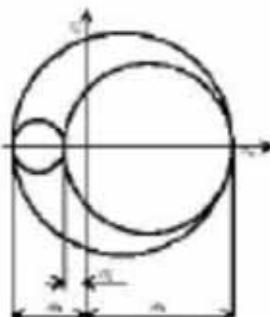


Fig. 15 - Cerchi di Mohr nel caso di $\sigma_1 > 0$, $\sigma_2 < 0$ e $\sigma_3 < 0$.

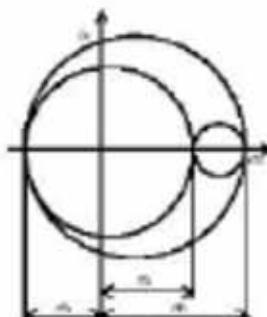


Fig. 16 - Cerchi di Mohr nel caso di $\sigma_1 > 0$, $\sigma_2 > 0$ e $\sigma_3 < 0$.

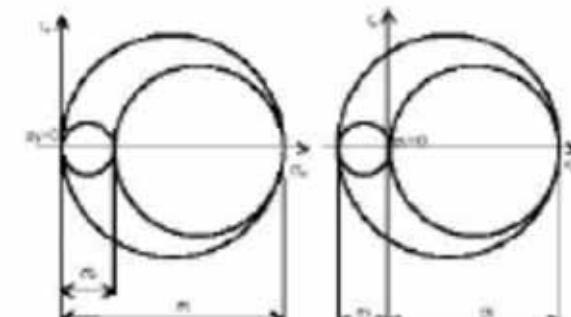
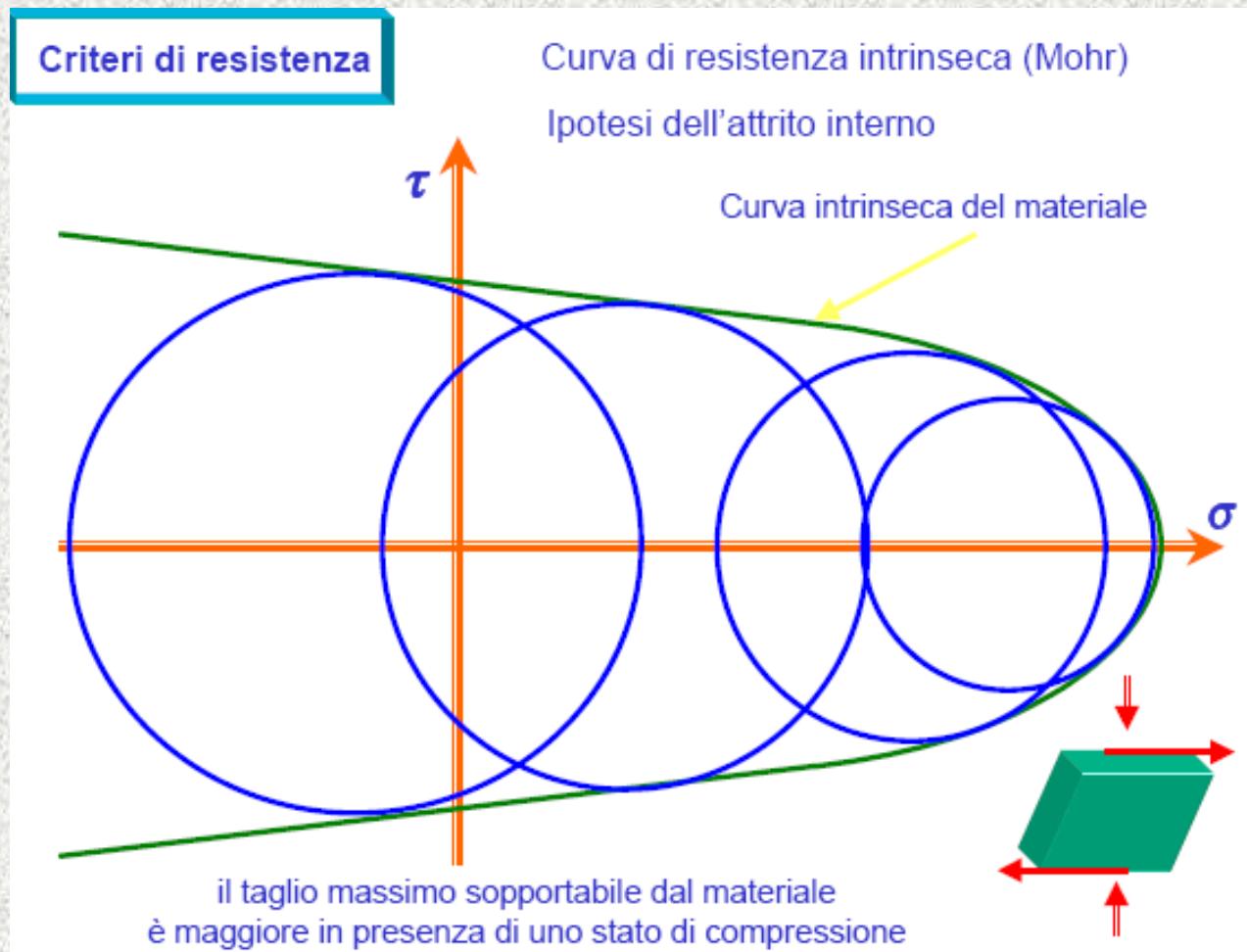


Fig. 17 - Cerchi di Mohr nel caso stato di tensione piano per $\sigma_1 > 0$ e $\sigma_2 = 0$ e $\sigma_3 = 0$ rispettivamente.



I QUADRI FESSURATIVI VI

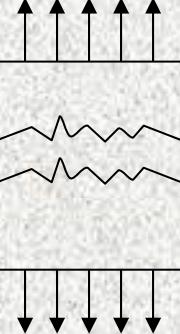
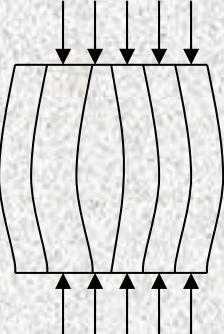
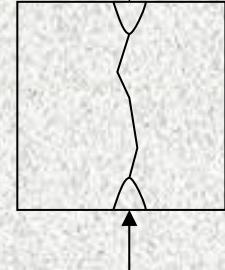
L'individuazione dei piani di crisi in base al criterio della curva intrinseca





I QUADRI FESSURATIVI VI

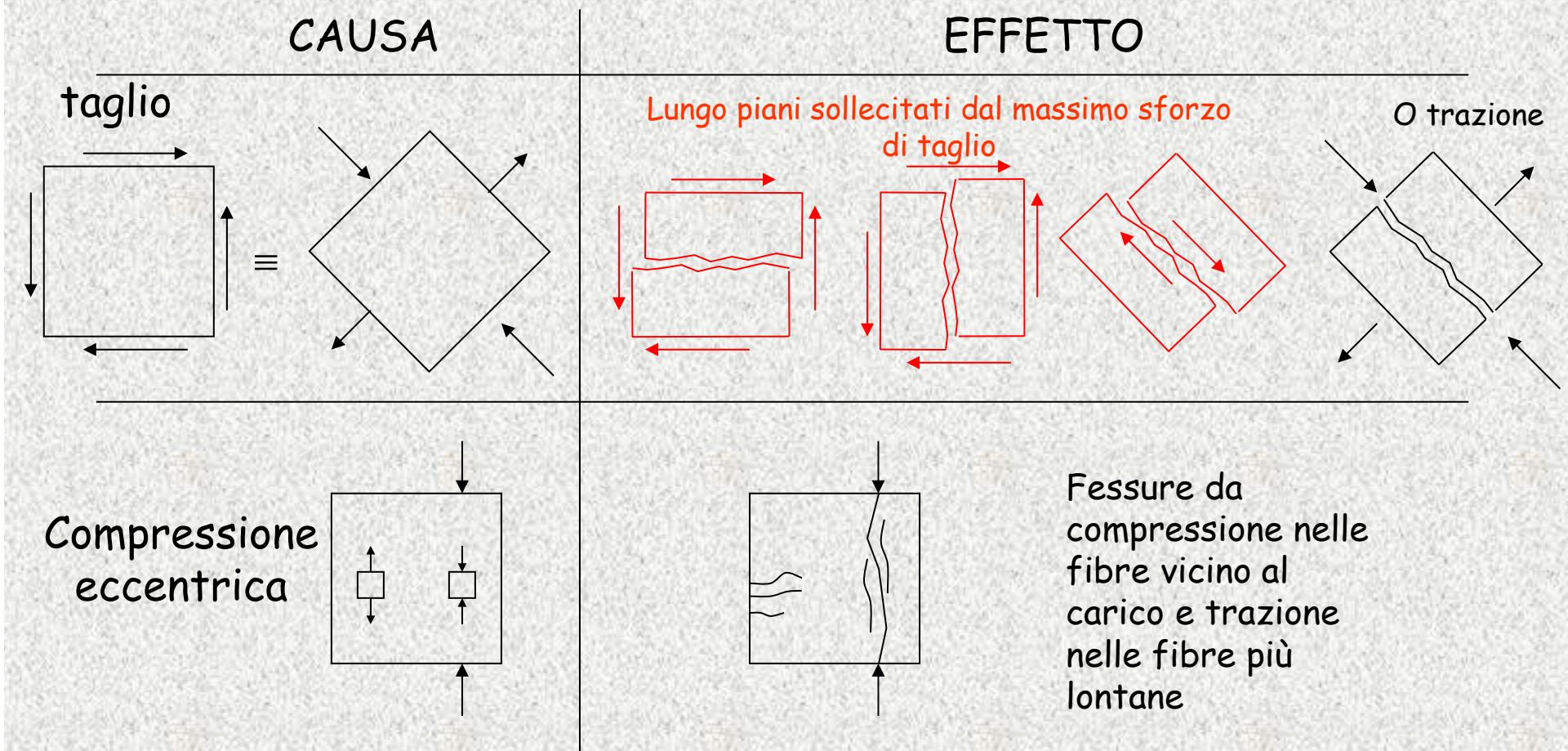
Le tipologie di lesioni : relazioni causa - effetto

	CAUSA	EFFETTO
trazione		 <p>Fessurazione lungo un piano di distacco perpendicolare alla direzione dei carichi</p>
compressione		 <p>Fessurazioni diffuse lungo piani paralleli alla direzione dei carichi (è un fenomeno repentino-rottura fragile- molto pericolosa)</p> 



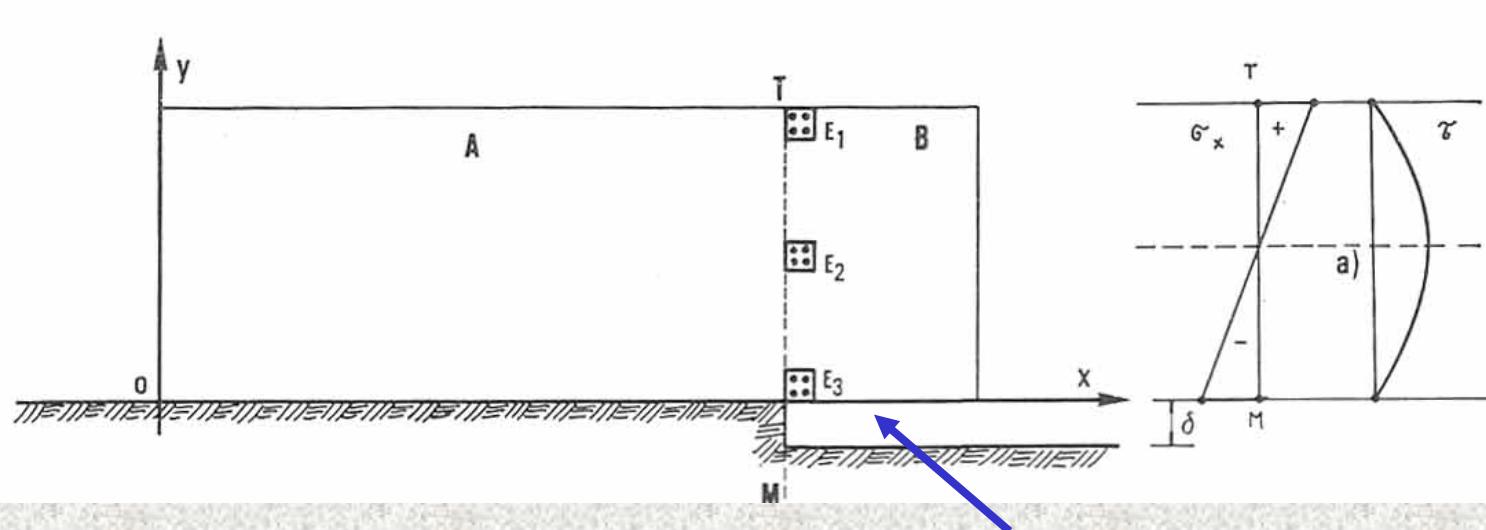
I QUADRI FESSURATIVI

Le tipologie di lesioni negli elementi murari: relazioni causa - effetto





I QUADRI FESSURATIVI per edifici in MURATURA



cedimento di un tratto terminale di terreno

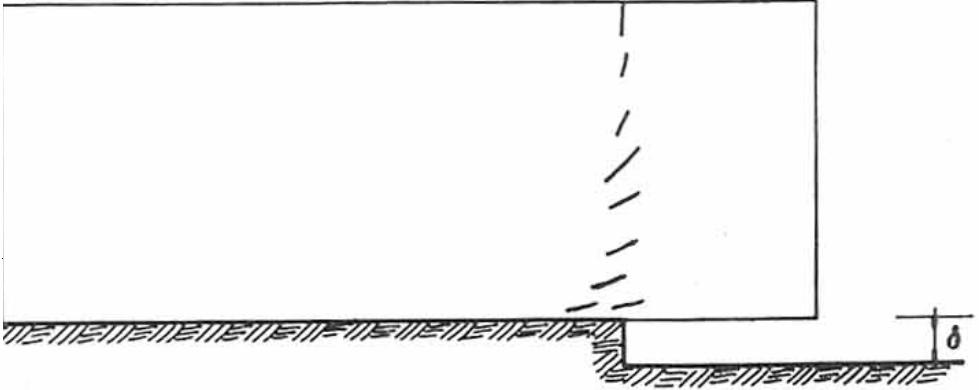
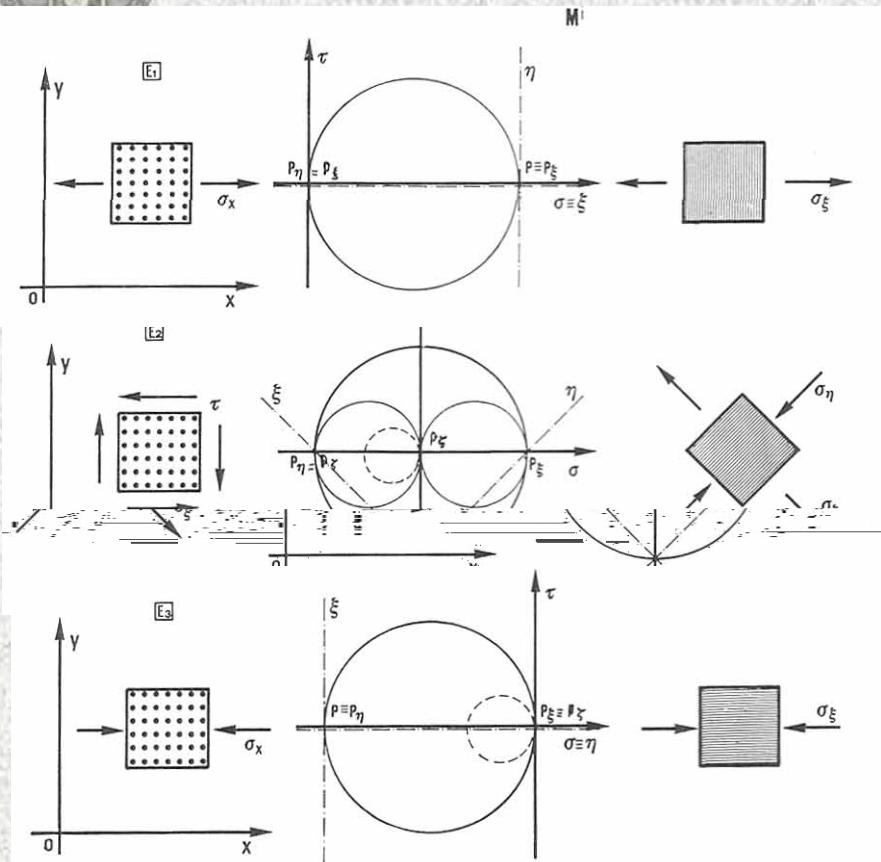
Si può considerare il tratto a sbalzo della muratura come una mensola incastrata nella restante parte.

Considerando tre elementini di muratura in corrispondenza della sezione d'incastro della mensola è possibile valutare l'andamento delle lesioni.

Infatti i diagrammi di σ e τ nella sezione d'incastro forniscono indicazioni sui cerchi principali di Mohr, e quindi sull'andamento delle isostatiche di trazione e compressione.



I QUADRI FESSURATIVI per edifici in MURATURA



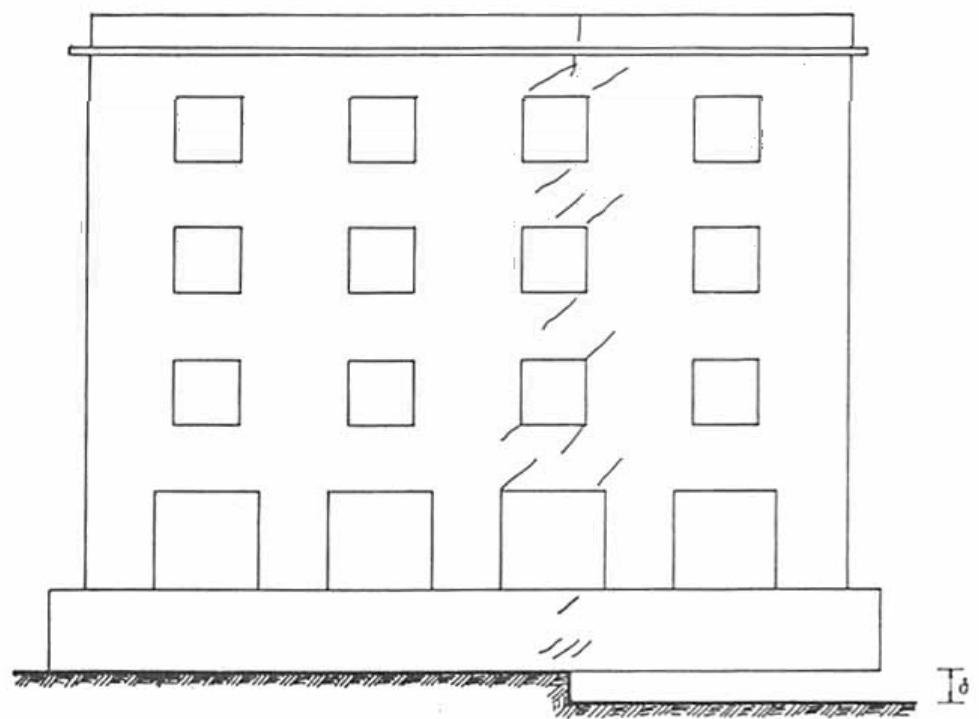
E1 è soggetto a sola σ di trazione ($\tau=0$) e quindi a trazione pura. Pertanto le fessure sono ortogonali alla direzione della tensione, dunque verticali.

E2 è soggetto a taglio puro (fessure a 45°).

E3 è soggetto a sola compressione, per cui le fessure hanno la direzione della σ principale di compressione, e quindi sono pseudo-orizzontali.



