

# I QUADRI FESSURATIVI NEGLI EDIFICI IN C. A.

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

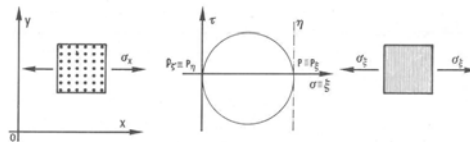
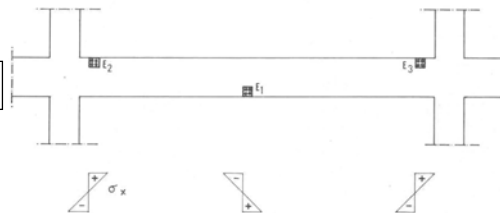
## EFFETTI DELLA FLESSIONE - armature insufficienti -

SOLIDO ALLA DE SAINT-VENANT:

$$\sigma_x, \tau_{xy} \neq 0$$
$$\sigma_{yz}, \sigma_{xz}, \tau_{xy}, \tau_{yz} = 0$$

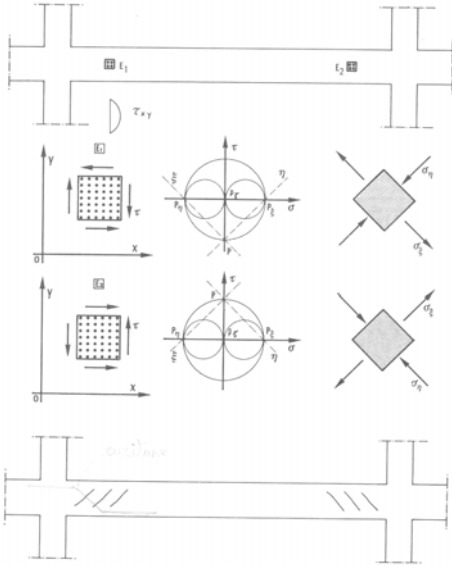
Se la trave è sollecitata soltanto da forze verticali passanti per il centro di taglio, le uniche caratteristiche della sollecitazione diverse da zero sono M e T

Lesioni verticali multiple e ravvicinate con ampiezza variabile decrescente verso l'interno e con nullo sull'asse neutro



prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

**EFFETTI DEL TAGLIO**  
- armature insufficienti -

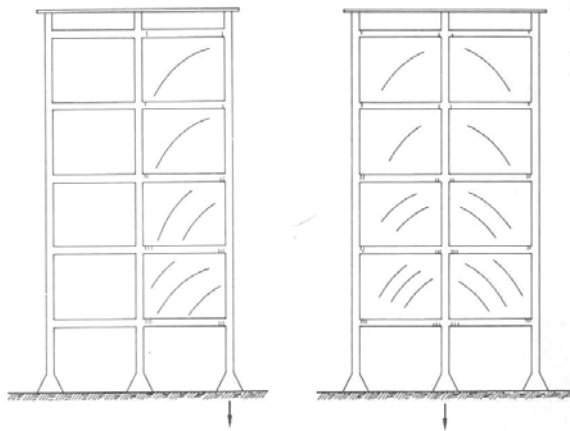


Tali lesioni sono variabili lungo l'altezza della trave e presentano la maggiore ampiezza in corrispondenza dell'asse neutro baricentrico

Quelle da torsione, invece, si presentano di ampiezza costante lungo il perimetro della trave

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

**CEDIMENTO VERTICALE DI UN PILASTRO**

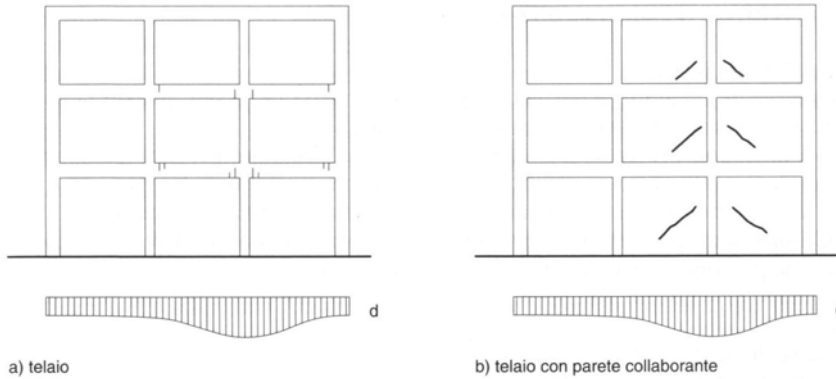


Il fenomeno di fessurazione tende a smorzarsi man mano che ci si allontana dalla zona interessata dal cedimento

