

**Università di Trieste**  
**Dipartimento di Ingegneria e Architettura**

**Corso di**  
**Problemi Strutturali dell'Edilizia Storica**

**INTRODUZIONE**

***Prof. Ing. Natalino Gattesco***

# **BIBLIOGRAFIA**

**AA.VV., “Manuale delle murature storiche Vol. I e Vol. II”, Dei, 2011**

**Croci G., “Conservazione e restauro strutturale dei beni architettonici”, UTET, Torino, 2001.**

**Hendry A.W. (1986) “Statica delle strutture in muratura di mattoni”, Patron Editore, Bologna.**

**Tomazevic M. (2001) “Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings”, Series on Innovation in Structures and Construction – Vol. 1, Imperial College Press, London.**

# INTRODUZIONE

**La sicurezza di una struttura può essere valutata solo in termini probabilistici** (*infatti il verificarsi di una o più situazioni sfavorevoli, poco probabili, può comportare il superamento di uno o più stati limite*)

**Il rischio di perdita di funzionalità, di comparsa di dissesti o di crollo della costruzione viene fissato sulla base di analisi costi-benefici** (*mettendo naturalmente in primo piano la salvaguardia dell'incolumità dell'uomo*).

**Tale rischio tende ad aumentare nel corso della vita della struttura per l'intervento di fattori nuovi che modificano il comportamento strutturale originario**

# CROLLO PONTE MORANDI - GENOVA



**Viadotto sul Polcevera – Genova (ago. 2018)**



# CROLLO TETTO CHIESA - ROMA



**Chiesa di San Giuseppe dei Falegnami – Roma (ago. 2018)**

# CROLLO EDIFICIO – TORRE ANNUNZIATA



**Crollo durante la notte (luglio 2017) – 8 morti (fam. tecnico comunale)**



# CROLLO SCUOLA – SAN GIULIANO DI PUGLIA



**Crollo scuola Jovine (ottobre 2002) – 28 morti**

# CROLLO TORRE CIVICA – PAVIA



**Crollo Torre Civica (marzo 1989)**



# CROLLO EDIFICIO RIONE ARENELLA – NAPOLI



# CROLLO COPERTURA PISCINA AQUAMARINA TS



# FATTORI CHE AUMENTANO IL RISCHIO

QUESTI FATTORI RIGUARDANO:

- **Il progressivo degrado dei materiali** per effetto dell'aggressione atmosferica
- **Il degrado strutturale dovuto alla ciclicità delle sollecitazioni** (*carichi ripetuti, variazioni termiche, gelo-disgelo*)
- **L'aumento dei carichi variabili** per cambio di destinazione d'uso
- **L'esecuzione di opere in prossimità** (*e.g. scavi, gallerie, nuovi edifici*)
- **La modifica di alcune parti della struttura** (*realizzazione di aperture, soppressione di vincoli, ecc.*)

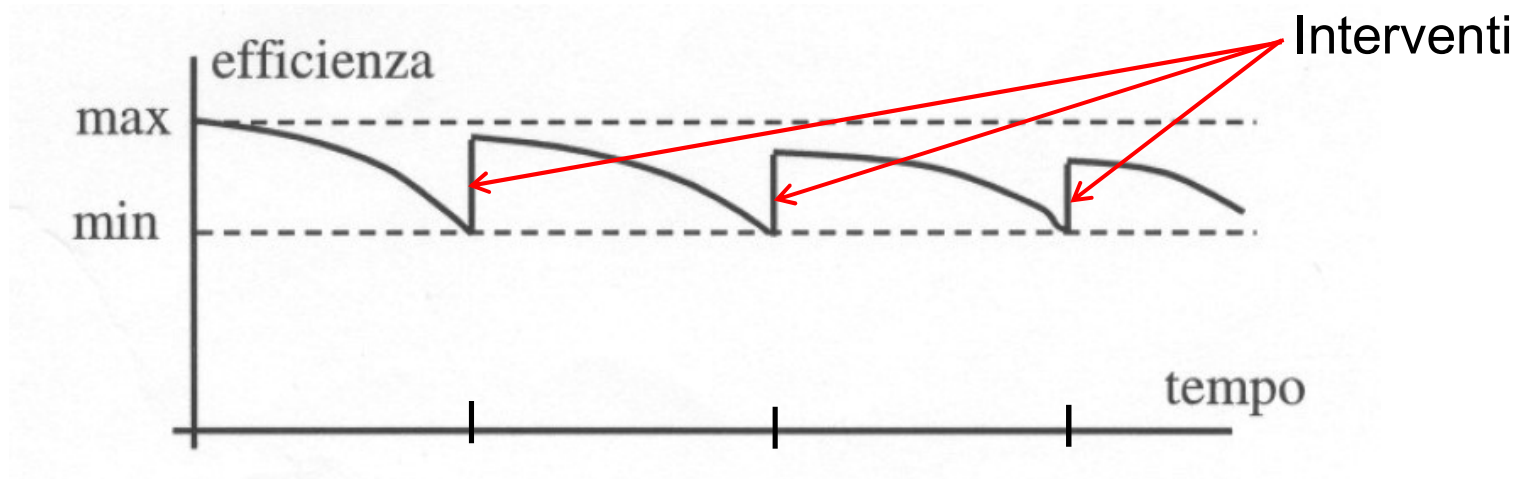


# VERIFICA PERIODICA

L'intervento di tali fattori richiede, quindi:

**UNA VERIFICA PERIODICA DELLE STRUTTURE**

Controllo che la sicurezza della struttura non scenda al di sotto di una determinata soglia limite.