I QUADRI FESSURATIVI per edifici in MURATURA

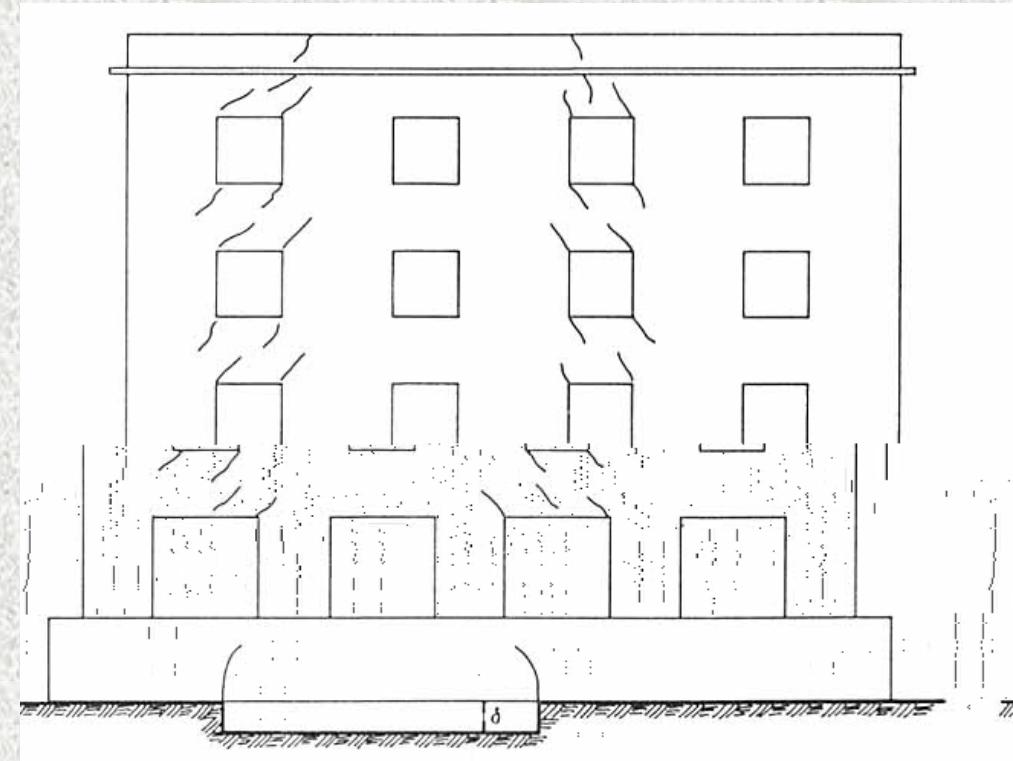


In presenza di aperture le fessure si localizzano nei punti più deboli, e quindi a partire dagli angoli di porte e finestre. L'andamento, tuttavia, è analogo a quello riscontrato per la parete piena.

cedimento di un tratto terminale di terreno



I QUADRI FESSURATIVI per edifici in MURATURA



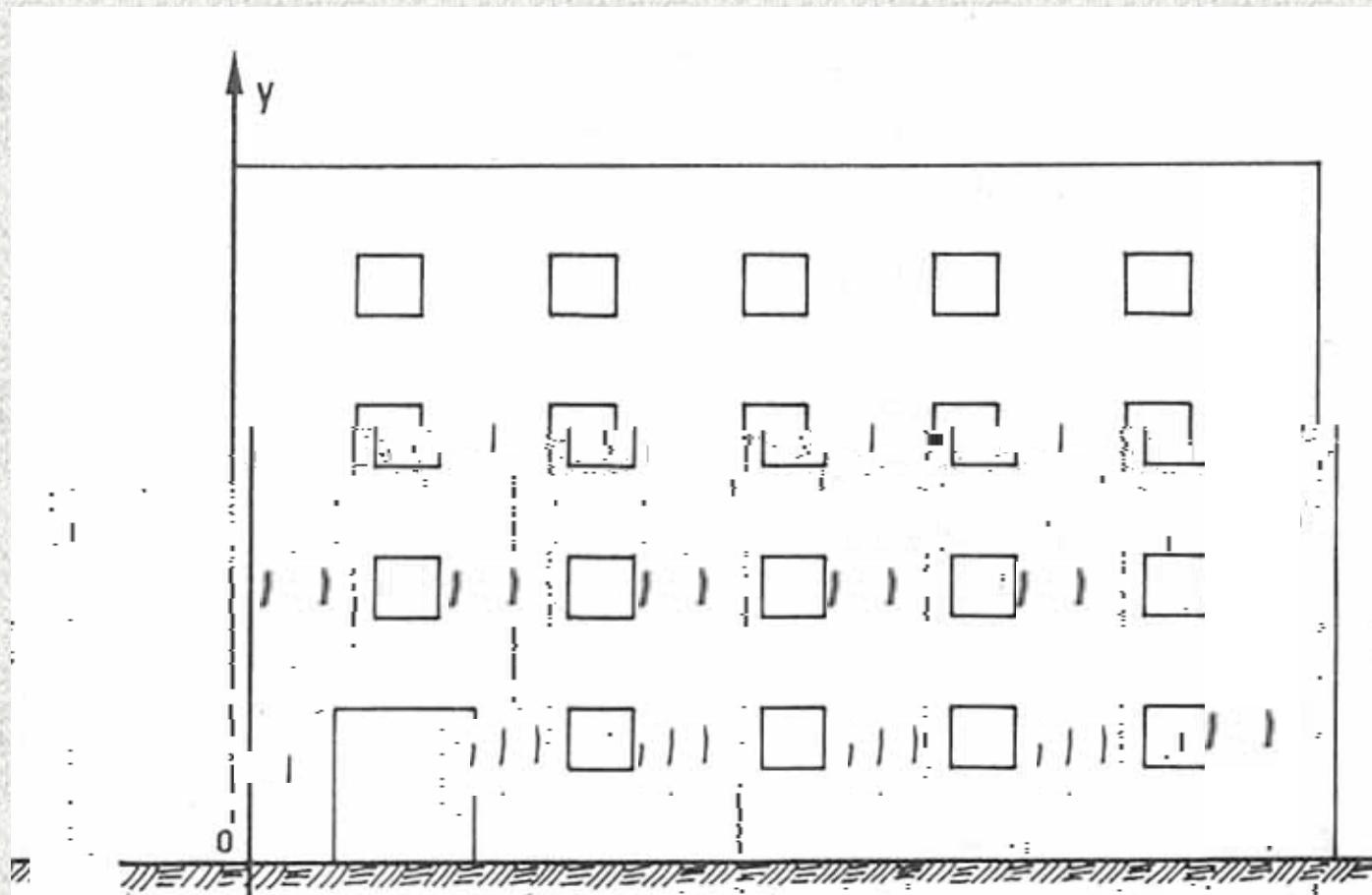
cedimento di un tratto
intermedio di terreno

In definitiva tende a formarsi un ARCO che, in presenza di aperture, si localizza ai bordi delle stesse.

Il tratto intermedio di muratura si comporta come un corpo rigido, ed è come se tendesse a scorrere verso il basso relativamente ai tratti laterali ancora sostenuti dal terreno. Insorgono sforzi di taglio lungo le linee di separazione. Le sezioni di contatto laterali sono soggette a taglio puro (fessure a 45°) mentre la parte centrale, scarica, va in trazione per effetto del peso proprio (è come se fosse appesa alla muratura sovrastante e la τ è nulla sull'asse di simmetria del corpo che cede). Trazione verticale → fessure orizzontali.



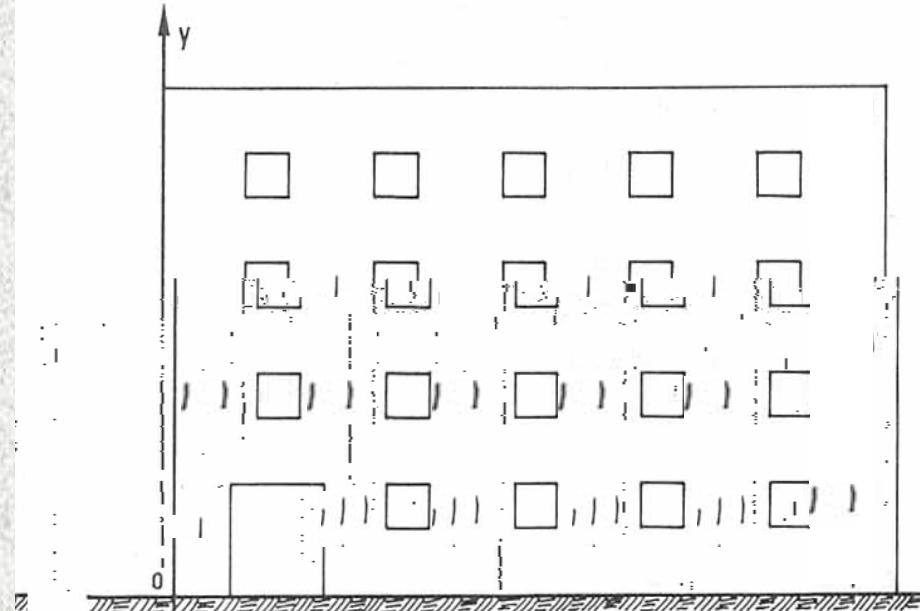
I QUADRI FESSURATIVI per edifici in MURATURA



Schiacciamento della muratura



I QUADRI FESSURATIVI per edifici in MURATURA



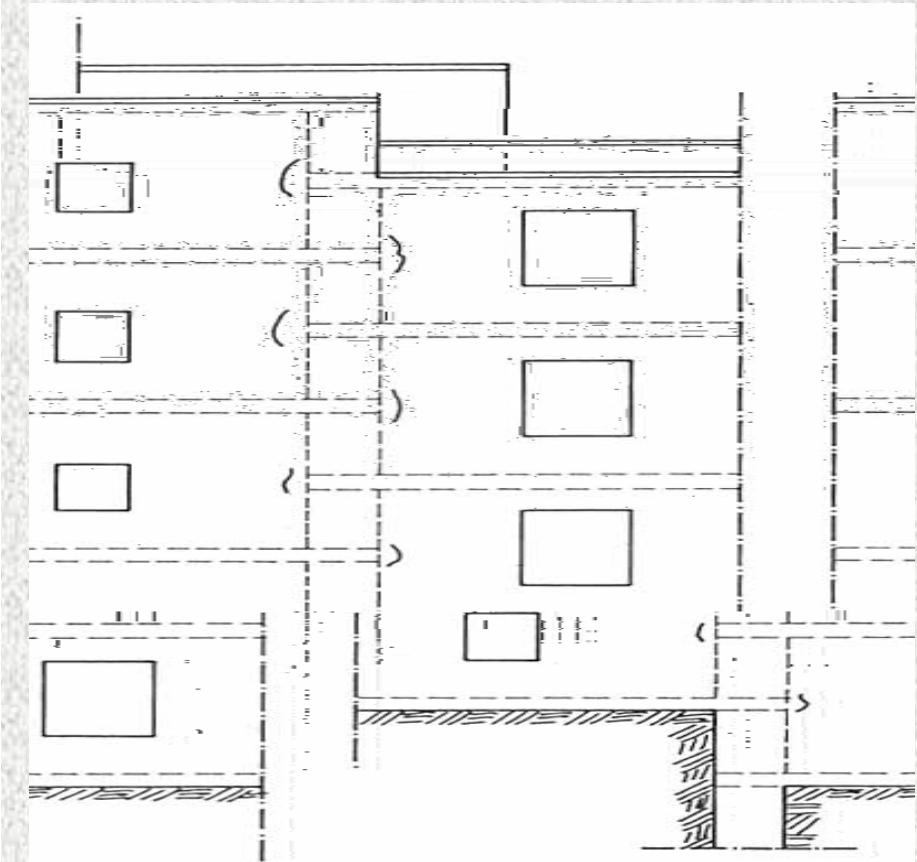
Schiacciamento della muratura

Nei muri con intonaco l'apparizione delle lesioni è preceduta da espulsioni locali, orizzontali multiple del tinteggio, che successivamente interessano l'intonaco. La malta dei giunti orizzontali si disgrega con concentrazione nella direzione degli sforzi ed avvicinamento delle pietre; gli sforzi sono trasmessi all'intonaco, caricandolo di punta (la tinteggiatura prima si corruga e poi si spezza lungo le linee dei giunti). Con il progredire del dissesto si iniziano ad aprire giunti verticali, si ha rottura pietre e comparsa delle lesioni tipiche da schiacciamento (verticali).

Il fenomeno assume aspetti geometrici che variano all'aumentare del dissesto e del grado di pericolo. Inizialmente le fratture sono multiple e saltuarie e tendono a raggrupparsi lungo linee di maggiori sollecitazioni; nella fase più progredita le lesioni si unificano ponendo in evidenza l'avvicinarsi di condizioni precarie delle strutture con l'espulsione di materiale di paramento.



I QUADRI FESSURATIVI per edifici in MURATURA



Variazioni termiche

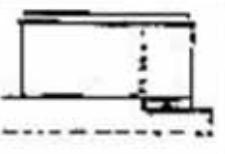
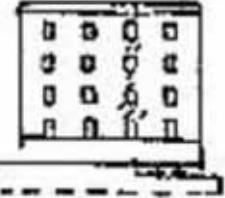
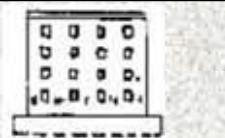
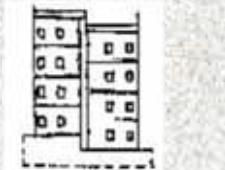
Due edifici contigui, aventi il muro di confine comune, impostati su quote di fondazione diverse, possono presentare le strutture orizzontali dei solai sfalsati.

Le variazioni di lunghezza dei solai prodotte dal ritiro del materiale e dai salti di temperatura producono spostamenti della muratura di confine con l'apertura di lesioni verticali.

Il quadro fessurativo presenta ampiezze che diminuiscono dalla sommità alla base. Ciò sia perché la parte alta è maggiormente esposta all'azione dei raggi solari, sia perché l'azione da ritiro è maggiormente sentita in elevazione, specialmente nei muri con intonaco (l'intonaco alle strutture superiori viene posto in opera quando il calcestruzzo è più giovane).

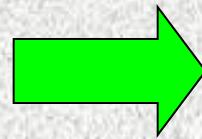


TABELLA RIASSUNTIVA per edifici in MURATURA

Lesioni riscontrabili nella costruzione	Possibili cause
<p>Muratura portante senza aperture con lesioni aventi un andamento variabile da orizzontale in verticale Passando dalla base alla sommità dell'edificio localizzate su una fascia verticale.</p>	 <p>Cedimento dell'estremità della fondazione situata oltre la zona lesionata.</p>
<p>Muratura portante con lesioni inclinate localizzate su una fascia verticale in corrispondenza delle aperture, Cioè nelle zone di minor resistenza.</p>	 <p>Cedimento dell'estremità della fondazione situata oltre la zona lesionata</p>
<p>Muratura portante con lesioni inclinate localizzate su due fasce verticali in prossimità delle aperture e nelle zone di minor resistenza.</p>	 <p>Cedimento verticale di un tratto intermedio della fondazione.</p>
<p>Lesioni verticali situate in corrispondenza delle zone di muratura portante a livello delle aperture.</p>	 <p>Schiacciamento della muratura.</p>
<p>Lesioni verticali localizzate su una fascia verticale ad una estremità della facciata in muratura portante</p>	 <p>Rotazione intorno ad un asse orizzontale</p>
<p>Lesioni di forma curva con la convessità rivolta verso la superficie opposta all'elemento che spinge situate sulla muratura portante comune a due edifici aventi solai a quote diverse.</p>	 <p>Ritiro e variazione di temperatura</p>

Danneggiament**to sismico per edifici in muratura**

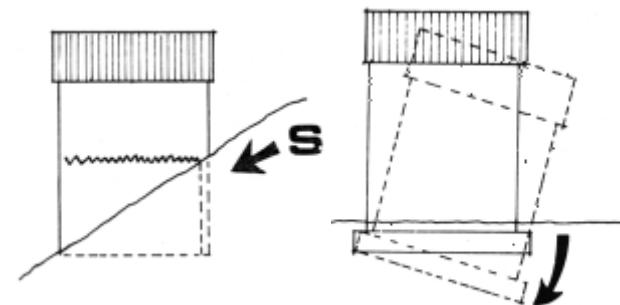
Danneggiamento da sisma



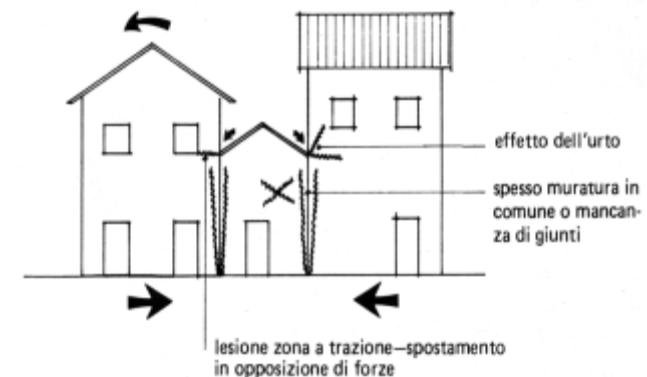
a seguito del terremoto possono manifestarsi diverse tipologie di lesioni e/o crolli parziali o totali

Fattori significativi di 'movimento' degli edifici

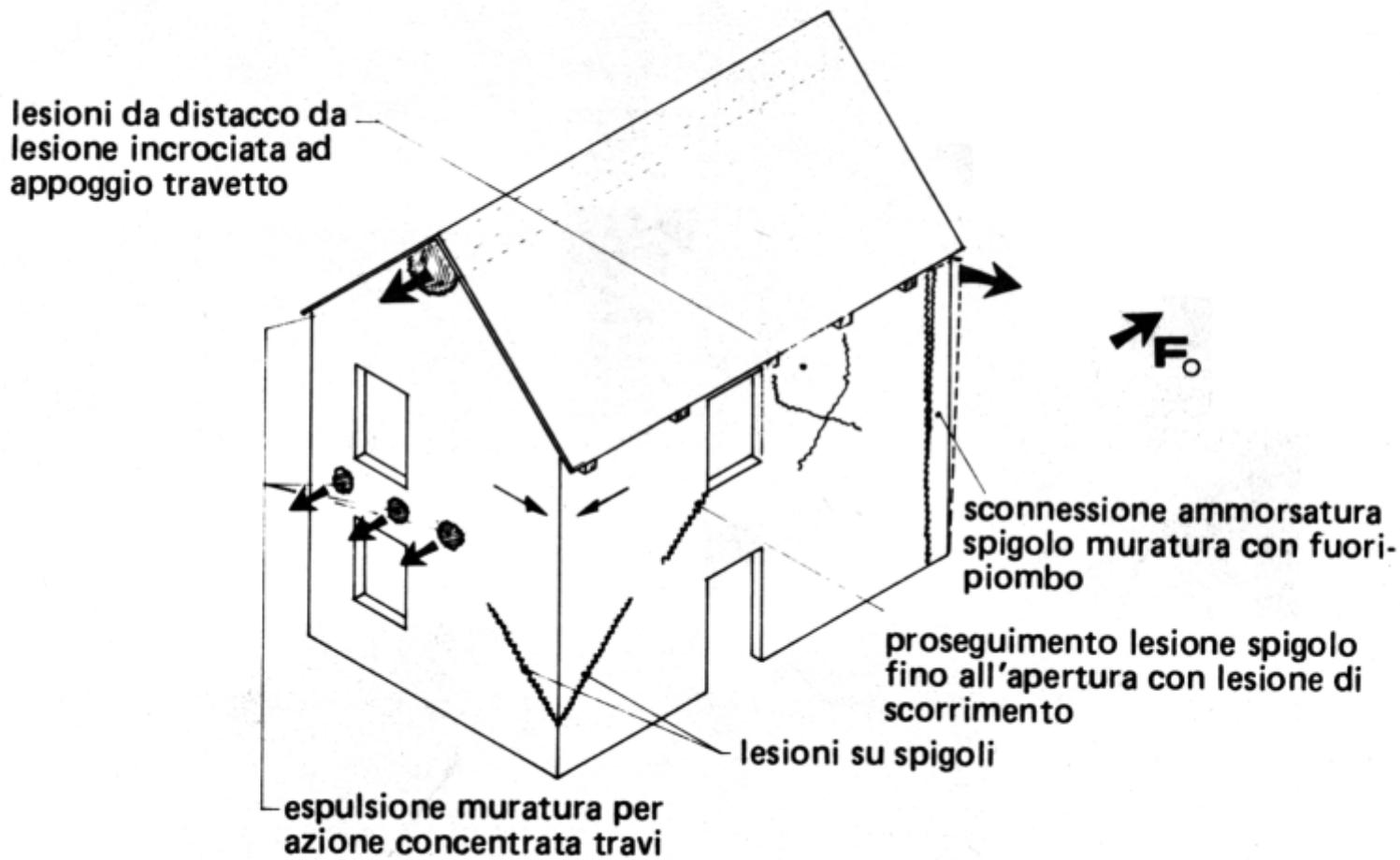
<u>CAUSA</u>	<u>EFFETTO</u>
1) Variazioni termiche	Espansione e contrazione
2) Variazione contenuto di umidità	
Essicazione	ritiro
Assorbimento d'acqua	Espansione
Cicli di secco-umido	Contrazione espansione
3) Altri cambiamenti di carattere fisico	
Formazione di cristalli di ghiaccio	Rigonfiamento
Formazione di cristalli di sale	Espansione e delaminazione
4) Carichi	
Sulle strutture	Carichi permanenti e accidentali entro i limiti progettuali
	Sovraccarichi strutturali
Sul terreno	Sovraccarico
5) Movimenti del terreno	
	Cedimenti
Subsidenza	Cedimenti
Frane	Cedimenti
Viscosità	Cedimenti
Terremoti	Cedimenti
6) Variazioni di carattere chimico	
Corrosione	Espansione
Attacco da parte di solfati	Espansione
Carbonatazione	Ritiro