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

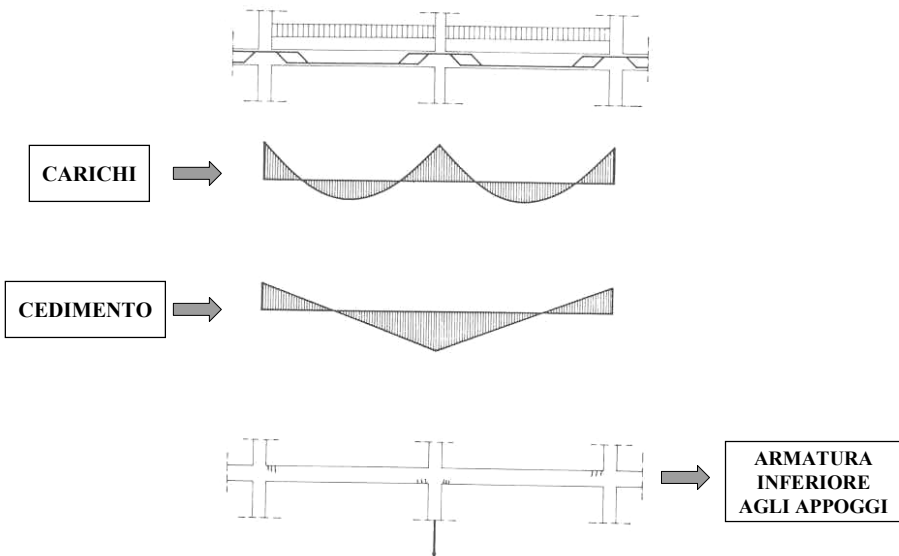
## CEDIMENTO VERTICALE DI UN PILASTRO

### DEFORMAZIONI DEL SUOLO E CRITERI DI INTERVENTO



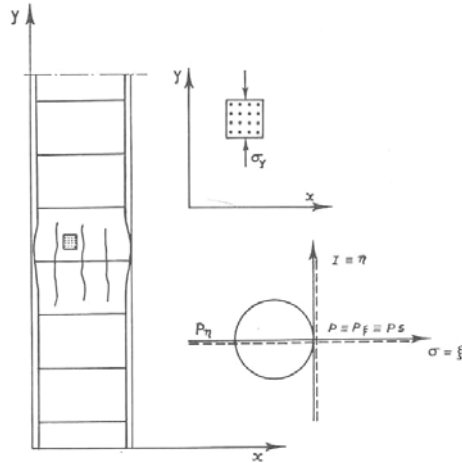
prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## CEDIMENTO VERTICALE DI UN PILASTRO



prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

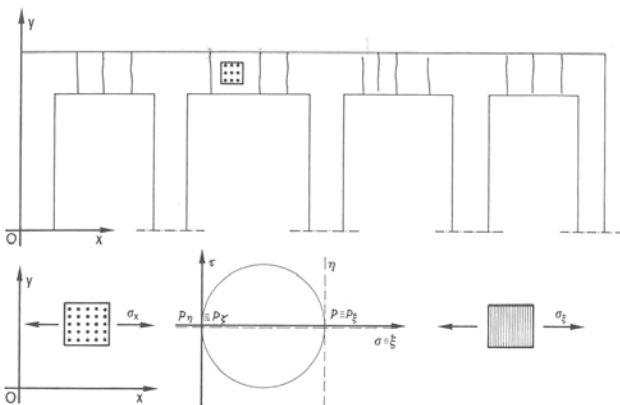
## SCHIACCIAMENTO DI UN PILASTRO



Nei disegni per schiacciamento dei pilastri in c.a. si verificano oltre alle lesioni verticali, aperture delle staffe con espulsione del copriferro