# EVENTI ECCEZIONALI

La sicurezza di una struttura, inoltre, può essere seriamente ridotta da eventi quali

- I terremoti
- Gli smottamenti
- Le esplosioni

Questi eventi provocano danni più o meno gravi in diverse parti **strutturali** (*la costruzione in genere diventa immediatamente inagibile*)

# **MESSA IN SICUREZZA**

**In tutti questi casi di superamento della soglia di rischio accettabile e' necessario intervenire con opere di riparazione e/o rafforzamento**

**MESSA IN SICUREZZA**

**Inoltre per garantire l'efficienza dell'opera nel tempo e' necessario prevedere una**

**MANUTENZIONE PROGRAMMATA**



# **INDAGINE CONOSCITIVA**

**Lo scopo degli interventi di riparazione e rafforzamento strutturale è di conferire alle strutture di edifici esistenti un livello di sicurezza adeguato alla funzione**

**Per ricercare il metodo di intervento più idoneo è necessario procedere ad un'approfondita**

**INDAGINE CONOSCITIVA**

# INDAGINE CONOSCITIVA

- **Rilievo geometrico** (*dimensioni effettive parti strutturali*)
- **Indagine storica** (*ricostruzione variazioni nel tempo*)
- **Indagini sperimentali per la caratterizzazione dei materiali** (*prove soniche, prove di taglio, martinetti piatti, ultrasuoni, carotaggi, ecc.*)
- **Rilievo dei dettagli costruttivi** (*collegamento fra le varie parti, presenza di catene e legature, ecc.*)
- **Rilievo del quadro fessurativo** (*diretto, fotogrammetrico*) **con mappatura di ogni singola lesione** (*apertura, estensione*)

# DIAGNOSTICA E VALUTAZIONE

**Alla fase di indagine segue una fase di analisi dei dati ottenuti per valutare lo stato attuale delle strutture ed individuare le cause che hanno provocato la caduta di efficienza (*degrado materiali, fessurazioni più o meno estese, dissesti statici, ecc.*)**

**VALUTAZIONE SICUREZZA  
E DEFINIZIONE TECNICHE DI INTERVENTO**



# **TECNICHE DI INTERVENTO**

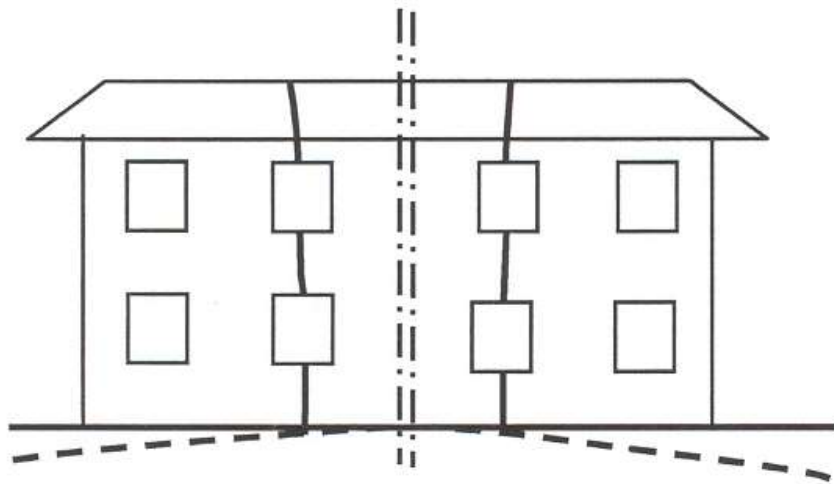
- **Le fasi di indagine e valutazione consentono di conoscere lo stato di una struttura e di individuare le cause che hanno provocato la ridotta efficienza**
- **L'obiettivo dell' intervento e' di migliorare le caratteristiche principali che governano il comportamento strutturale al fine di mettere in sicurezza la struttura**

# TECNICHE DI INTERVENTO

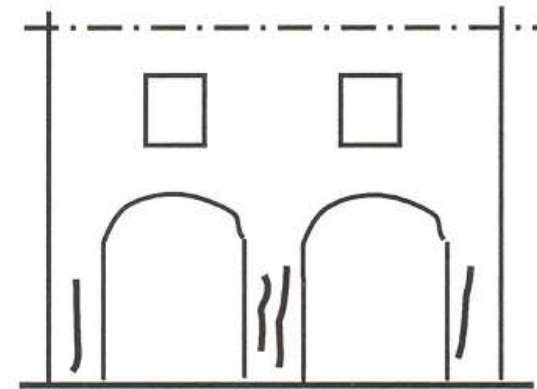
- **Gli interventi strutturali possono essere**
  - **Locali** (*riguardano opere su singoli elementi strutturali mirate principalmente al miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei materiali*)
  - **Globali** (*riguardano opere che tendono a modificare il funzionamento dell'intera struttura*)
- **E' necessario far precedere la rimozione delle cause che hanno condotto la struttura ad un livello di sicurezza inadeguato**

# PROBLEMI STRUTTURALI

- **Le murature sono spesso fessurate per**
  - Cedimenti differenziali delle fondazioni (a)
  - Carichi verticali eccessivi (colonne) (b)



a)