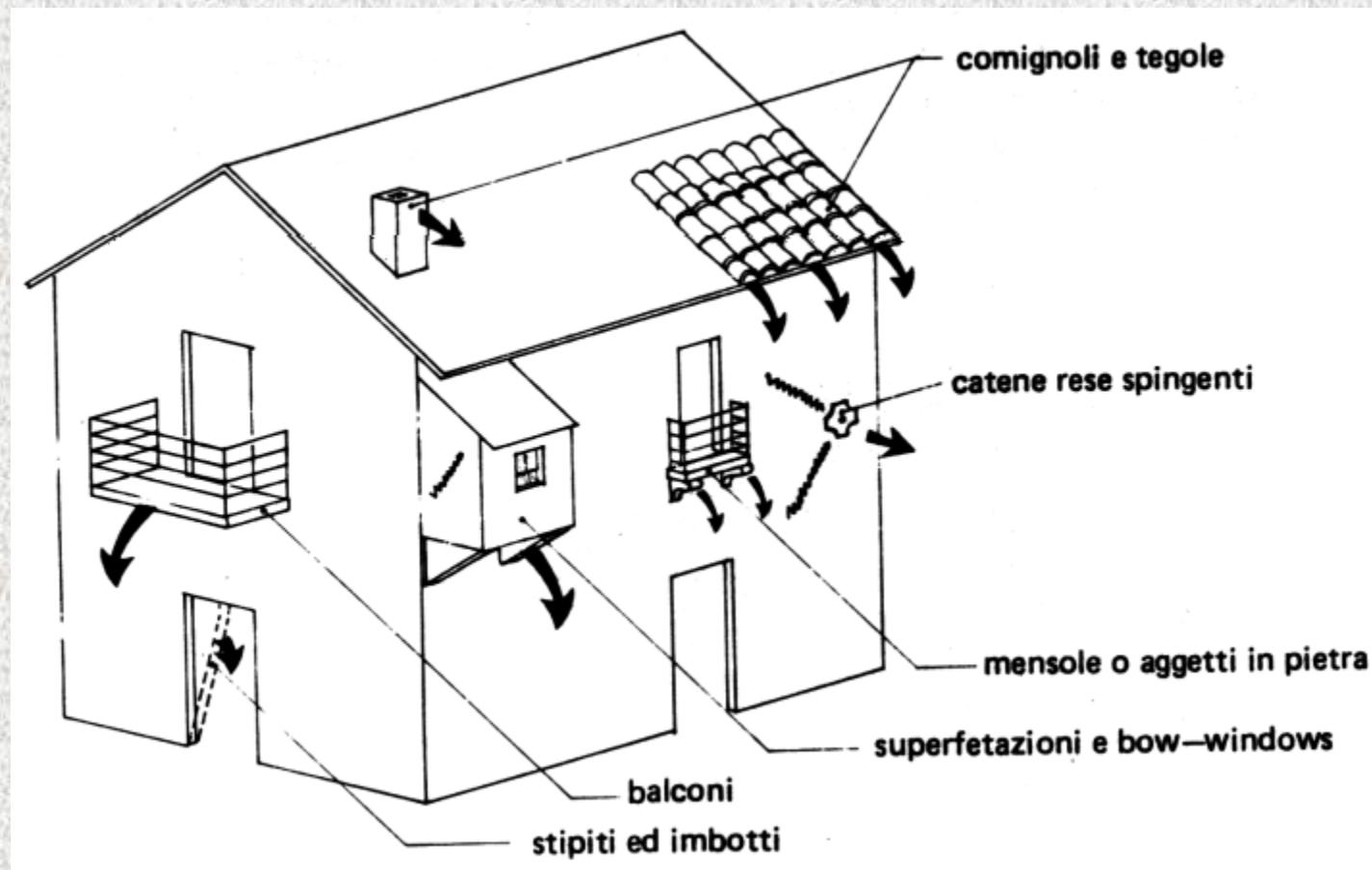
CEDIMENTO TERRENO DI FONDATIONE



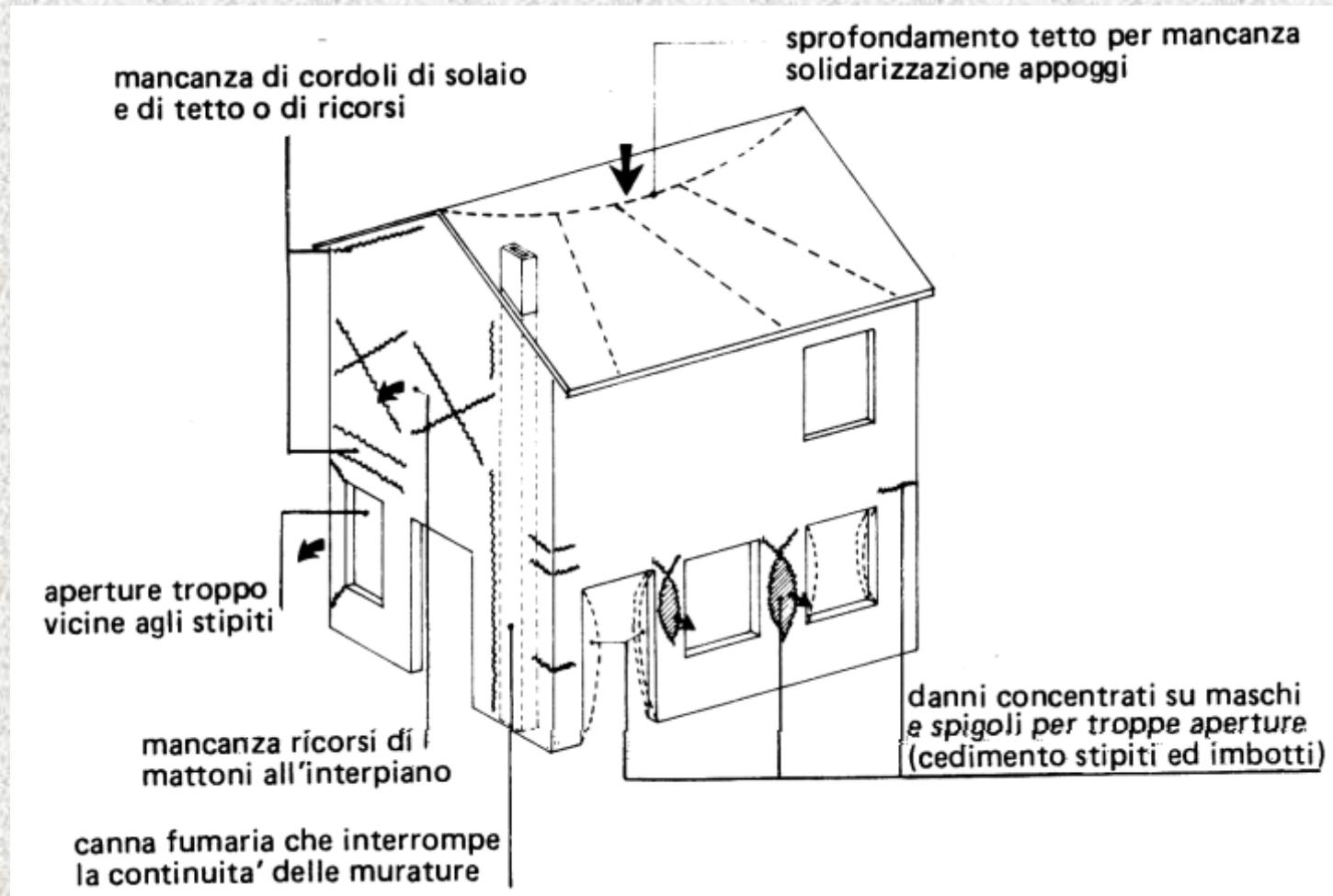
Lettura dei dissesti negli edifici storici: tipologie ricorrenti



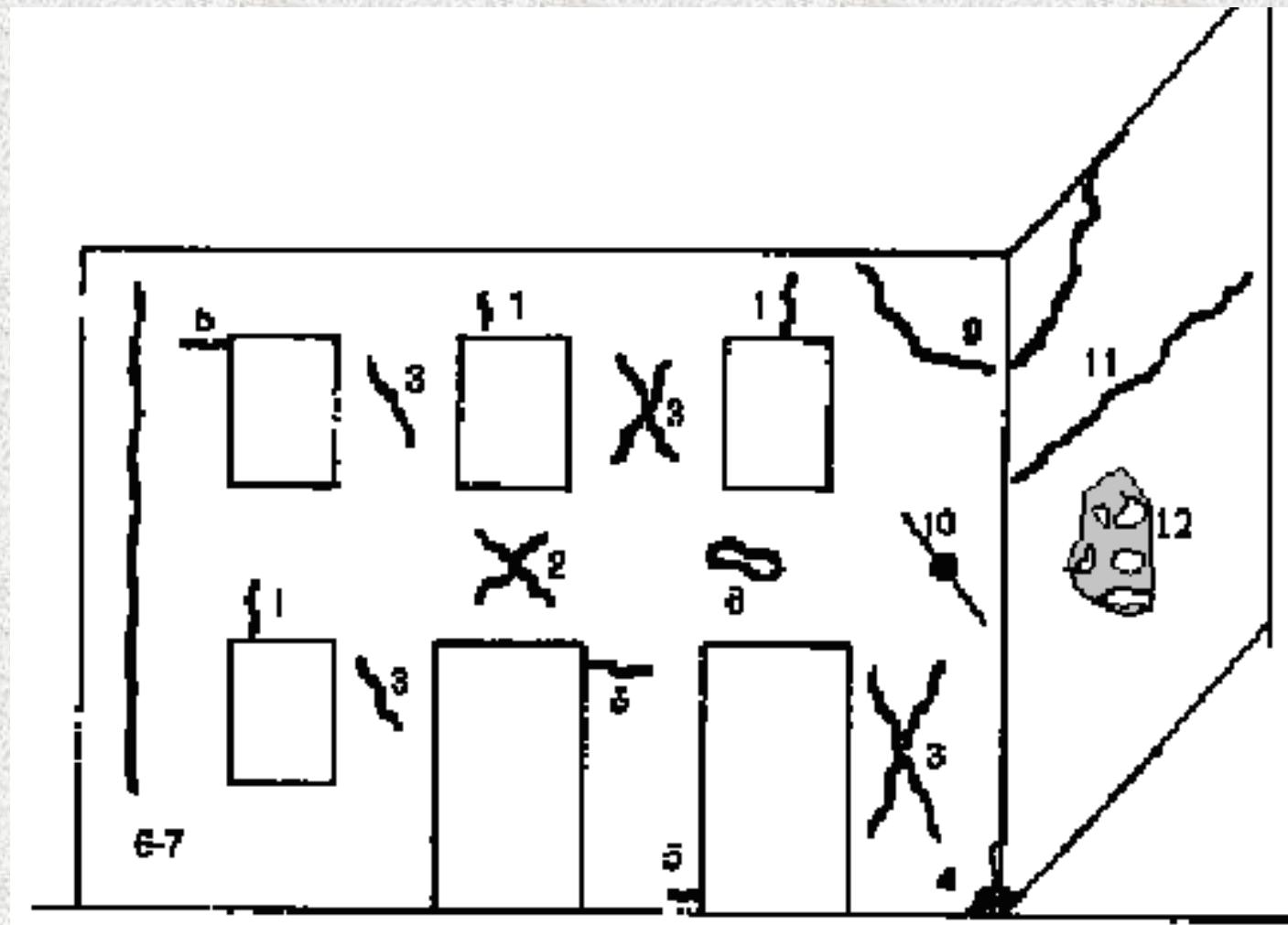
Lettura dei dissesti negli edifici storici: tipologie ricorrenti

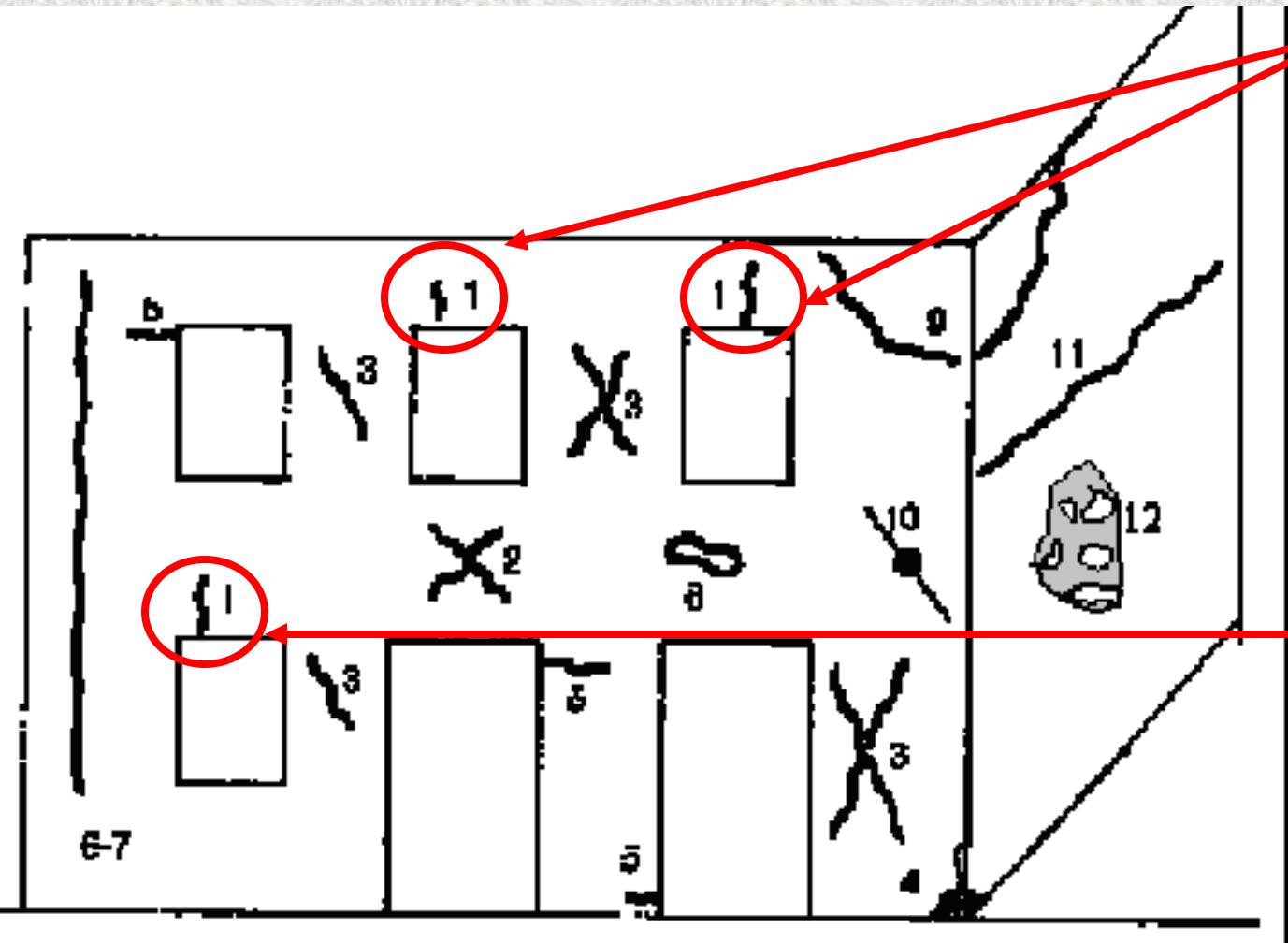


Lettura dei dissesti negli edifici storici: tipologie ricorrenti

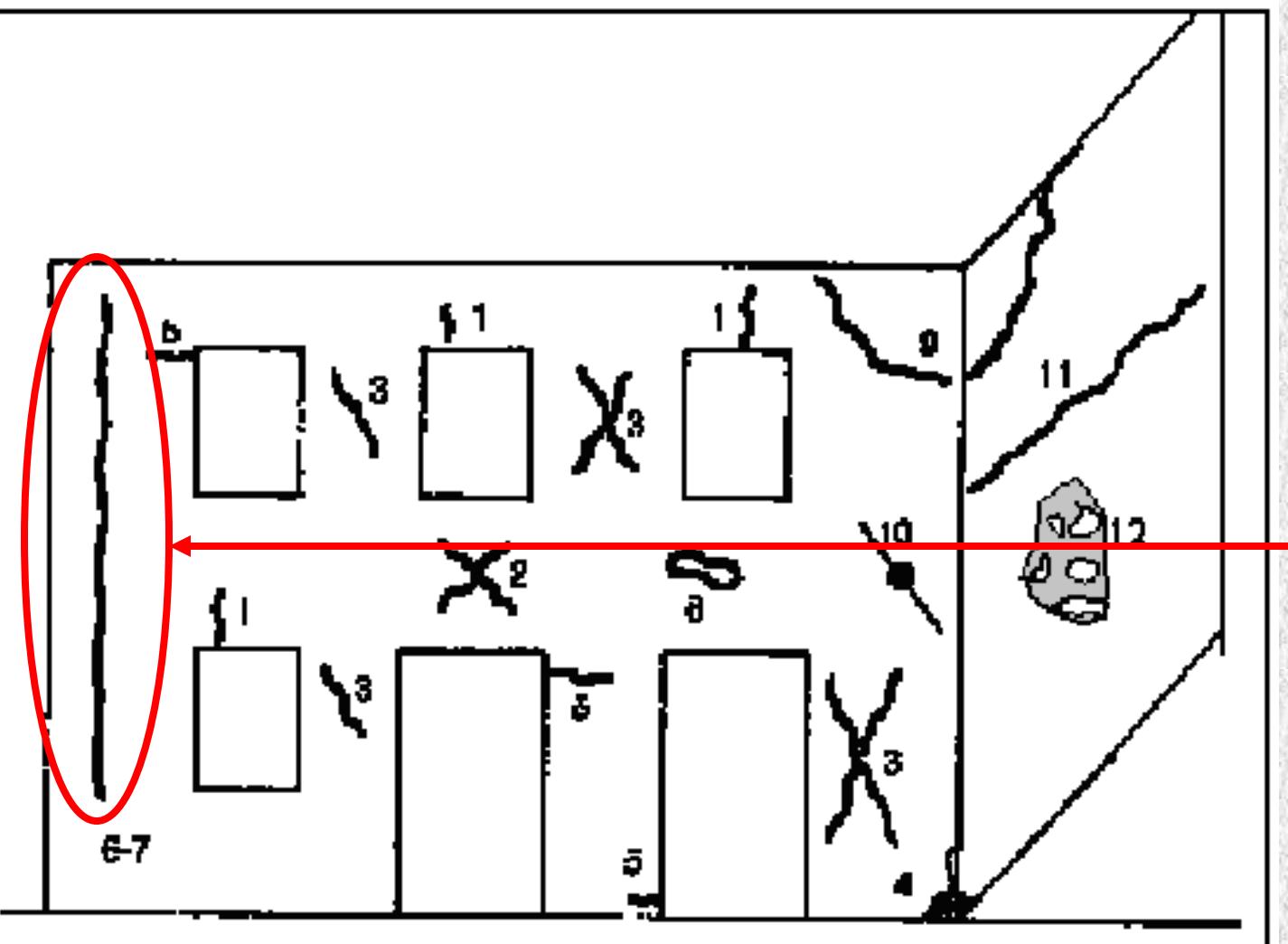


Tipologie di lesioni





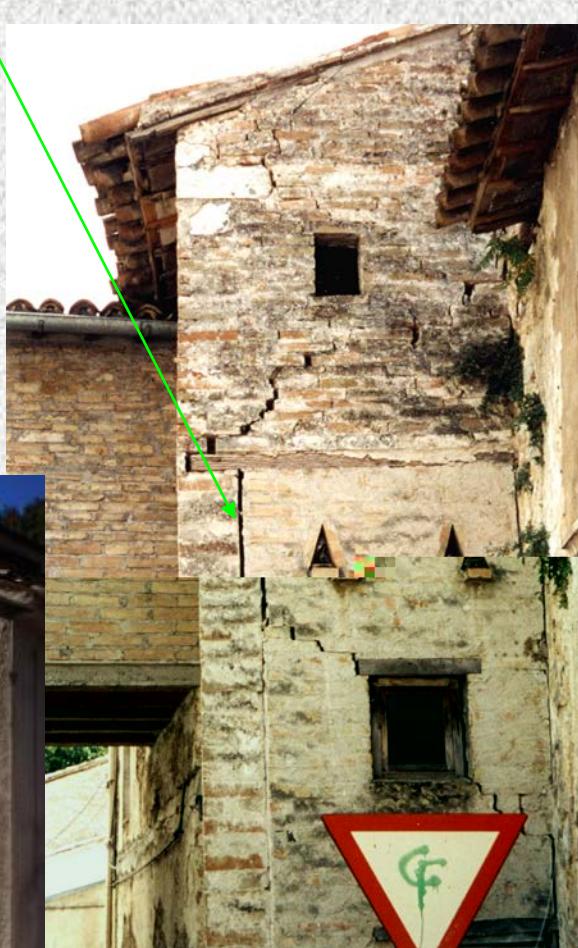
Lesioni ad
andamento
pressoché
verticale
sulle
architravi di
aperture



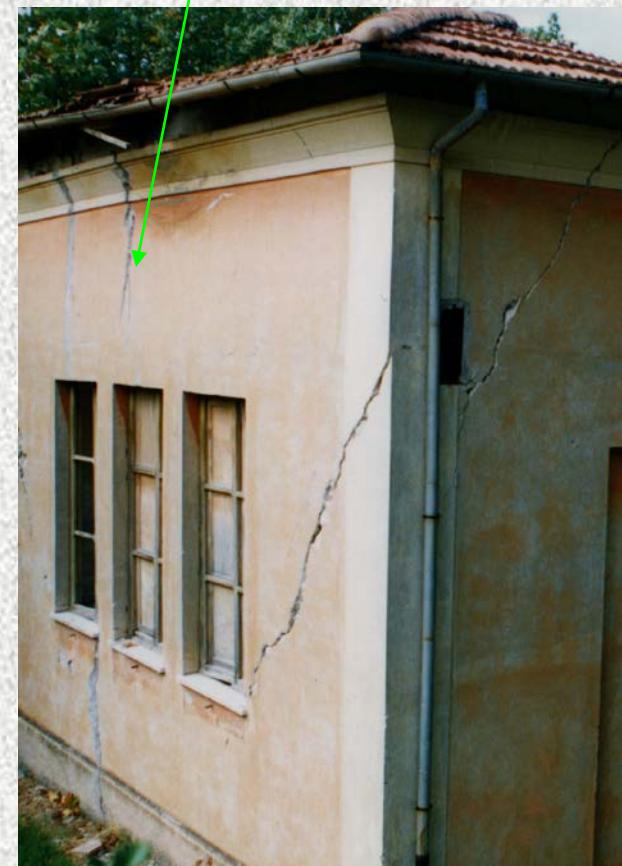
lesioni ad
andamento
pressoché
verticale in
corrispon-
denza di
incroci fra
muri,
passanti o
non

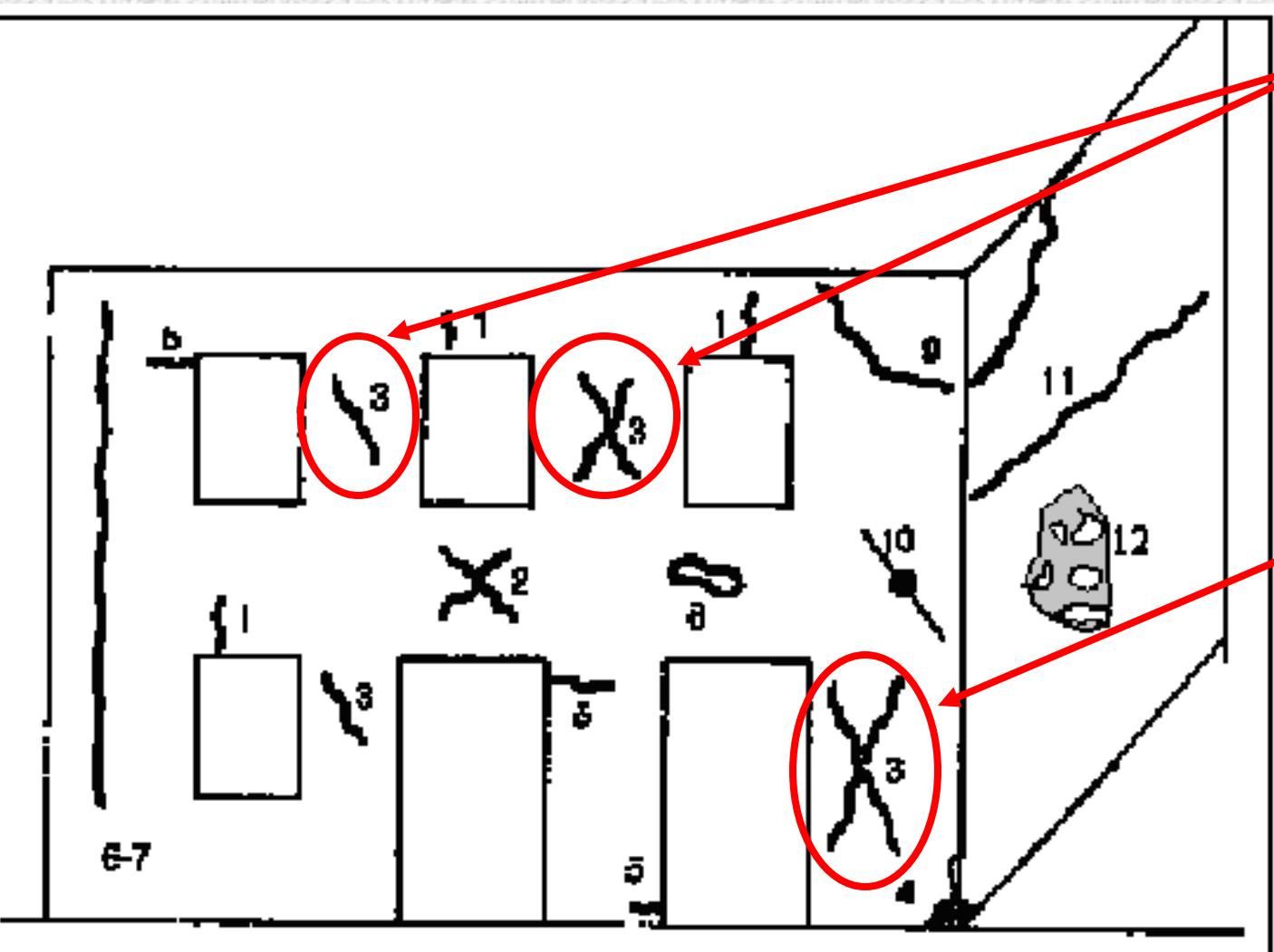
Lesioni ad andamento verticale

all'incrocio fra i
muri



Sulle architravi di
aperture



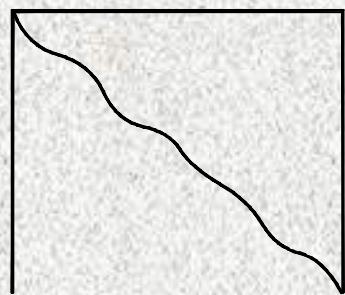


lesioni ad
andamento
diagonale in
elementi
verticali
(maschi
murari)

Lesioni ad andamento diagonale in elementi verticali

Causa:

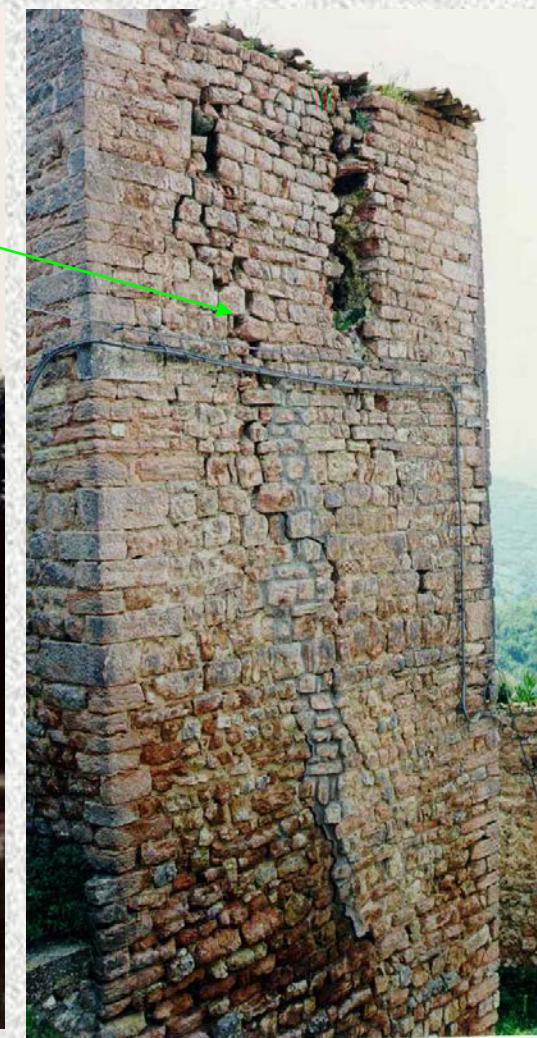
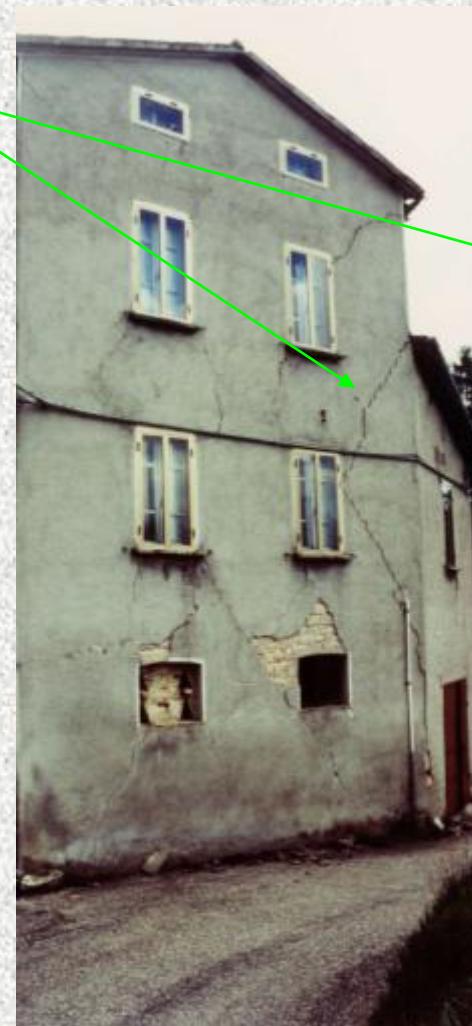
crisi a **taglio** da
scorrimento
o da **trazione** del
pannello di
maschio



Lesioni ad andamento diagonale in elementi verticali

distacco dei giunti di malta

distacco dei giunti di malta e rottura blocchi



Lesioni ad andamento diagonale in elementi verticali

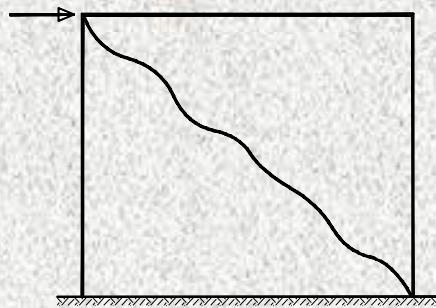
Rottura

blocchi e

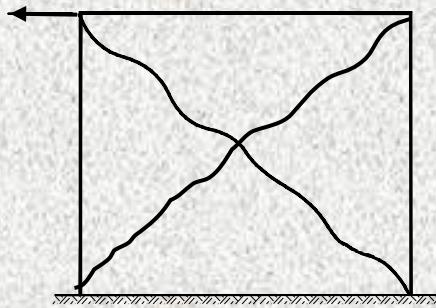
muratura

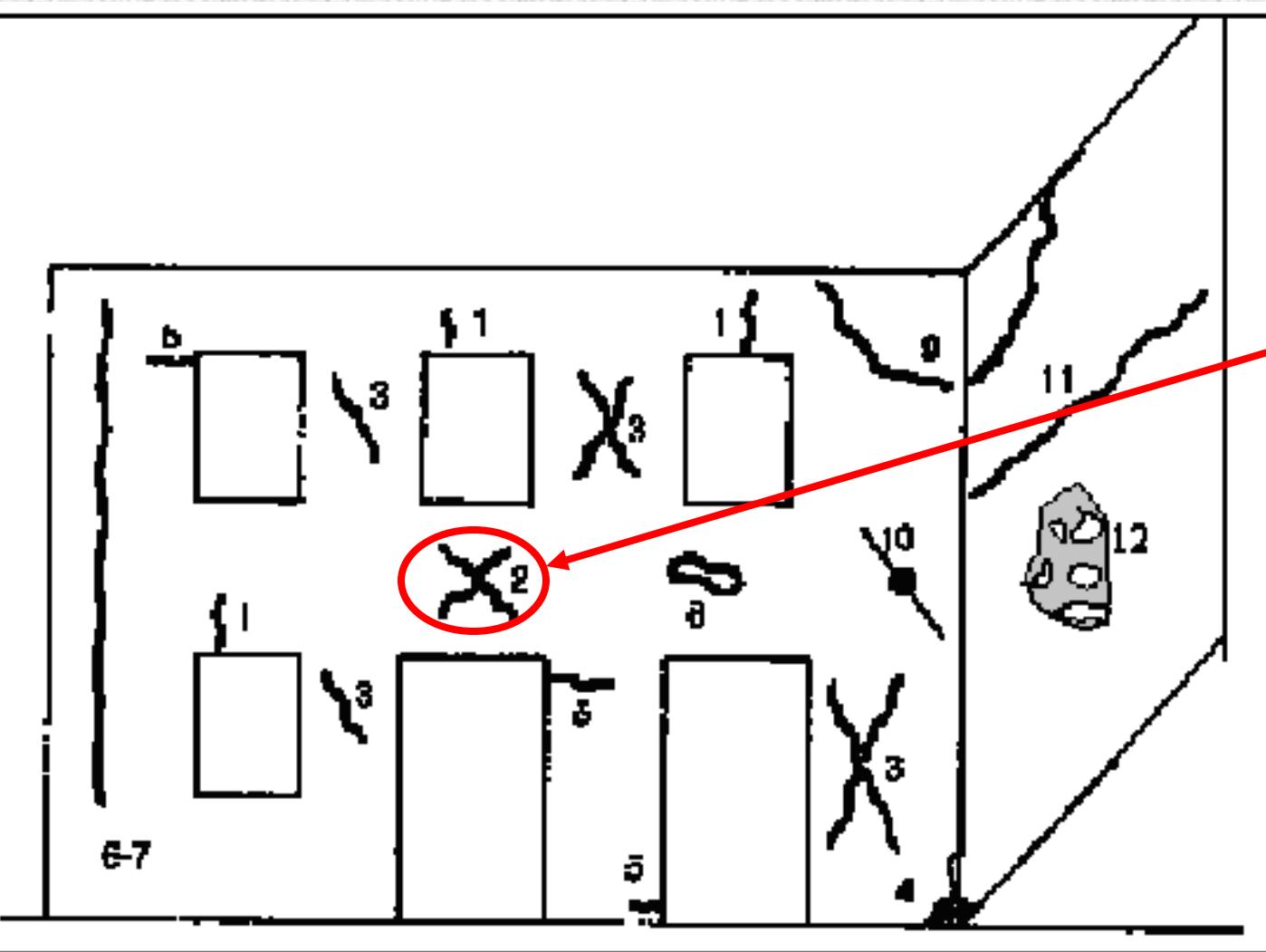


Lesioni a Croce di S. Andrea



Effetto del
moto
ondulatorio

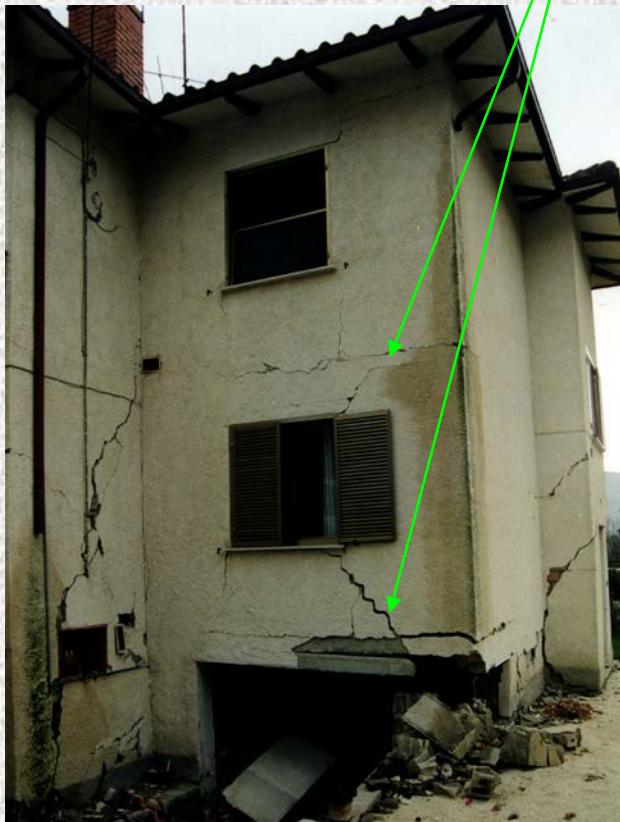




lesioni ad
andamento
diagonale
nelle fasce
di piano
(parapetti d'
finestre,
architravi)