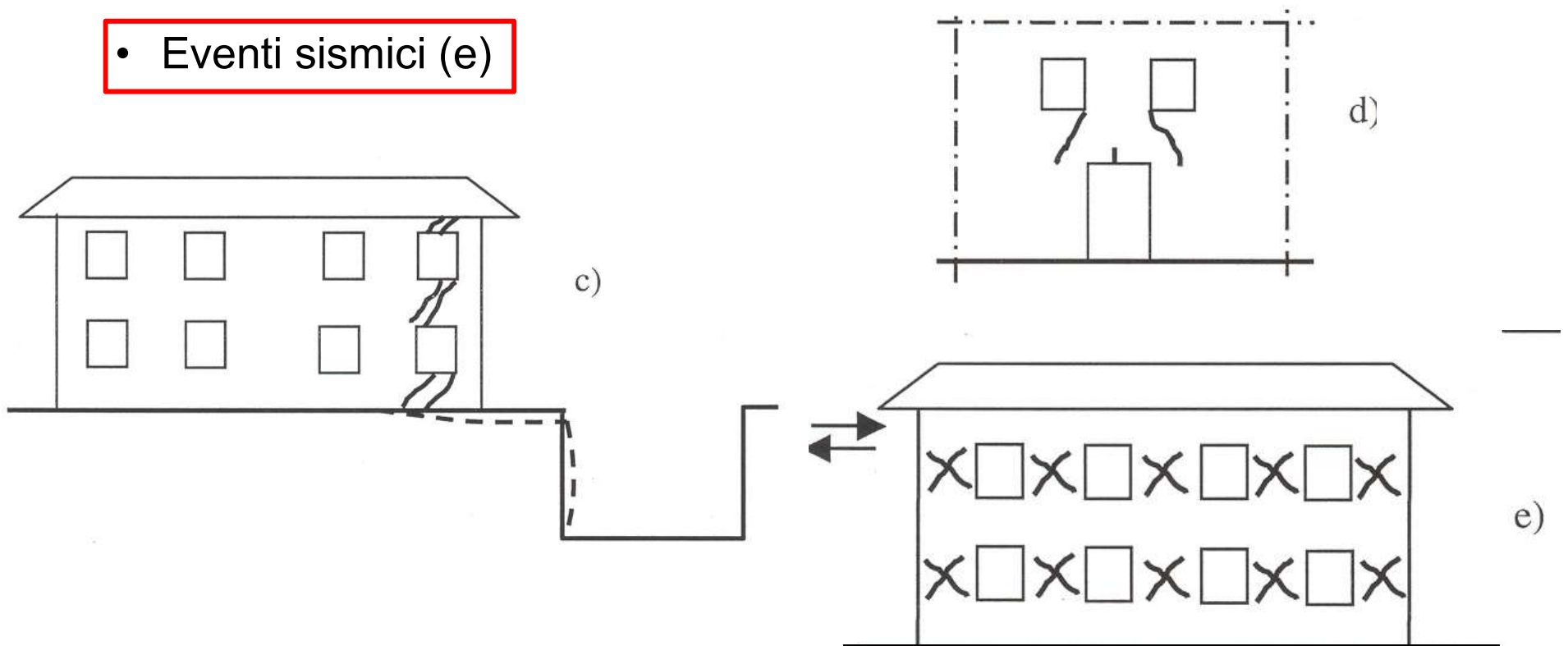


b)

# PROBLEMI STRUTTURALI

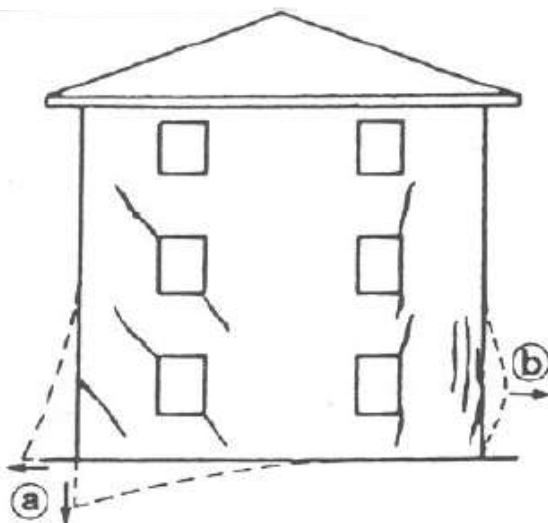
- **Le murature sono spesso fessurate per**
  - Esecuzione di scavi o nuovi edifici nelle vicinanze (c)
  - Errate impostazioni strutturali e/o vizi esecutivi (d)

- **Eventi sismici (e)**



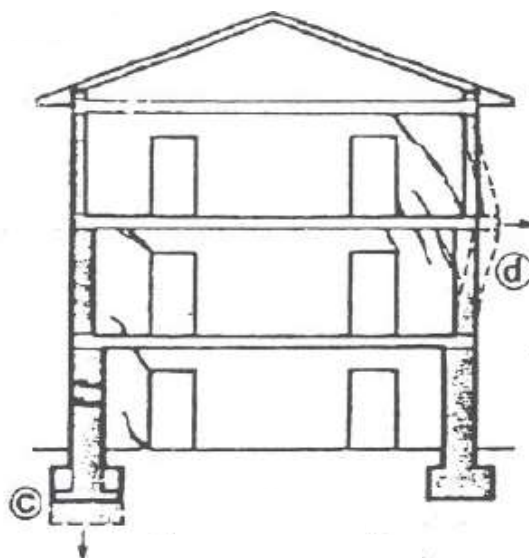
# FESSURE E DEFORMAZIONI COME INDICATORI

- Fessure provocate da cedimenti e spinte

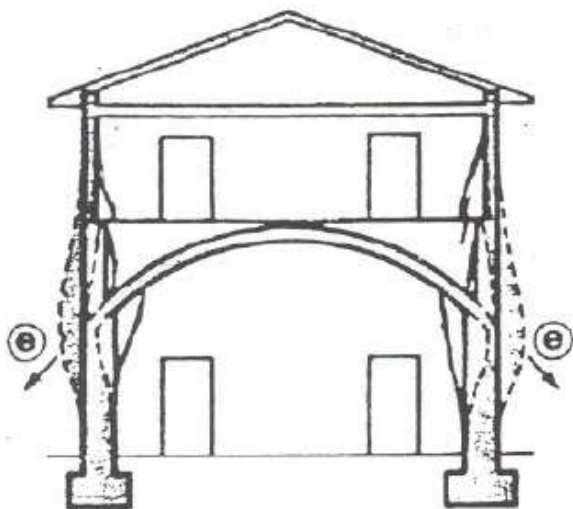


Lesioni tipiche dovute a spostamenti localizzati:

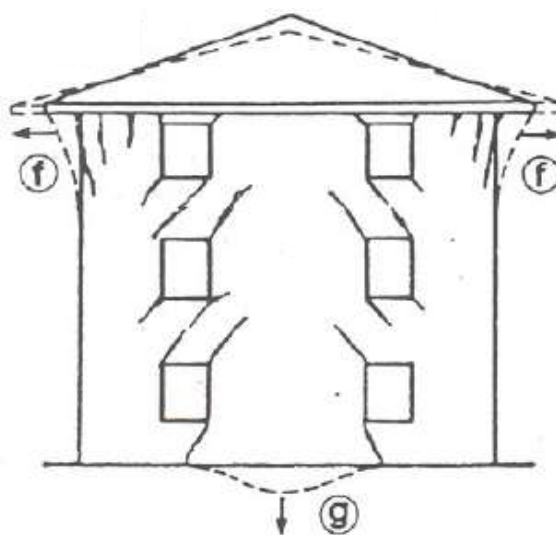
- a) per spostamento laterale dello spigolo dell'edificio;
- b) per schiacciamento della struttura muraria;



- c) per cedimento fondale della parete di facciata;
- d) per spinta verso l'esterno delle strutture di solaio;



- e) per effetto di spinta della struttura a volta interna;