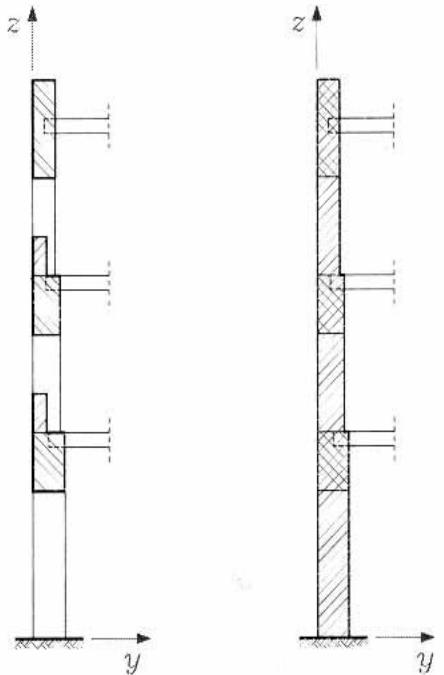
Fascia di piano

Localizzazione delle fessure a partire dalle aperture

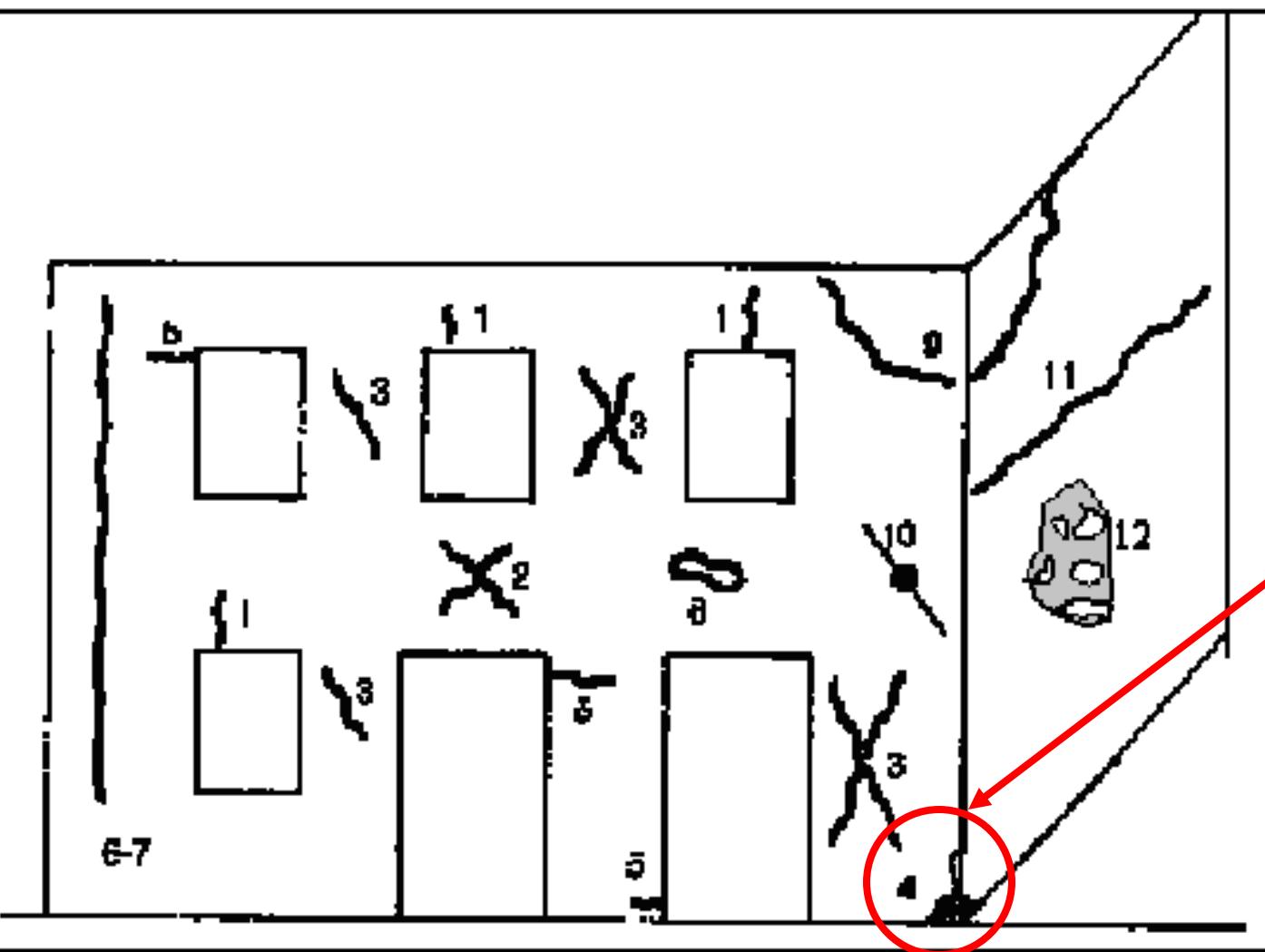


Fascia di piano

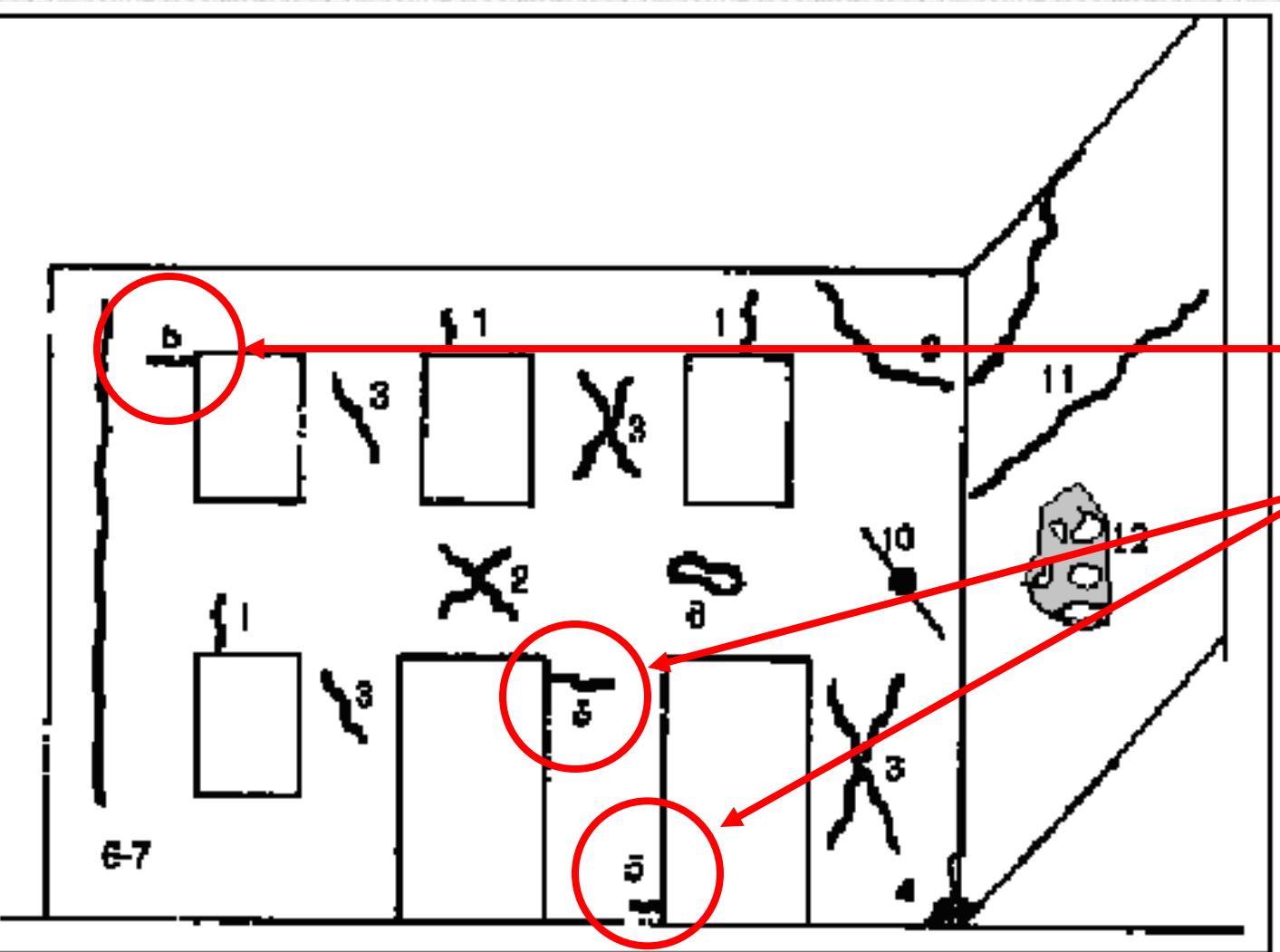
Localizzazione in corrispondenza di architravi e parapetti



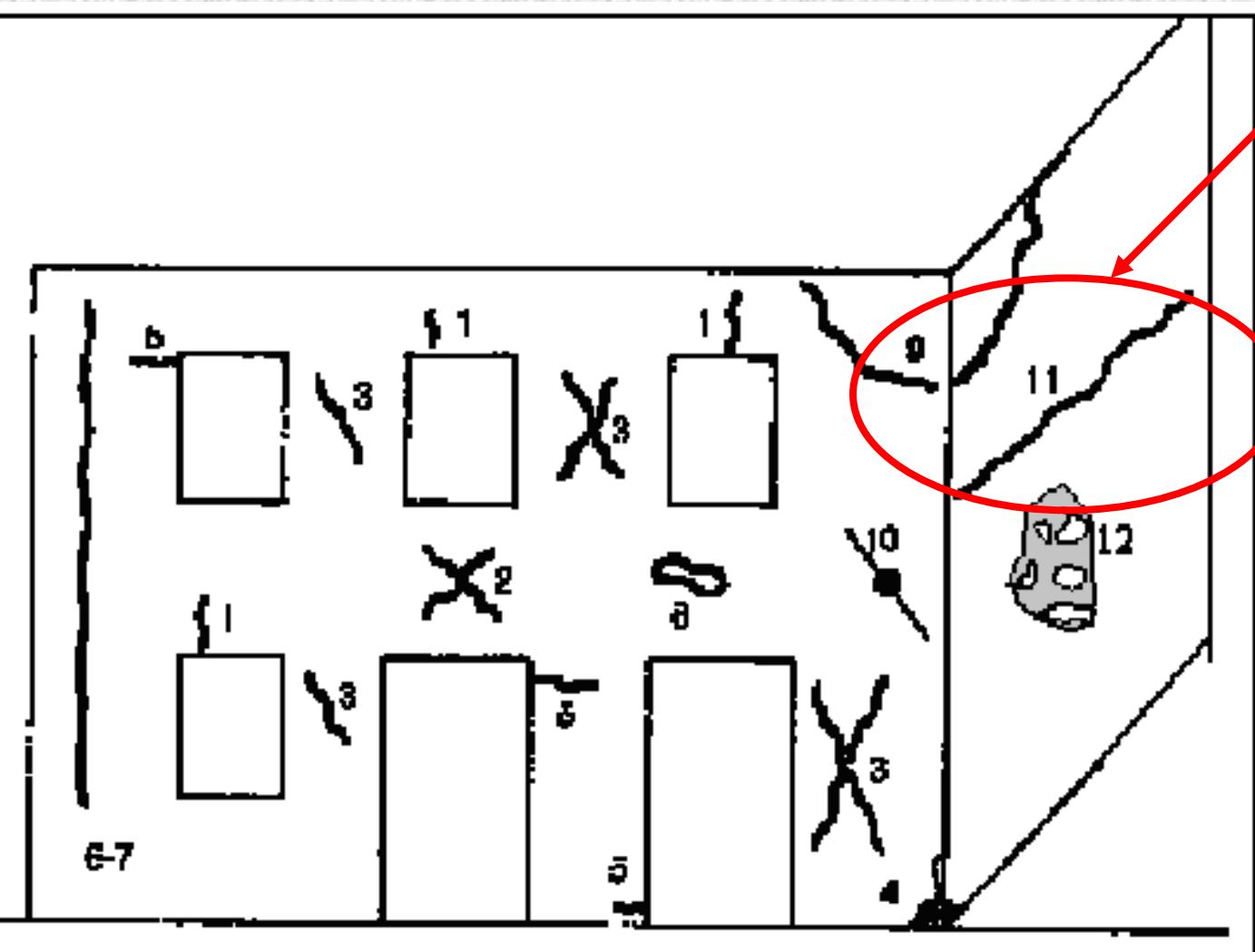
PARAPETTI DI SPESSEZZO RIDOTTO
Sezione trasversale sui vani Sezione trasversale sui maschi



schiacciamento locale della muratura con o senza espulsione di materiale



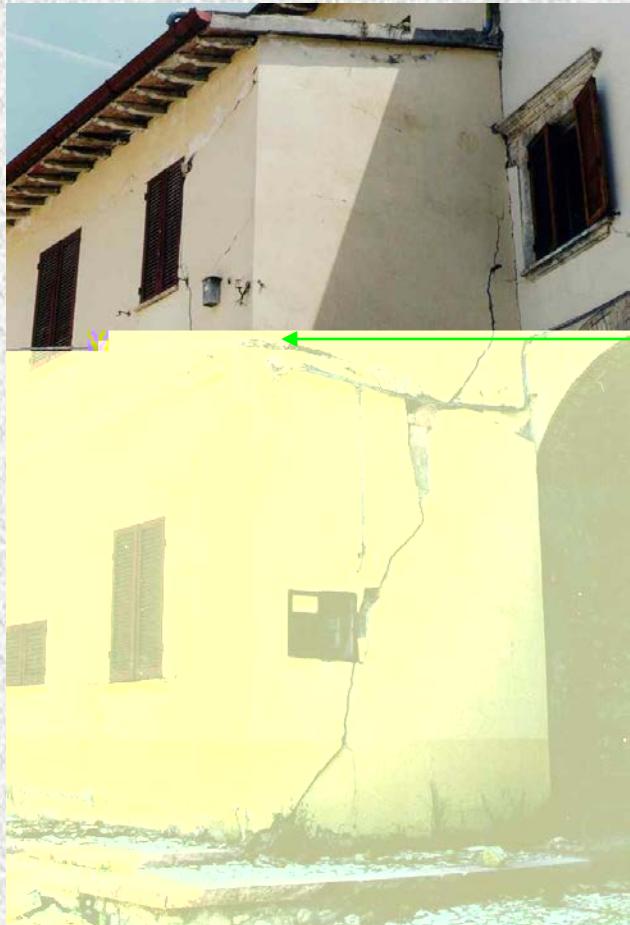
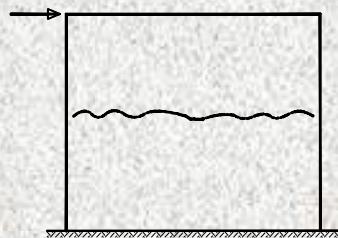
lesioni ad
andamento
pressoché
orizzontale
in testa e/o
al piede di
maschi
murari



lesioni ad
andamento
orizzontale
in
corrispon-
denza dei
solai o
sottotetto

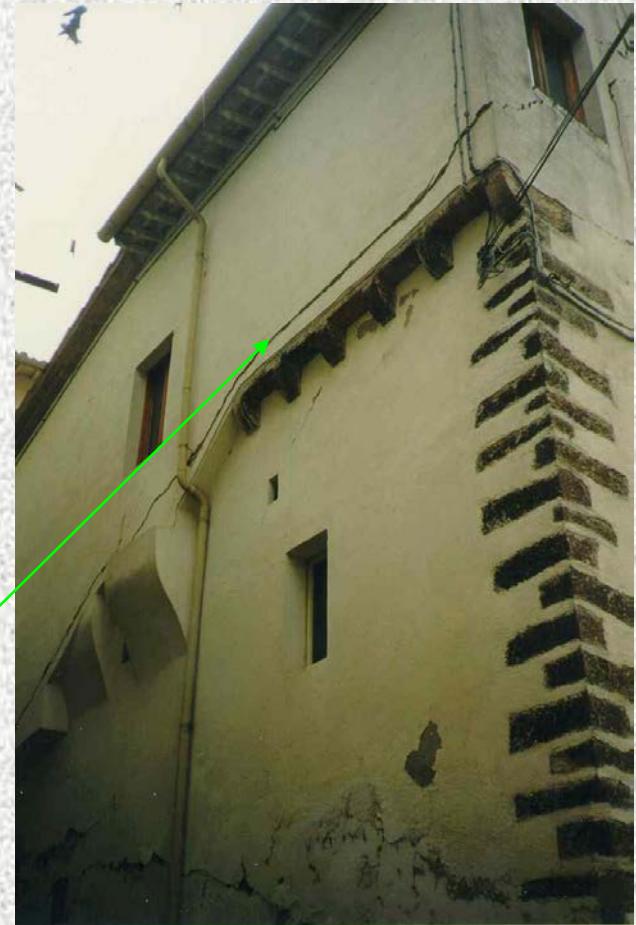
Lesioni orizzontali o sub-orizzontali

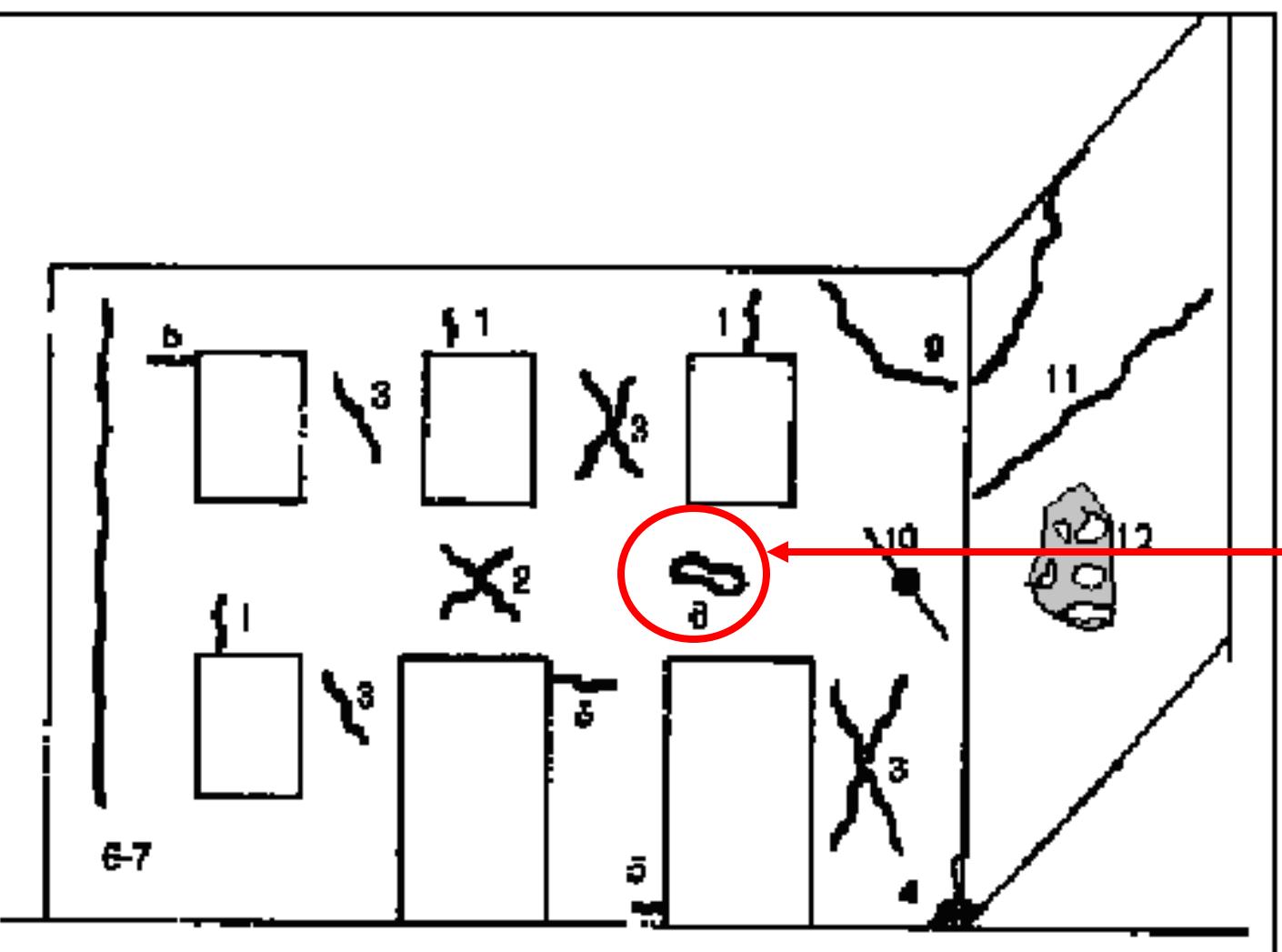
*Causate dal movimento di elementi orizzontali ortogonali
al muro*