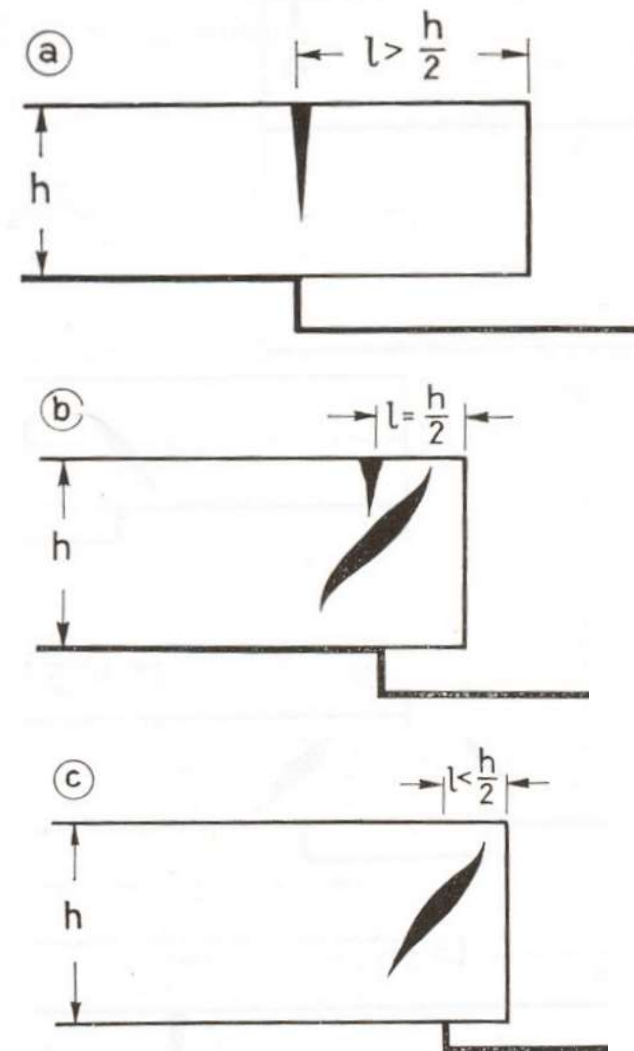
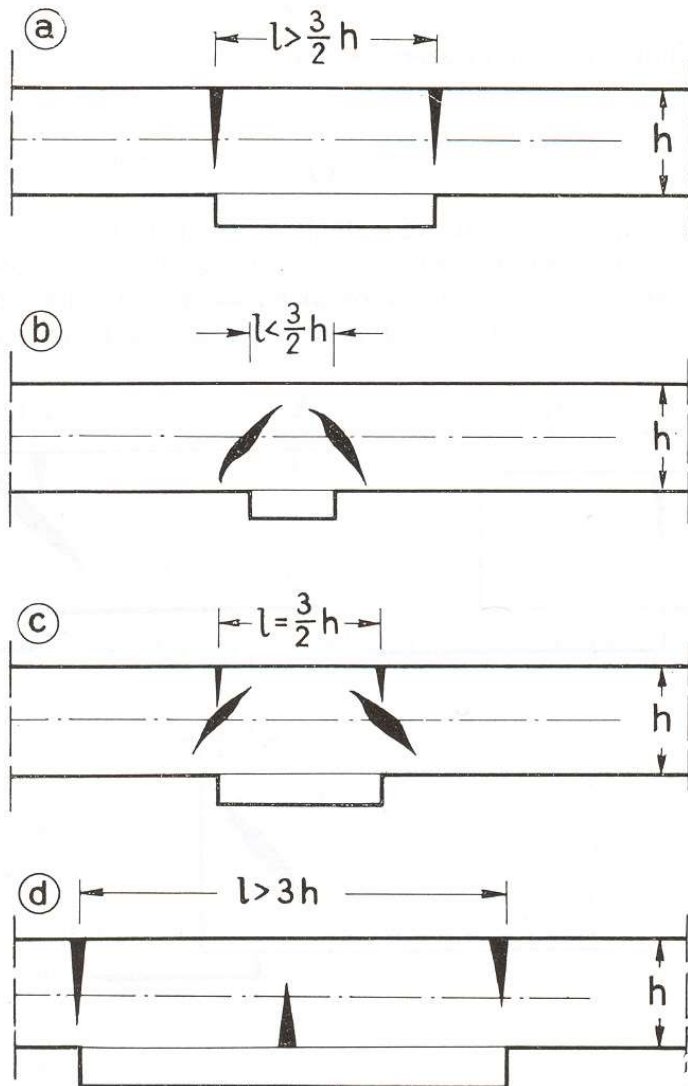


- f) per presenza di copertura spingente;
- g) per cedimento fondale nella zona intermedia di facciata.



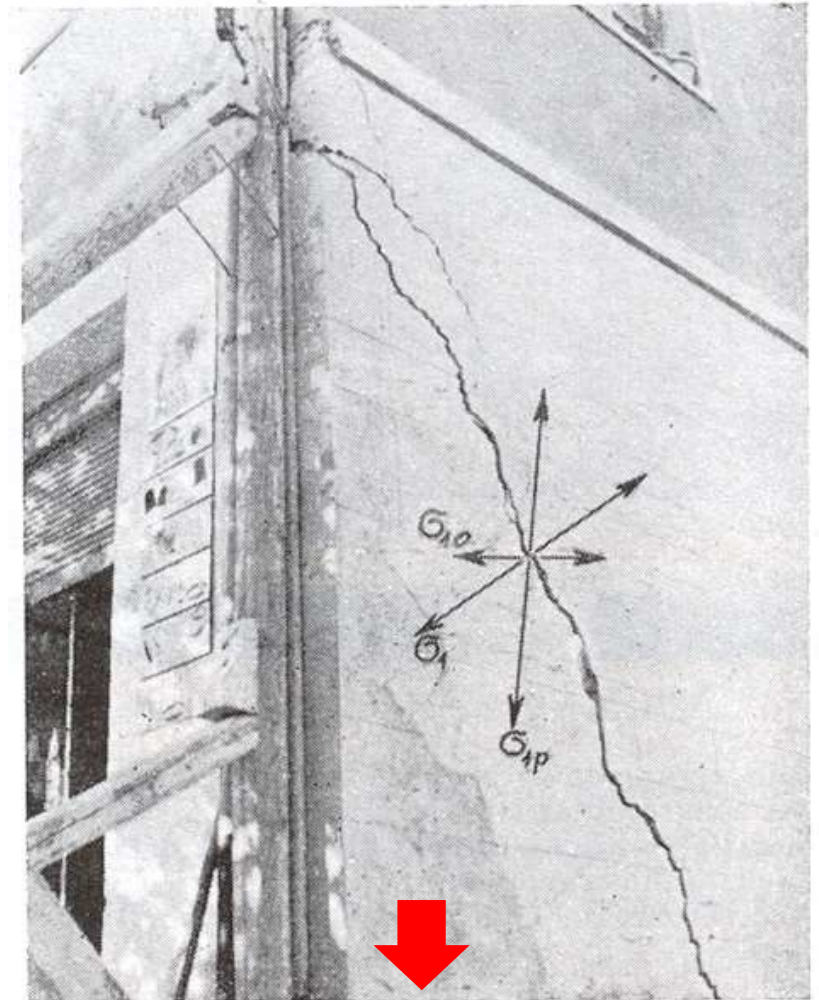
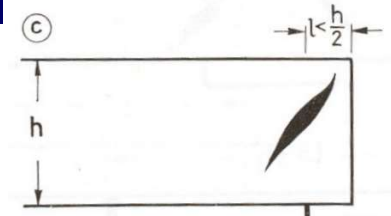
# FESSURE COME INDICATORI