In
corrisponden
za di solai

In
corrisponden
za delle
scale





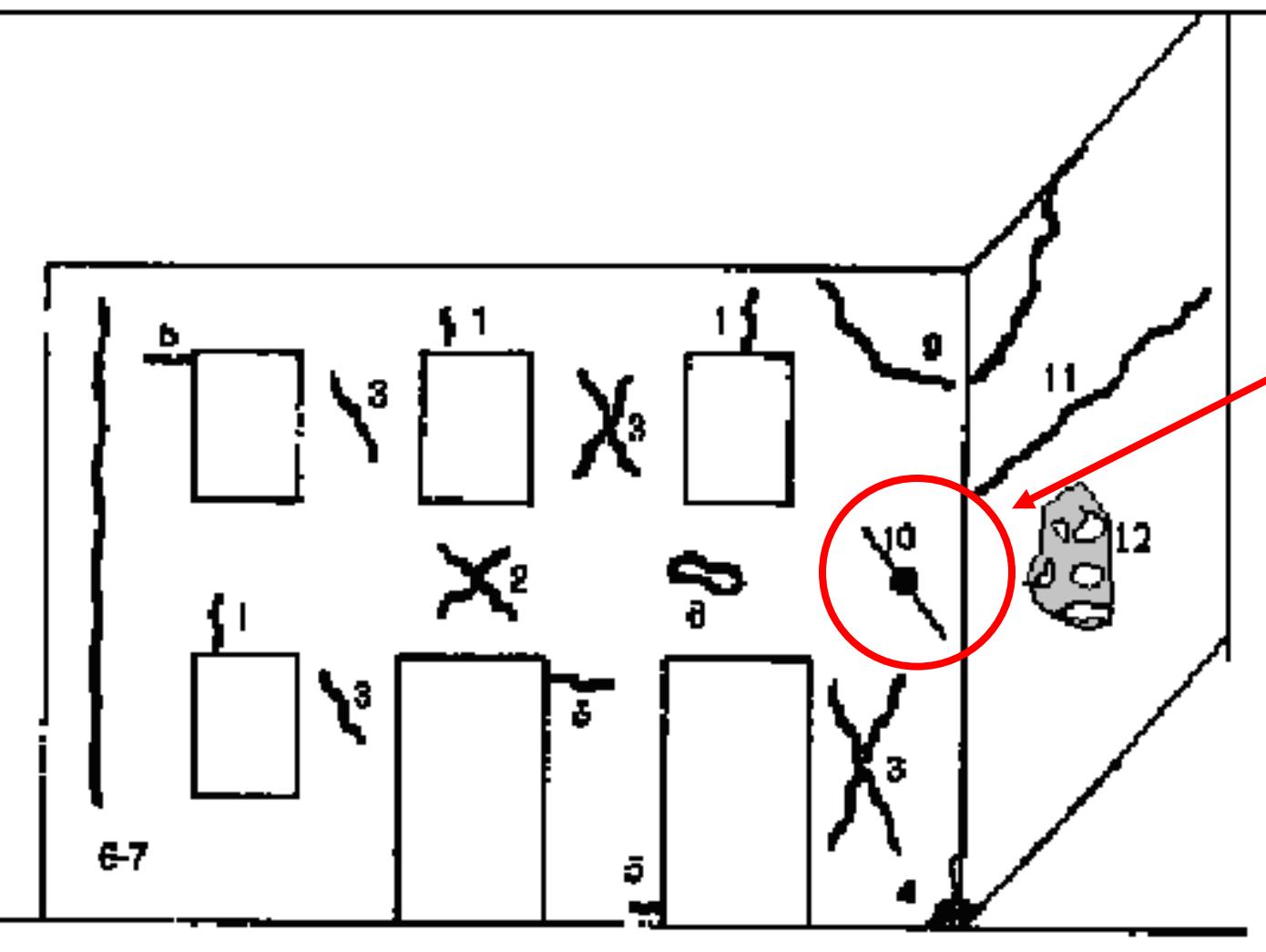
espulsione di
materiale in
corrispon-
denza degli
appoggi di
travi dovuta
a martella-
mento

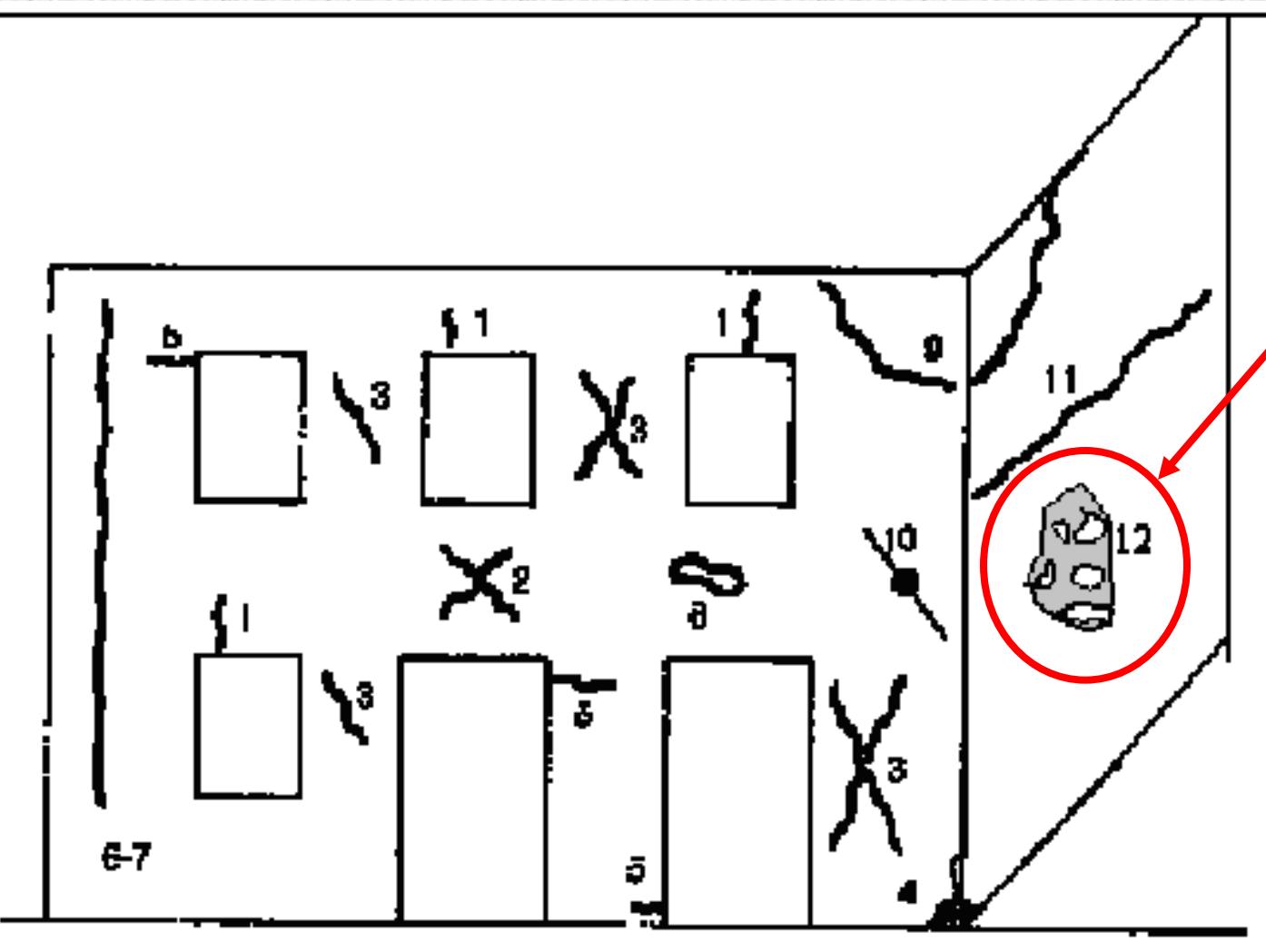
Martellamento di travi

Travi in
ferro

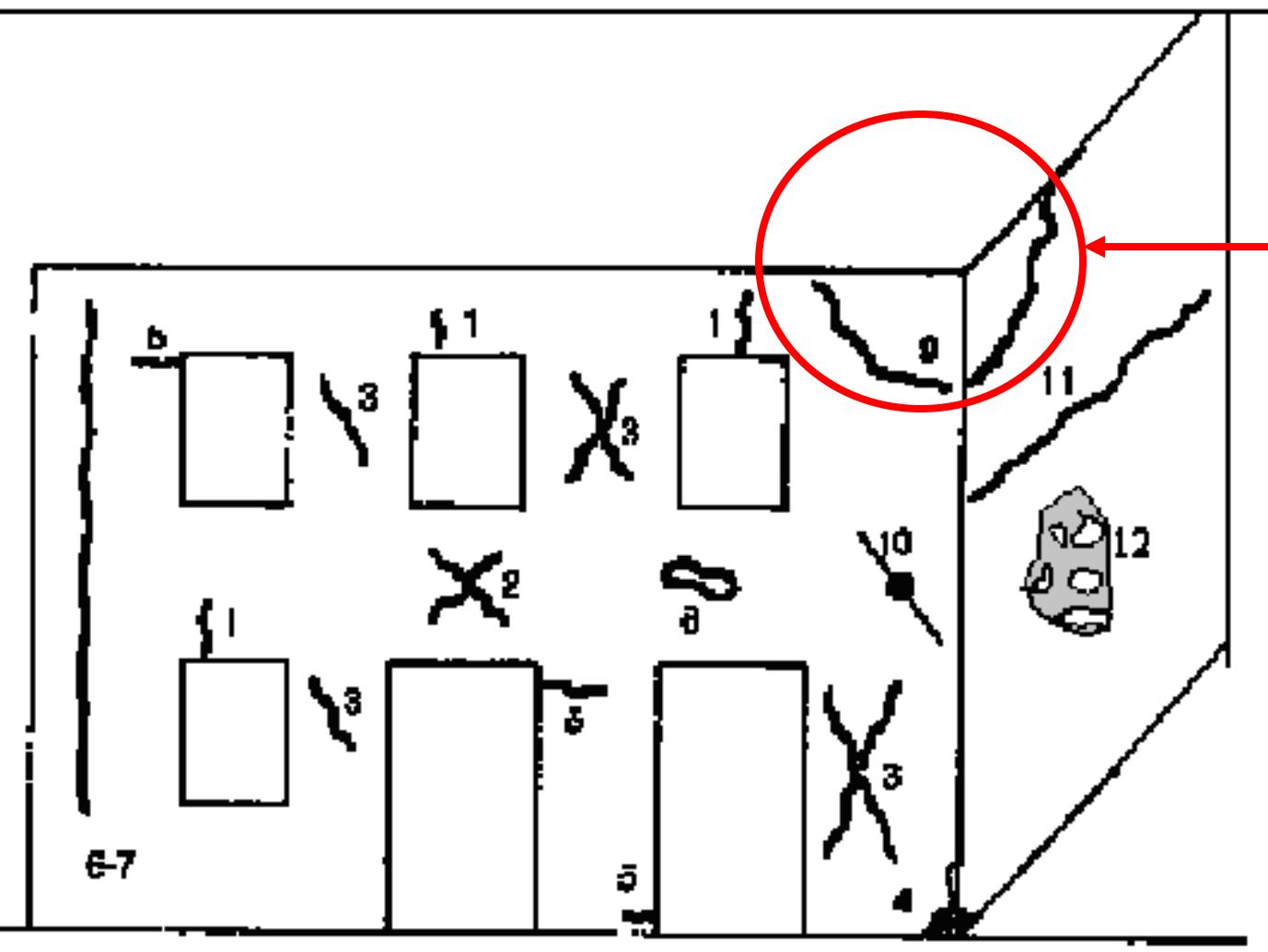


rottura di
catene o
sfilamento
dell'anco-
raggio





distacco di
uno dei
paramenti di
un muro a
doppio
paramento



formazione
di cuneo
dislocato in
corrispon-
denza della
intersezione
fra due
pareti ad
angolo

Crisi fuori del piano: formazione di cinematismi di collasso

Abaco dei meccanismi di collasso

L'abaco dei meccanismi di collasso è strutturato secondo una suddivisione principale in macroelementi:

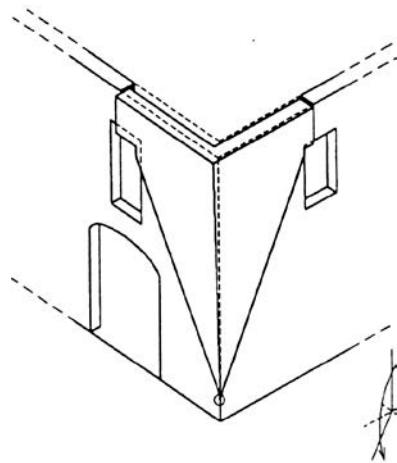
parete esterna; parete di testata; parete di spina; angolata libera; corpi secondari addossati.

In funzione della direzione prevalente del sisma possono attivarsi meccanismi di distacco secondo piani preferenziali

Formazione di cuneo



Meccanismo: rotazione verso l'esterno



Il meccanismo è provocato dall'azione combinata delle forze agenti sui pannelli murari ortogonali formanti l'angolata. Il blocco ruota verso l'esterno con formazione di una cerniera nella parte bassa.

Macroelemento: angolata libera

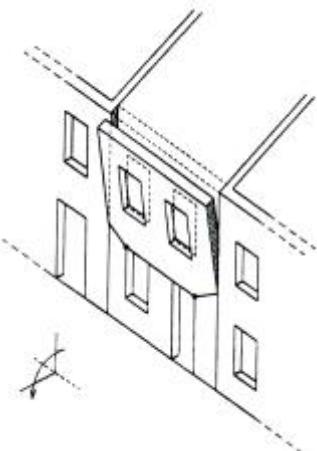
Crollo o lesioni diffuse per martellamento della copertura



da Macrnum817Ta1TMacTj EMC 1T 5Spanm [(M)-24(acr15 13.92 151.52-9re a)6(n)17oMacrsT

Meccanismo: ribaltamento fuori piano

Ribaltamento Macros 5392 171.5218 220844 re/lm817Tw -10 Macros 5392 -9re an-1.205



Macroelemento: parete

Crisi fuori del piano: formazione di cinematismi di collasso

Meccanismo: Ribaltamento fuori piano verso l'esterno in presenza di vincolo alla sommità

Il meccanismo è una variante di quello di ribaltamento globale in presenza di un trattenimento alla sommità (vincolo) quale ad esempio, un cordolo di notevoli dimensioni. Il meccanismo è favorito dall'assenza di collegamento efficace della parete ai solai intermedi e dalla qualità scadente della muratura che la rende instabile (muratura a sacco con paramenti non collegati).

Macroelemento: parete esterna

Schema del meccanismo di una parete esterna soggetta a ribaltamento fuori piano verso l'esterno (in presenza di vincolo alla sommità).

Ribaltamento della facciata

Meccanismo: rotazione globale fuori piano verso l'esterno

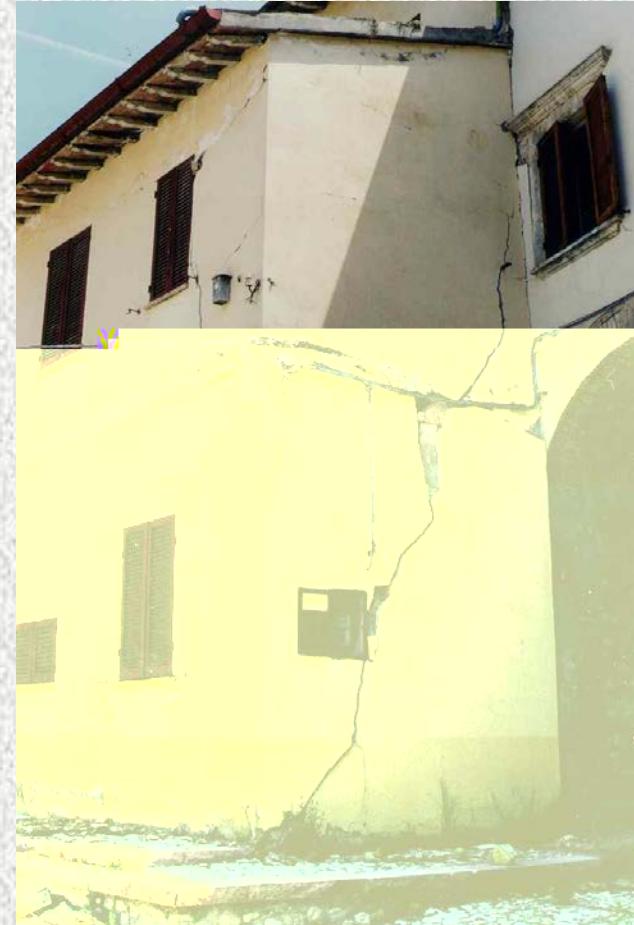
Le modalità di formazione del meccanismo sono legate alle condizioni di



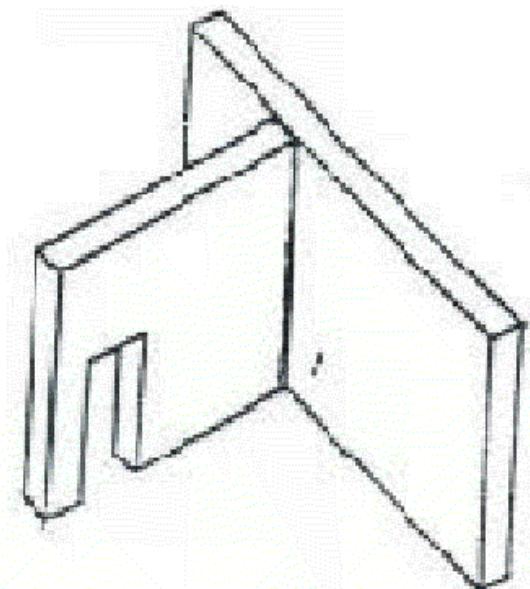
Macroelet-



Ribaltamento di corpi secondari addossati

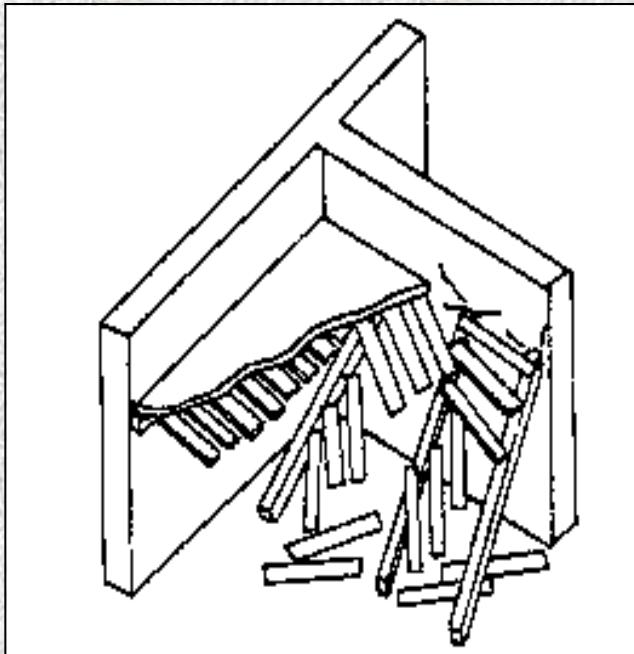


Distacco delle pareti interne



Tale meccanismo è dovuto ad un disomogeneo comportamento tra le parti per diversa massa e rigidezza. Il distacco può essere causato anche da un cattivo ammorsamento tra le murature d'ambito e interne

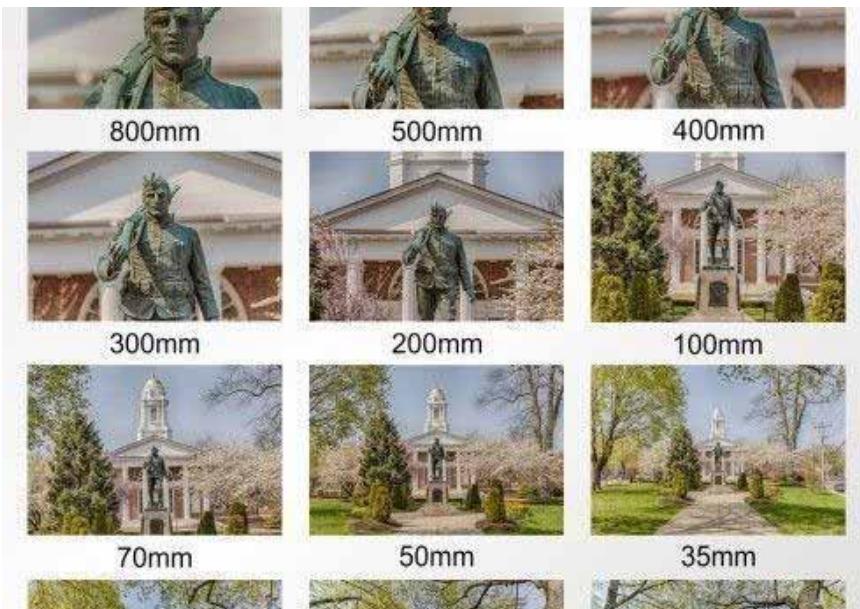
Danneggiamento delle strutture orizzontali



Danneggiamenti causati dallo sfilamento delle travi per cattivo ammorsamento alle pareti perimetrali e per effetto del sisma. Abbassamenti e crolli possono avversi a seguito di lesioni e/o crolli delle murature interne su cui poggiano i solai.