- Fessure provocate da cedimenti verticali



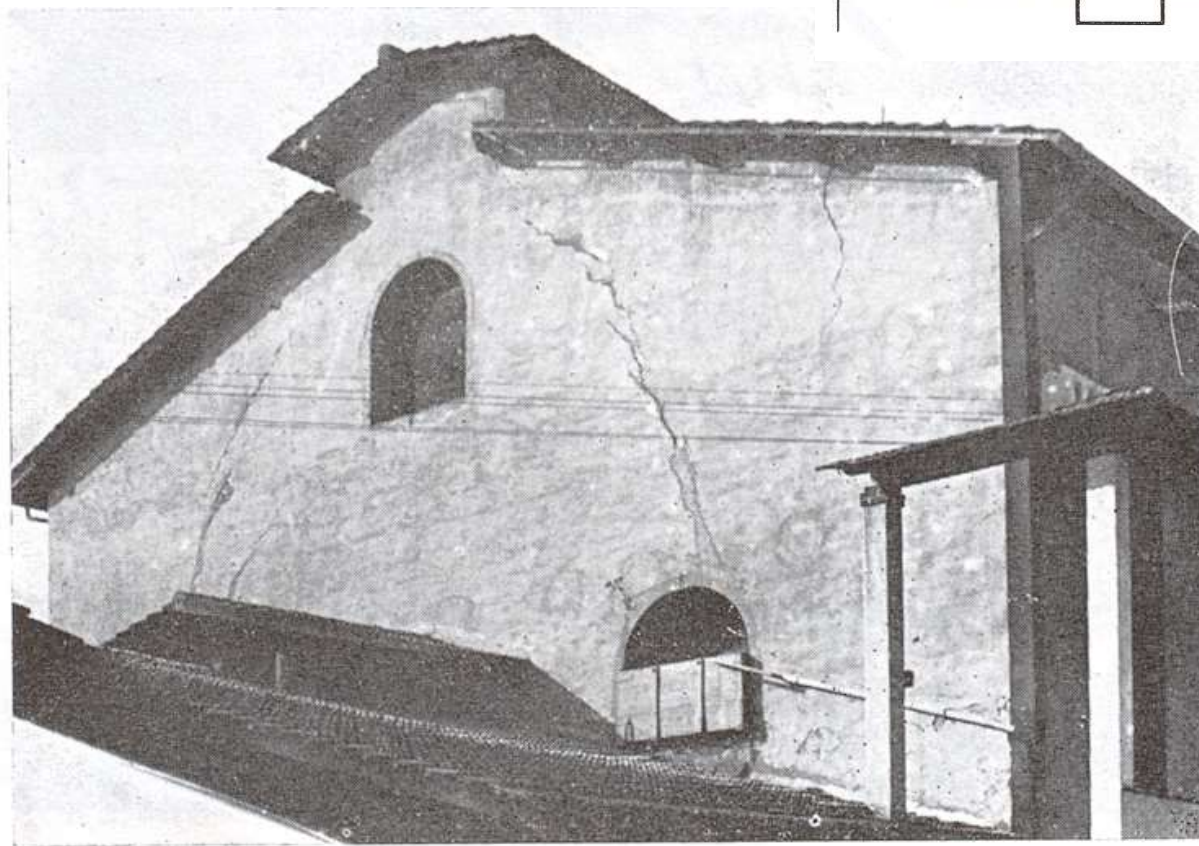
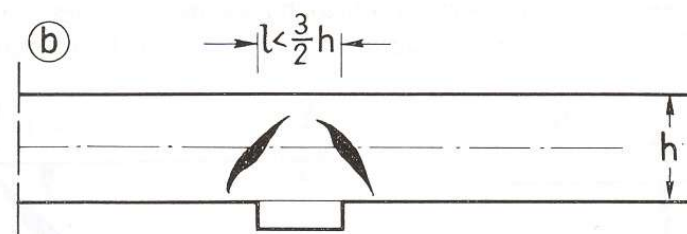
# FESSURE COME INDICATORI