La reale geometria della struttura altera un semplice quadro fessurativo teorico

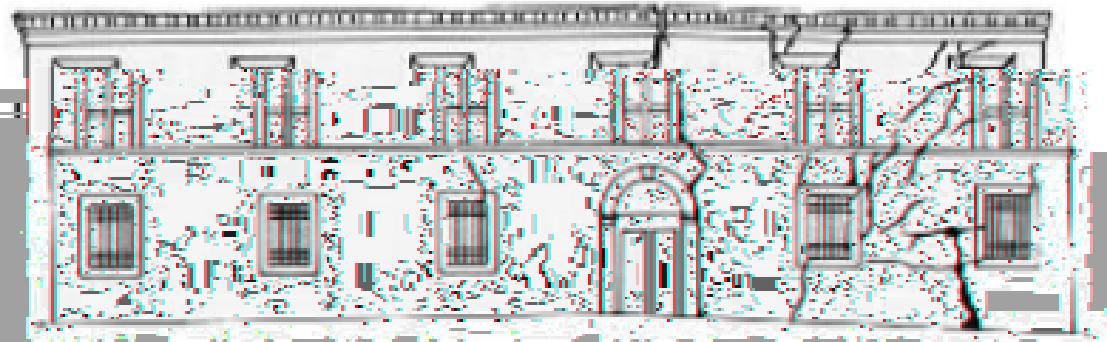
- Per comprendere un quadro fessurativo, bisogna mettersi da una prospettiva di grandangolo!



CEDIMENTI FONDAZIONALI

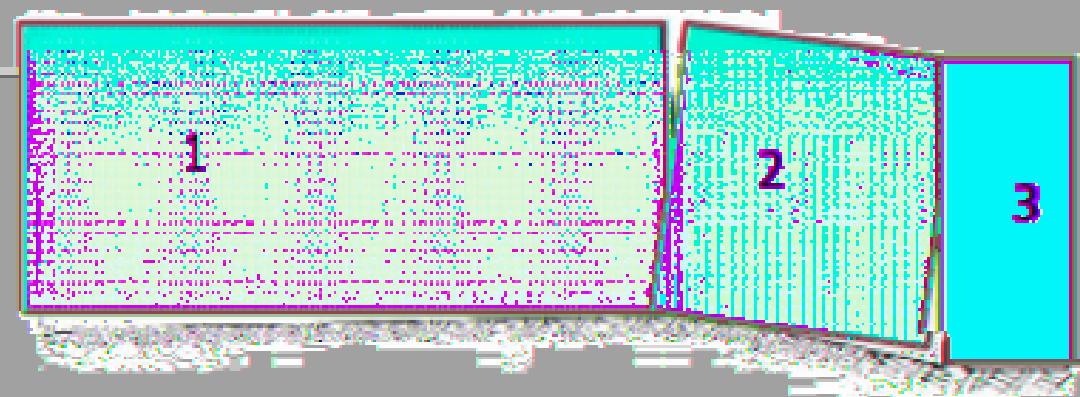
Classificazione fessure:

- vecchie (severe con cigli fessurativi consumati) e nuove (bianche e frastagliate);
- stuccate - riaperte
- passanti o superficiali
- pronunciate o cavillature

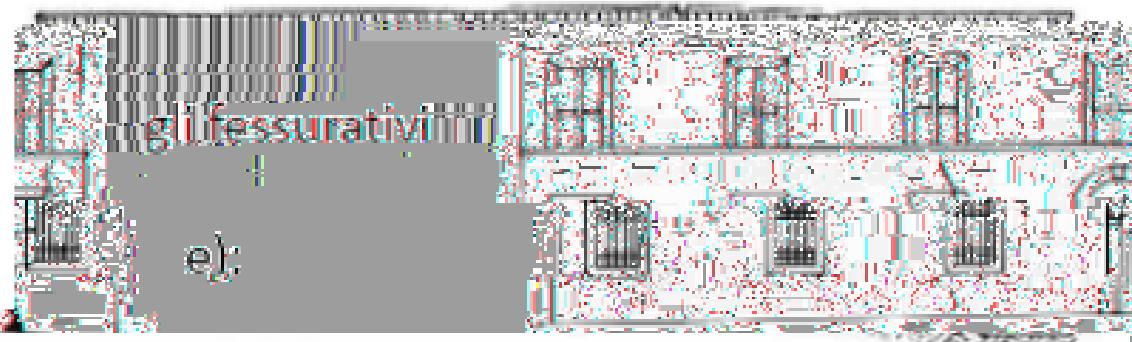


Rappresentazione:

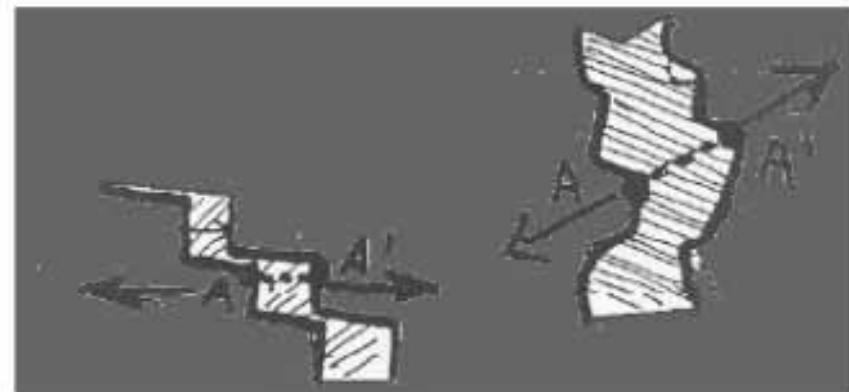
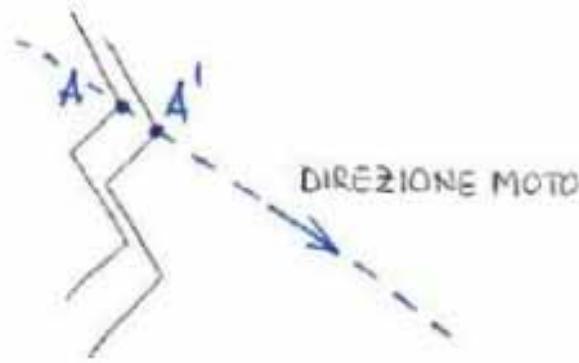
- Isolare i quadri fessurativi di differente severità su differenti Layer.
(La visualizzazione dei soli layer contenenti le fessure più severe consente in generale di interpretare il quadro fessurativo).
- isolamento blocchi rigidi



CEDIMENTI FONDAZIONALI

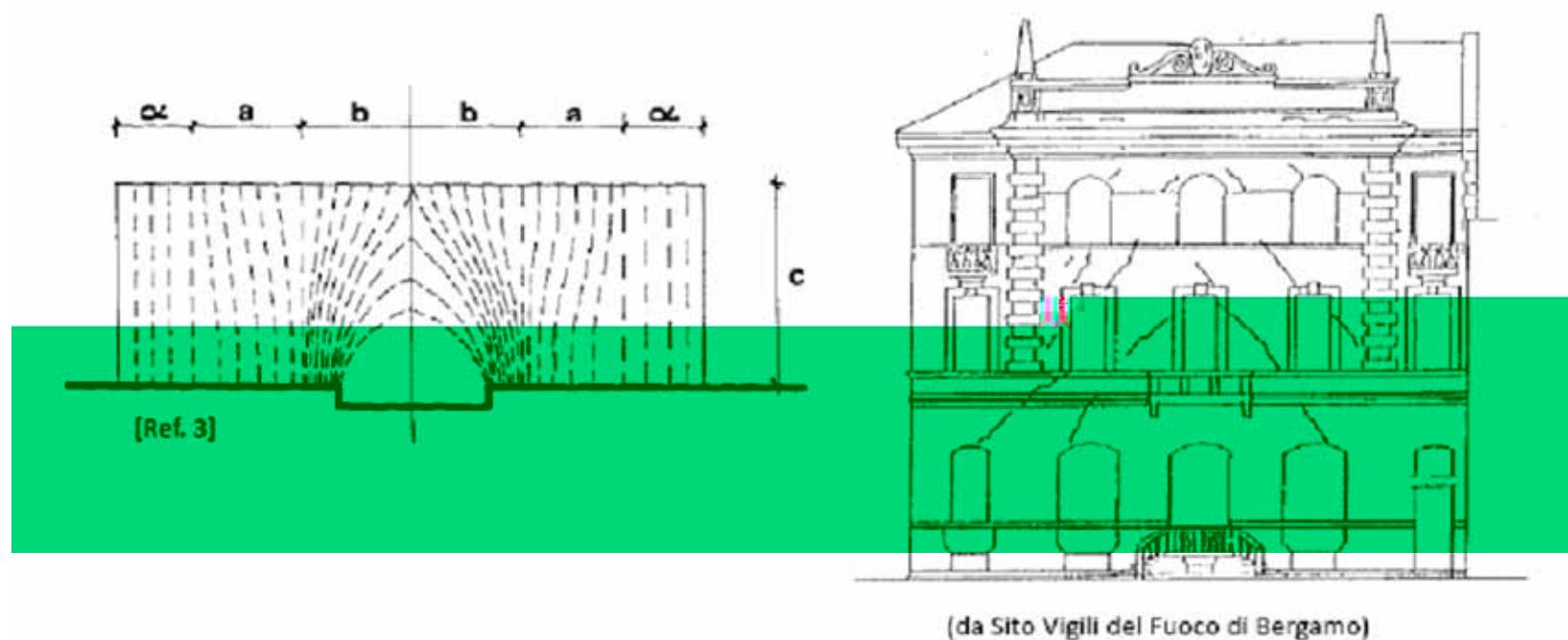


Direzione degli spostamenti

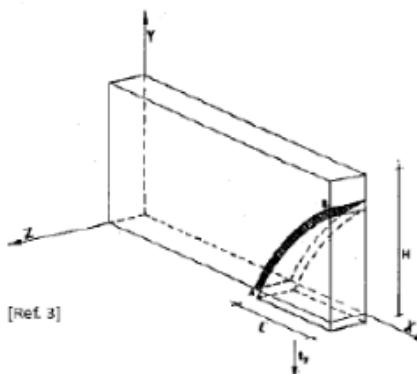


L'ANDAMENTO DELLE FESSURAZIONI CONFERMA IL RAPPORTO QUALITATIVO
TRA PIANO DI FESSURAZIONE E DIREZIONE DELLE TRAZIONI PRINCIPALI

Traslazione verticale intermedia



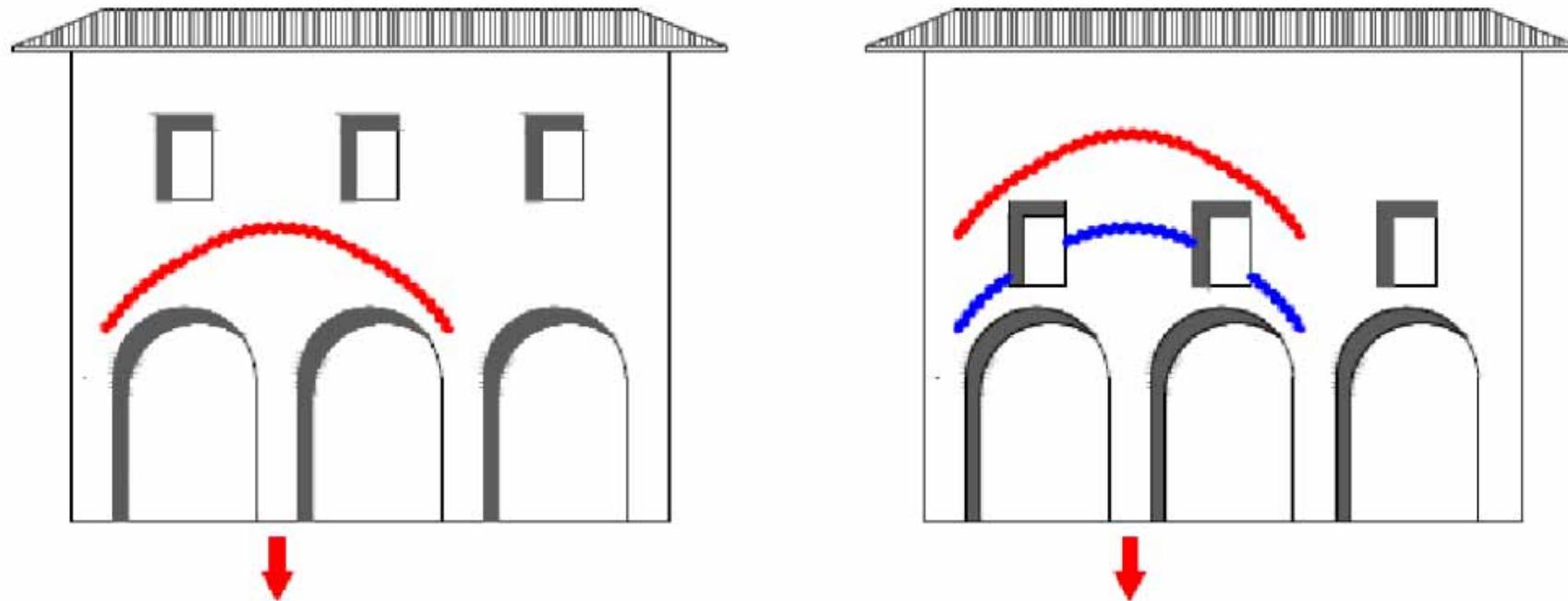
Traslazione verticale terminale



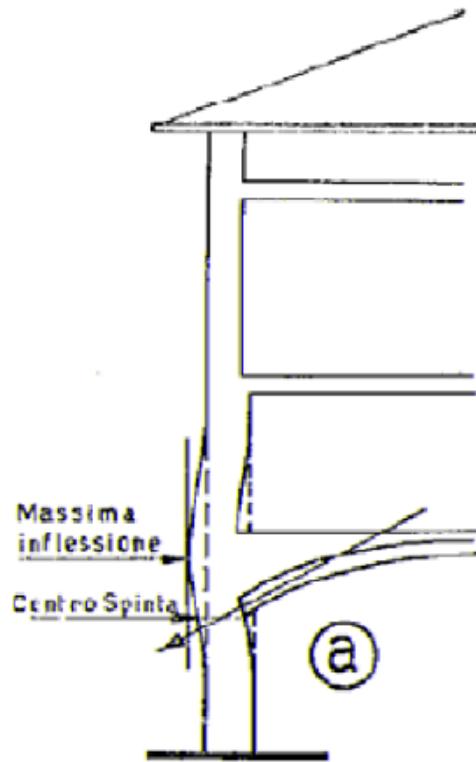
Effetti di un cedimento terminale del pannello murario per carenza del sistema fondale



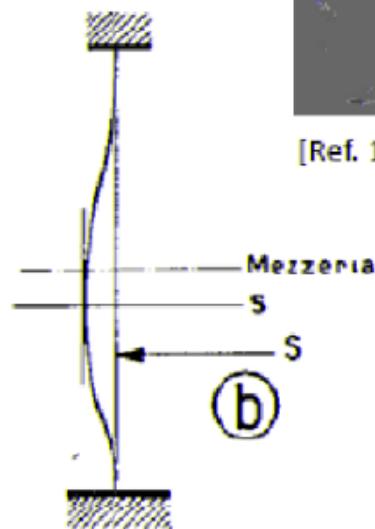
Cedimento del piedritto di un arco



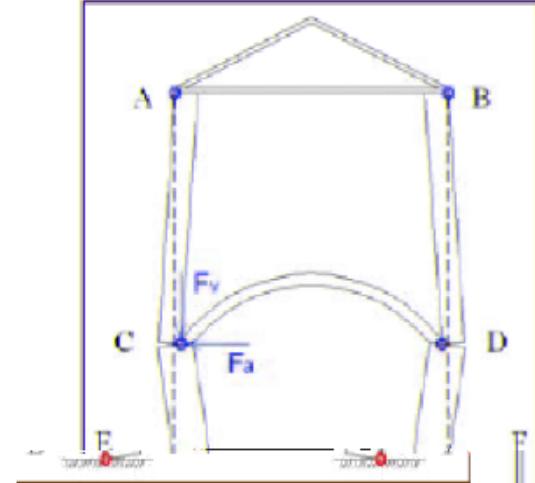
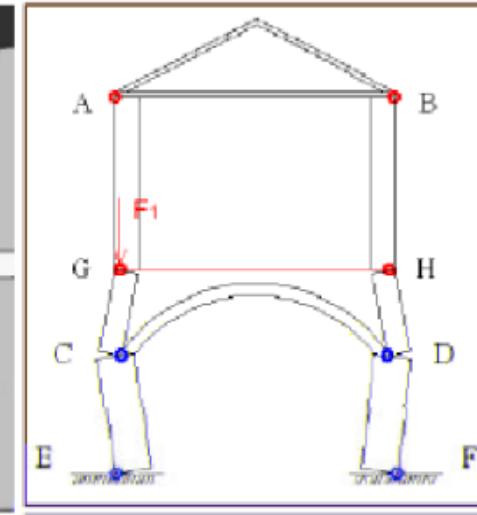
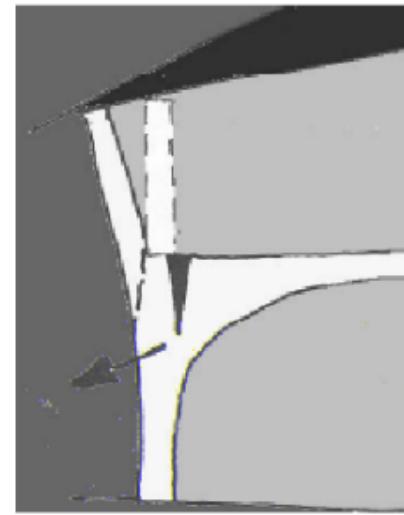
Spinta di archi e volte



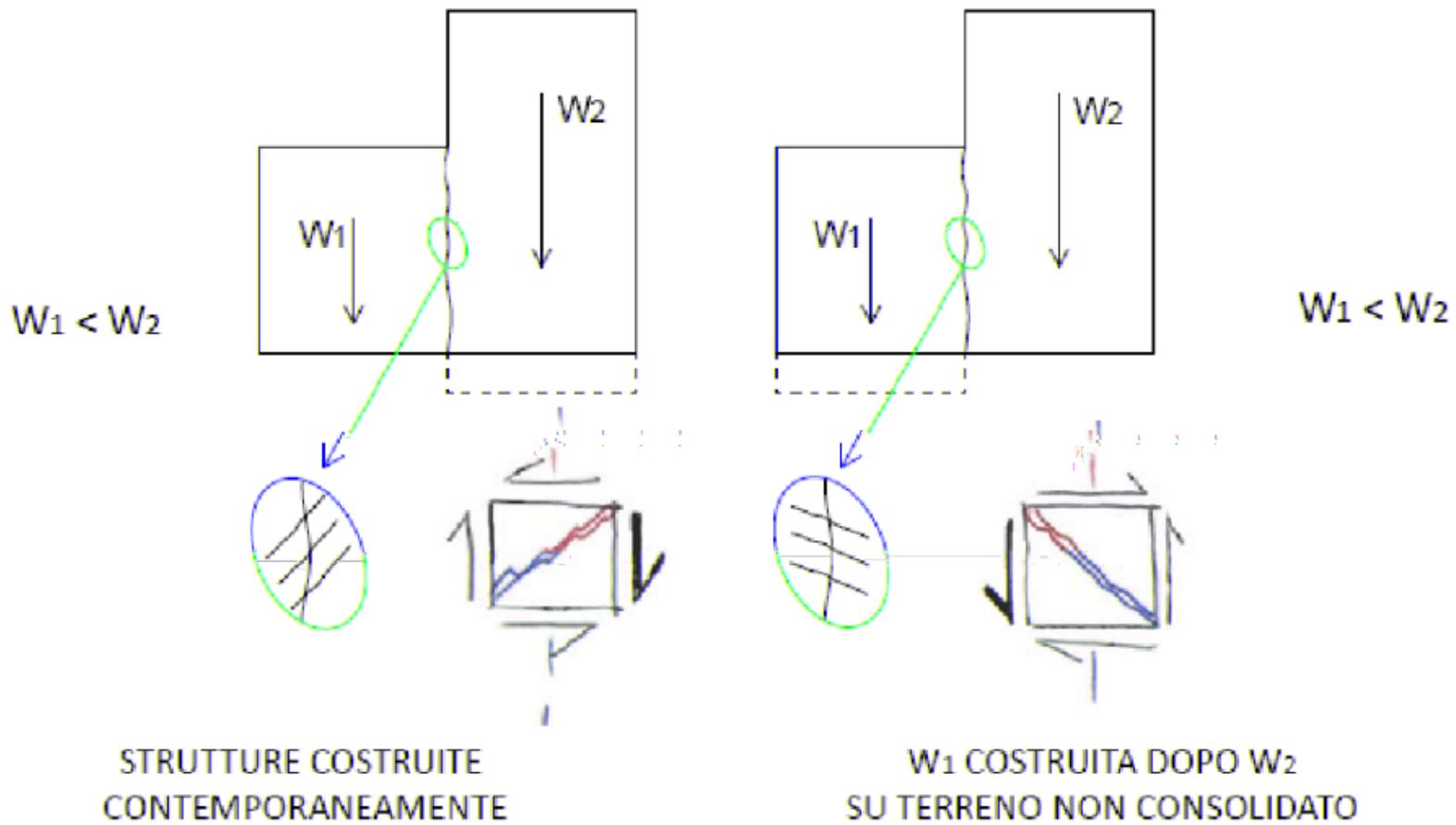
[Ref. 2]



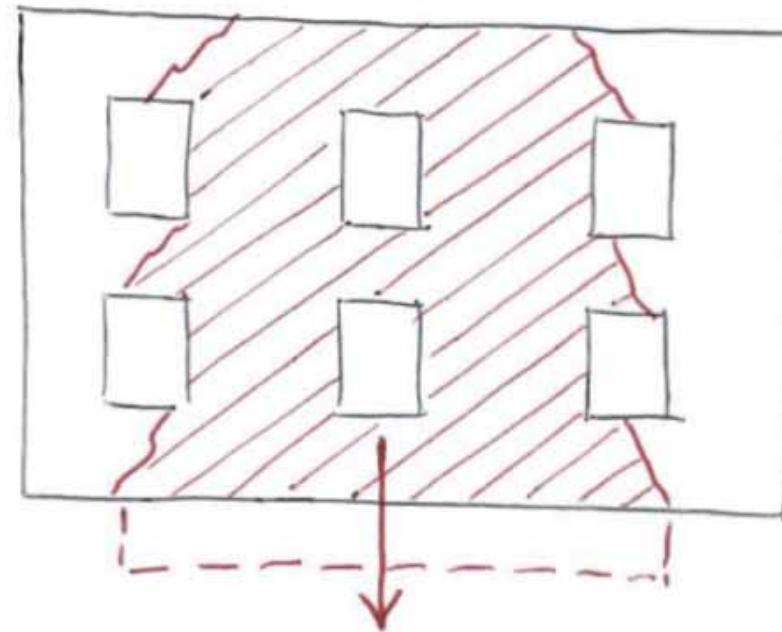
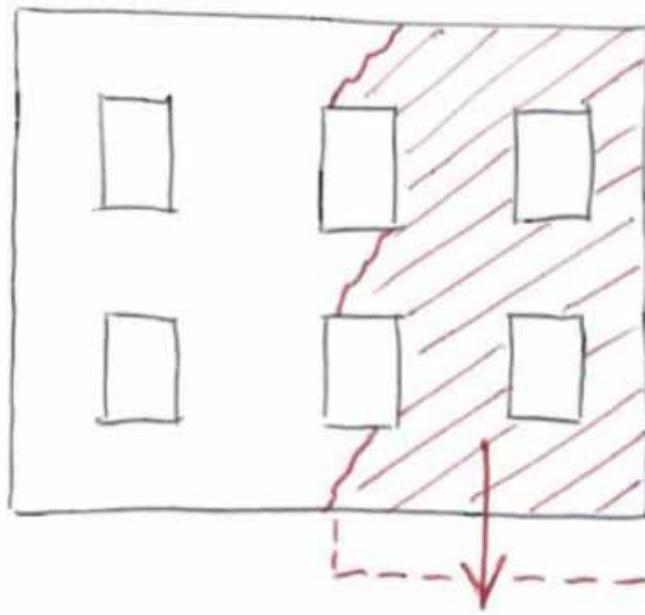
[Ref. 1]



Analisi del quadro fessurativo di edifici adiacenti

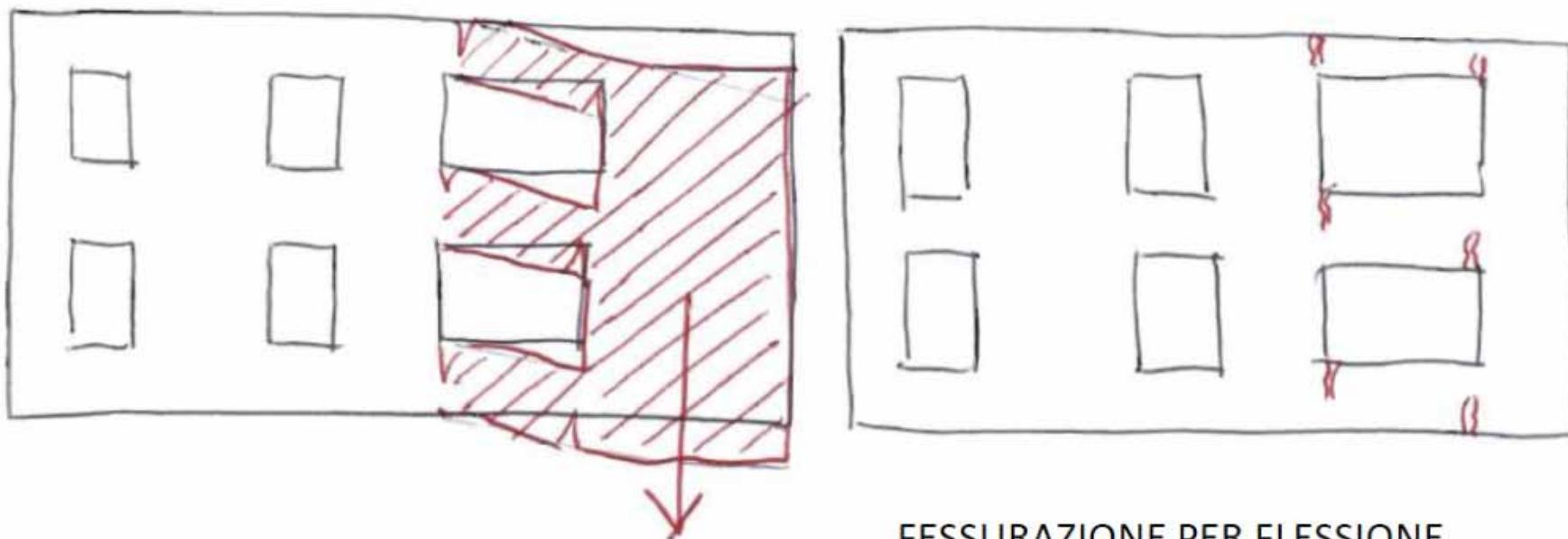


RUOLO DELLA DIMENSIONE DELLE APERTURE

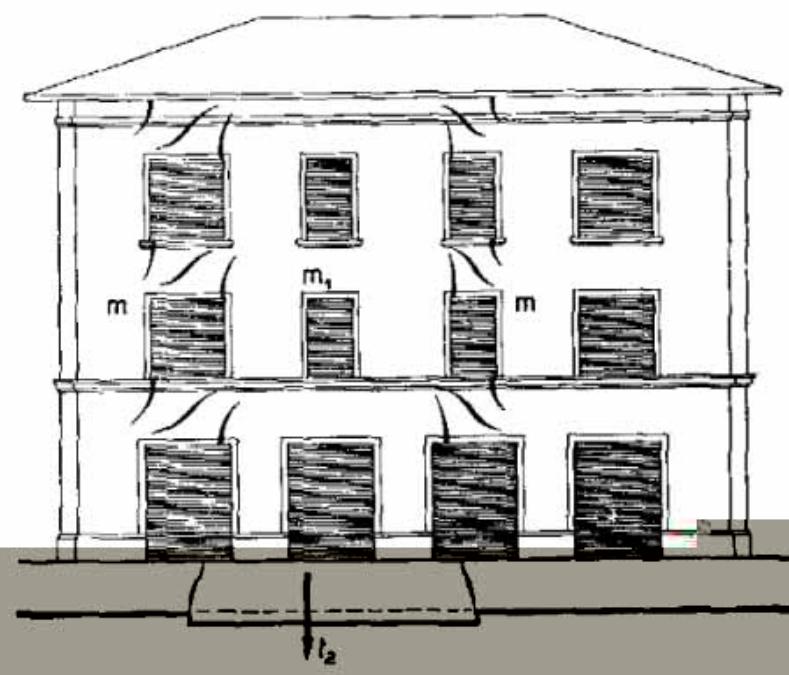
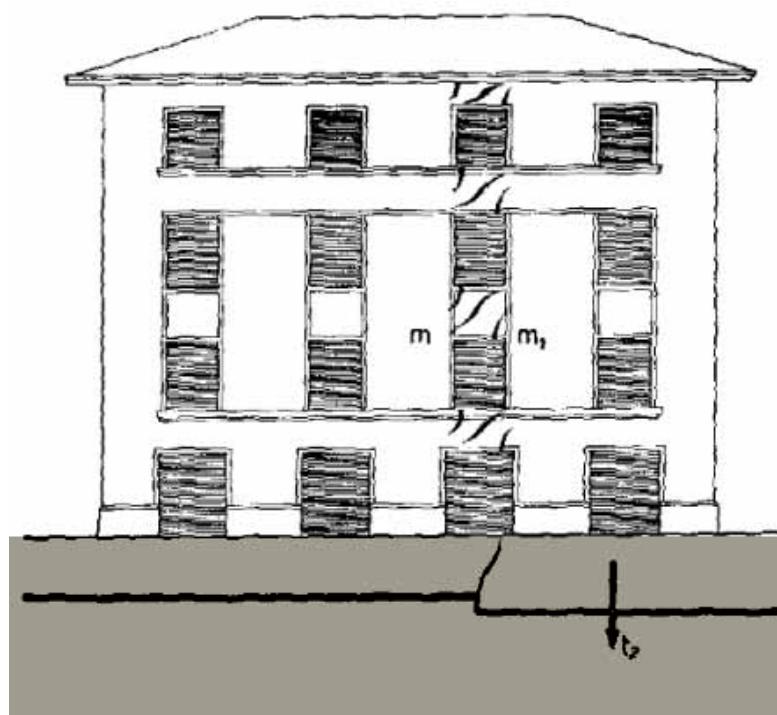


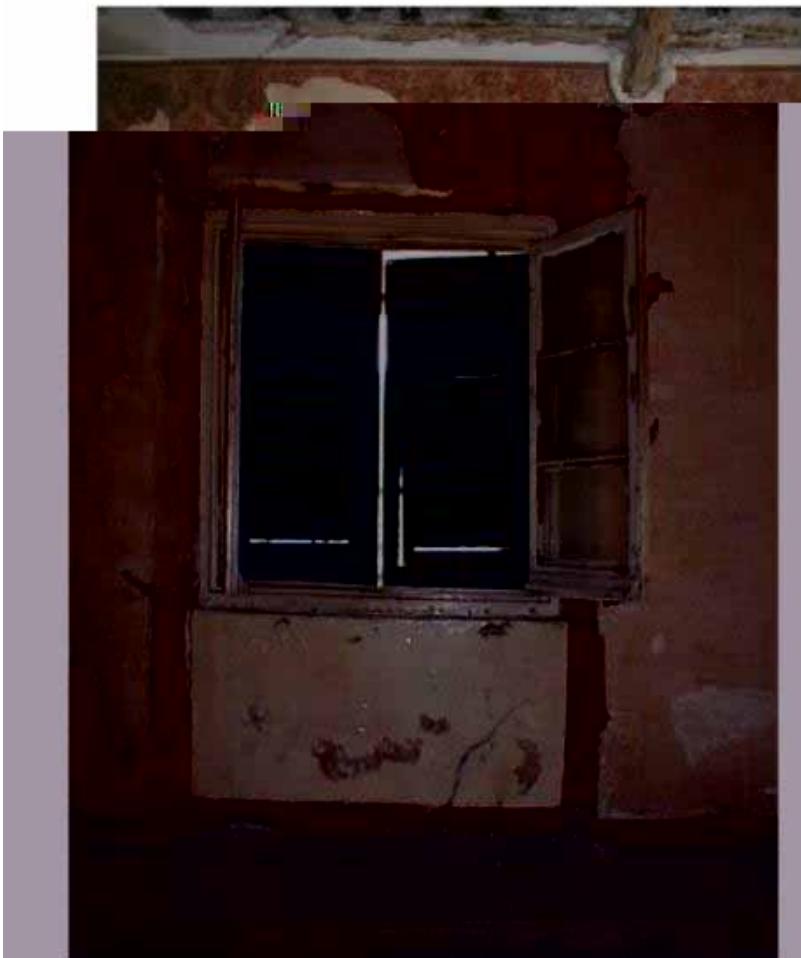
FESSURAZIONE PER TAGLIO

RUOLO DELLA DIMENSIONE DELLE APERTURE



CEDIMENTI IN PRESENZA DI APERTURE





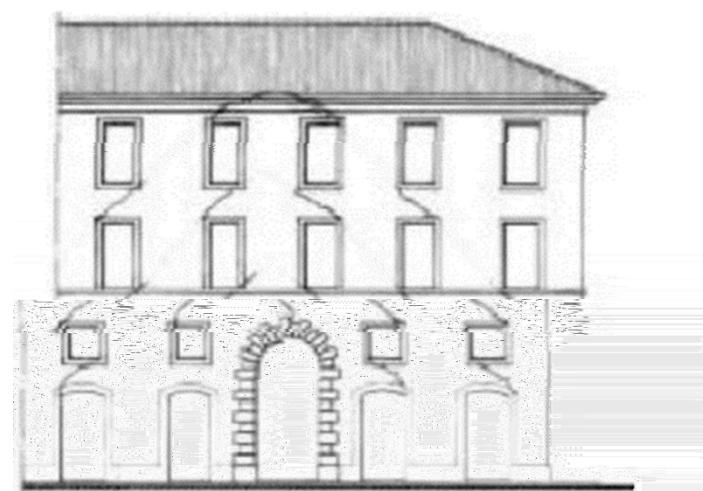
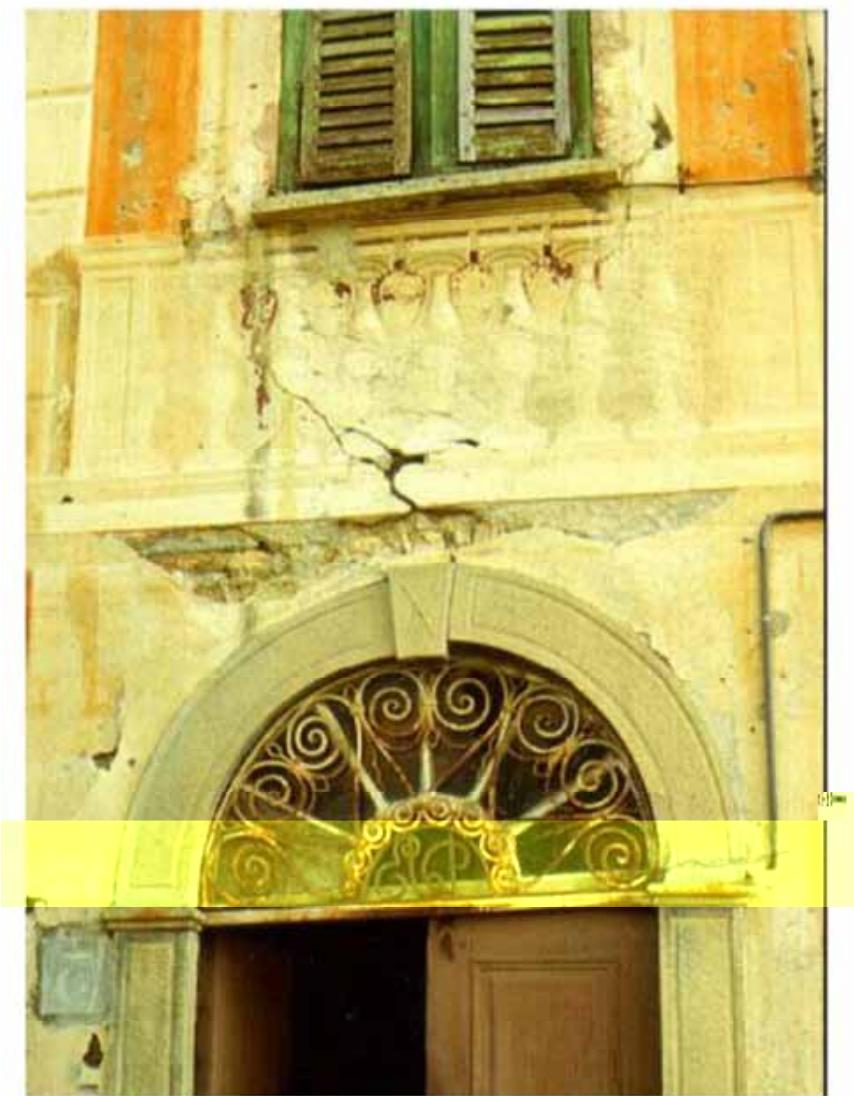
(Lagomarsino)

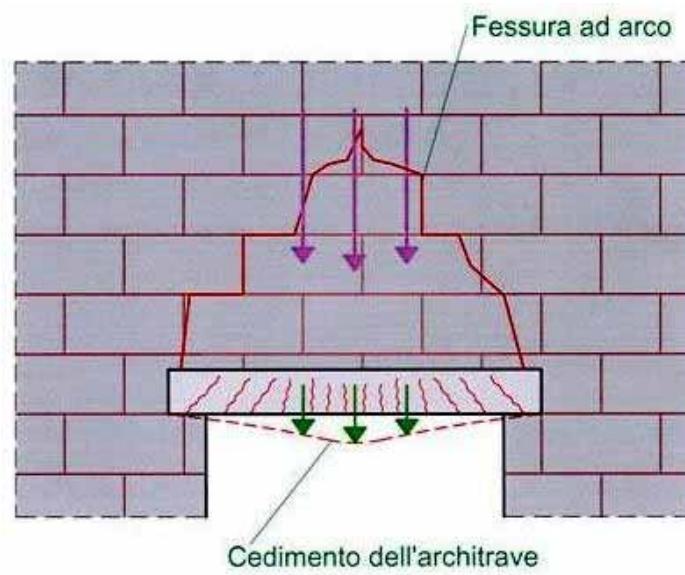
Lesione sotto ad una finestra



(Lagomarsino)

Lesione sopra ad una porta





Danno crescente