- Fessure provocate da cedimenti verticali di estremita' del fabbricato



# FESSURE COME INDICATORI

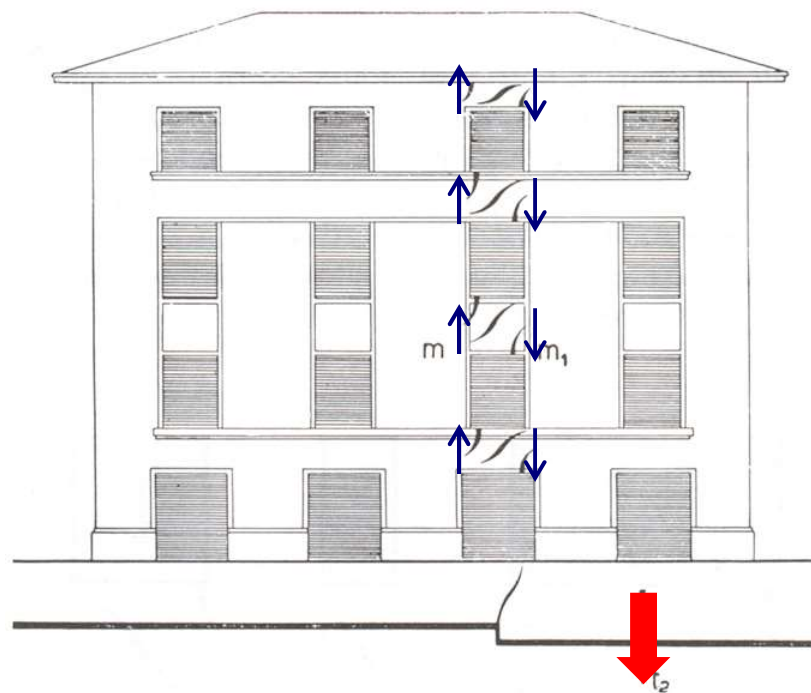
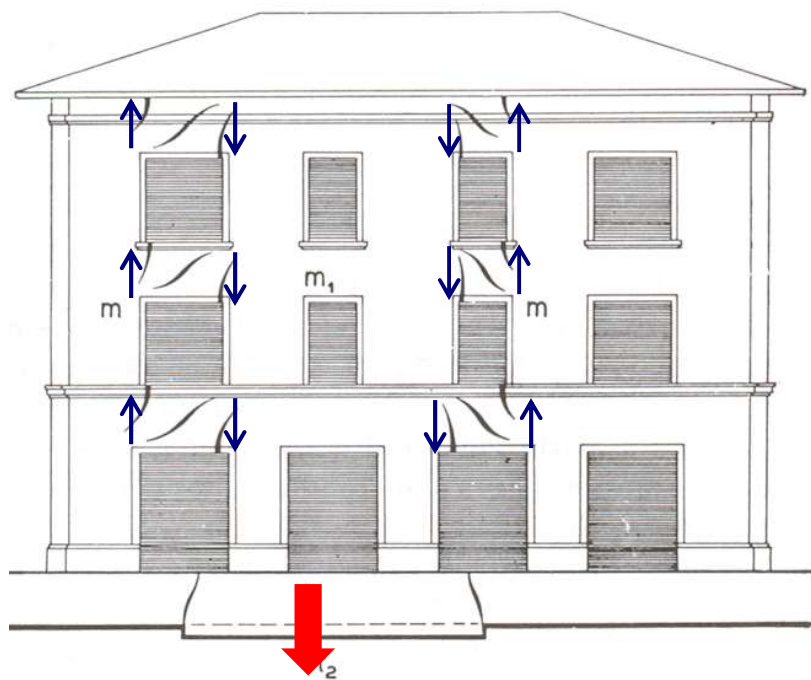
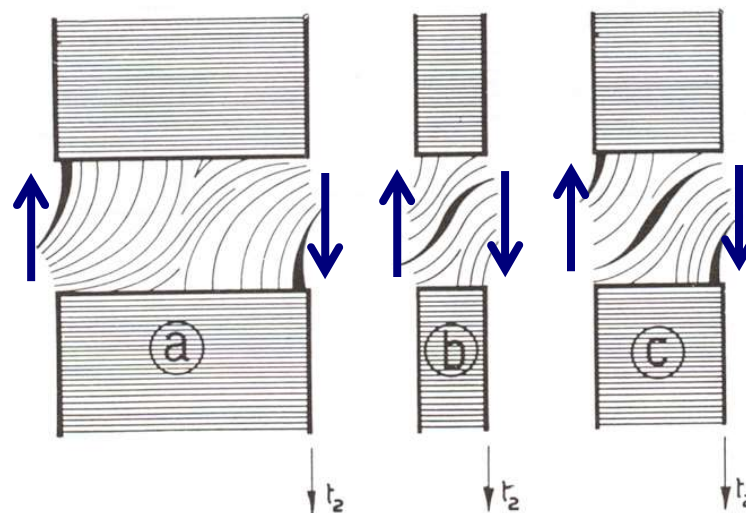
- Fessure provocate da cedimenti verticali in zona centrale al fabbricato





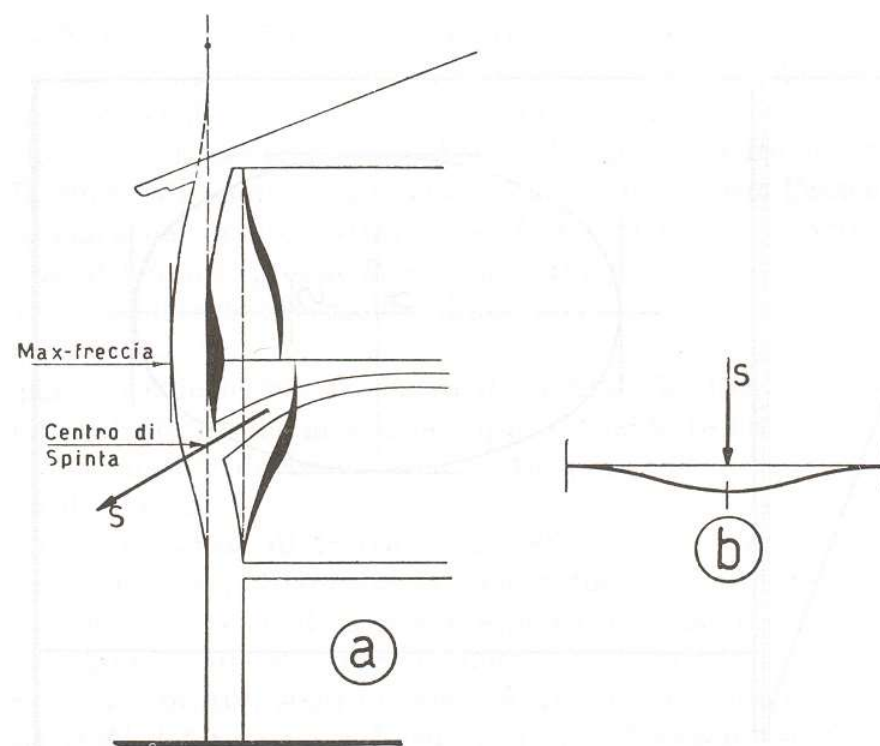
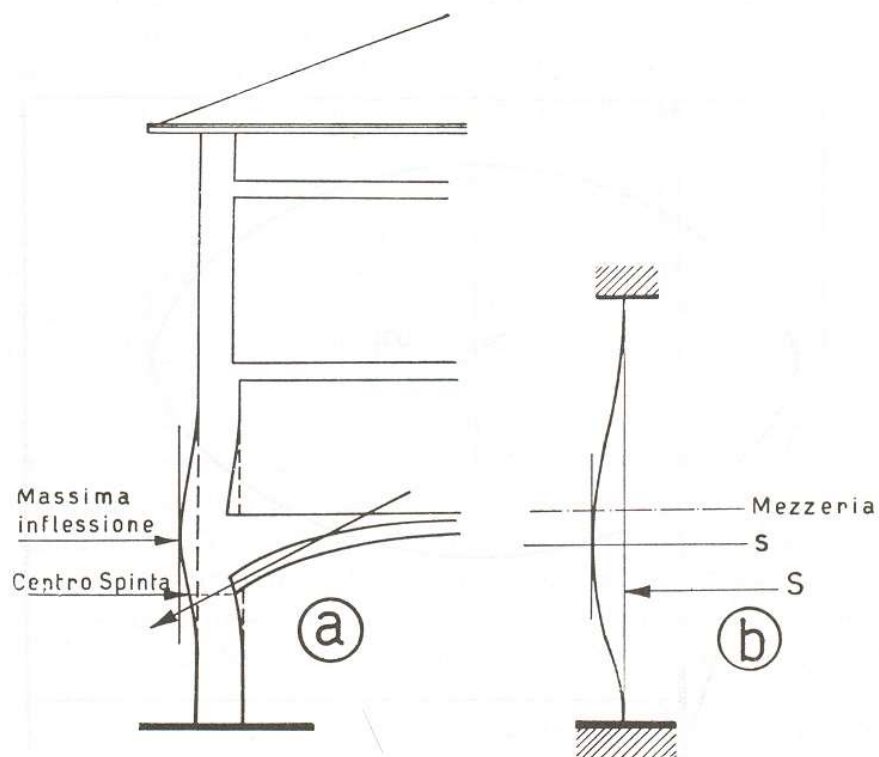
# FESSURE COME INDICATORI

- Fessure provocate da cedimenti verticali *verticali* (nel caso di traverse più deboli dei maschi)



# FESSURE E DEFORMAZIONI COME INDICATORI

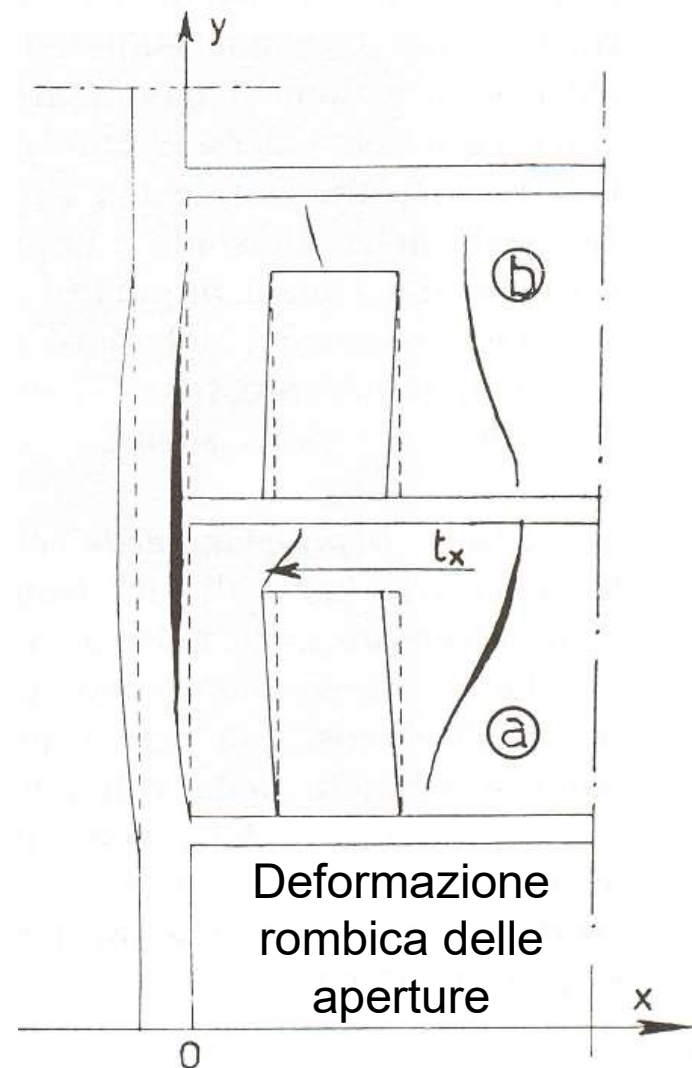
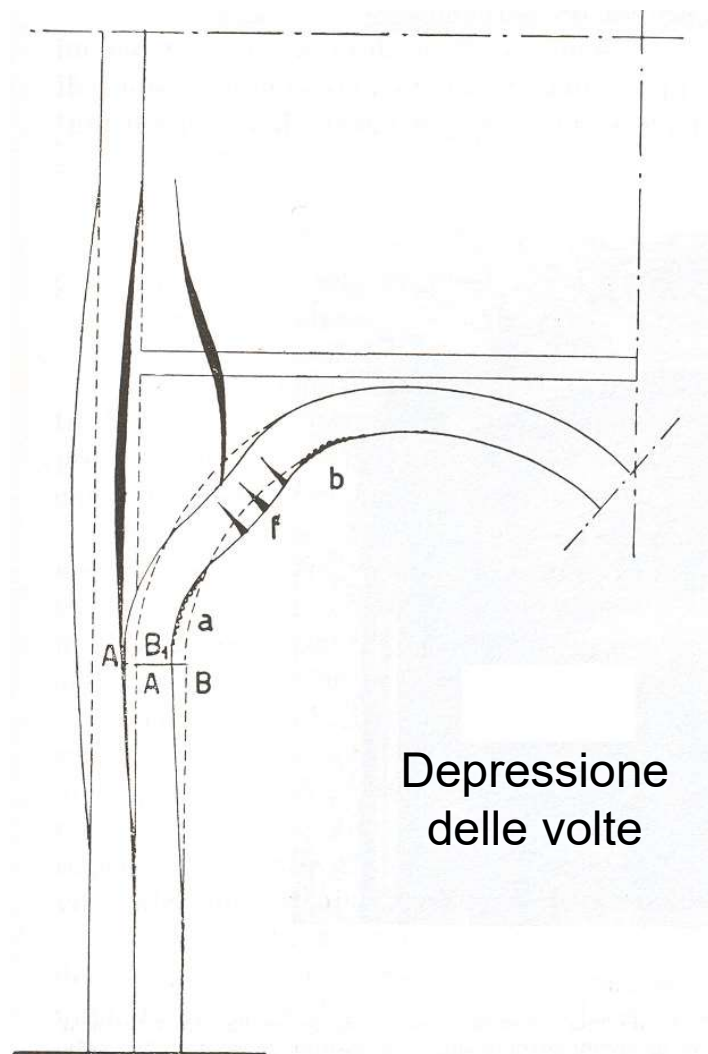
- Fessurazioni provocate da spinte di archi e volte





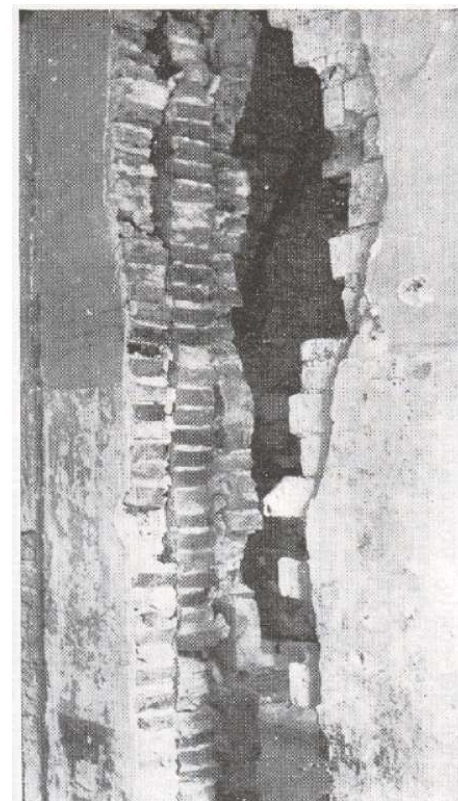
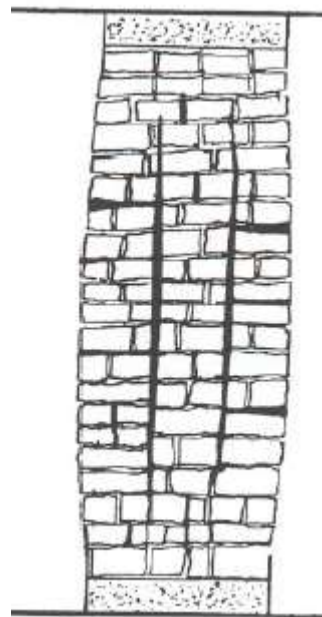
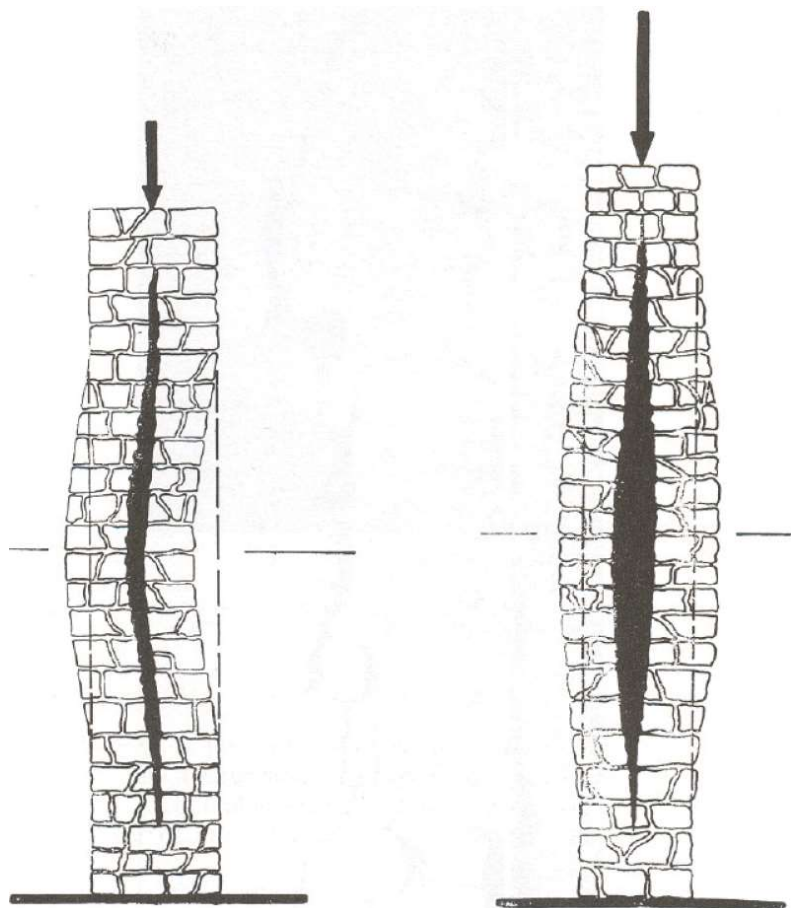
# FESSURE E DEFORMAZIONI COME INDICATORI

- Fessurazioni provocate da spinte di archi e volte



# FESSURE E DEFORMAZIONI COME INDICATORI

- Fessurazioni nel piano della muratura



# CARICO CRITICO MURATURE

- **Muratura a più paramenti** (*Carico critico*)

Le murature sono in genere elementi snelli. Se si calcola il carico critico Euleriano per tre murature di ugual spessore: singolo paramento, due paramenti affiancati, tre paramenti affiancati, si ottiene:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2}{12} \cdot \frac{E a^3}{I_o^2}$$

$$\frac{P_{cr,b}}{P_{cr,a}} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{P_{cr,c}}{P_{cr,a}} = \frac{1}{9}$$