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## RITIRO E VARIAZIONI DI TEMPERATURA



Ampiezza pressoché uniforme lungo l'altezza della trave

Le ampiezze tendono a crescere nelle zone in prossimità del solaio dove il salto termico è maggiore

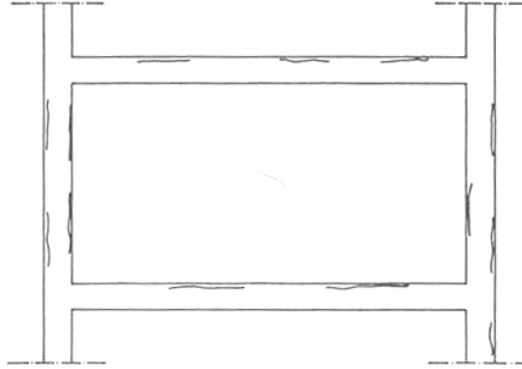
Essendo un fenomeno ciclico può causare il degrado di materiale per fatica

Le variazioni di lunghezza orizzontali sono contrastate dagli elementi verticali

Il quadro fessurativo è costituito da fratture capillari distribuite nelle superfici laterali spesso diffuse lungo tutta la trave. Se le staffe presentano un modesto copriferro tali lesioni si localizzano in corrispondenza delle stesse

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## OSSIDAZIONE DELLE ARMATURE



Si verifica prevalentemente in corrispondenza di ambienti umidi o soggetti ad intemperie.  
Le cause principali sono la piccolezza del copriferro ed una elevata permeabilità del calcestruzzo non sempre caratteristica di scarsa resistenza alla compressione del materiale

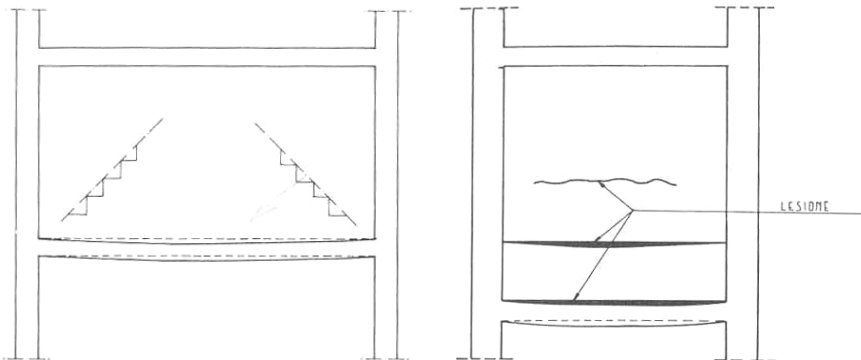
Le lesioni che si concentrano in corrispondenza degli elementi di acciaio causano l'espulsione del copriferro

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## ROTTURA DEI TOMPAGNI

Elementi di notevole luce

Rapporto h/L prossimo all'unità

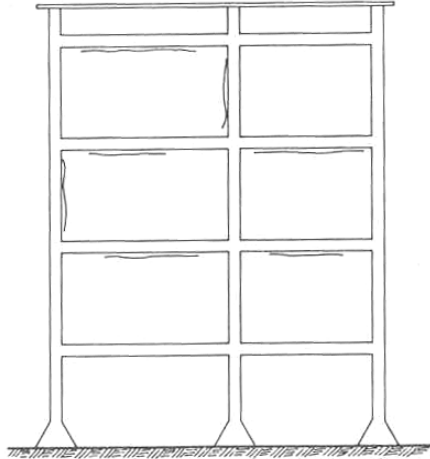


DIVERSA DEFORMABILITA' DEGLI ELEMENTI A CONTATTO

La ripetizione di spostamenti relativi, dovuti alle variazioni delle condizioni di carico o alle escursioni termiche giornaliere e stagionali, comporta per il fenomeno della fatica la rottura del materiale di collegamento più fragile, quale tinteggio ed intonaco

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## ROTTURA DEI TOMPAGNI



Una eccessiva velocità di realizzazione e sigillatura dei tompagni potrebbe causare lesioni verticali e orizzontali nelle sezioni di collegamento dei pannelli murari con le strutture in conglomerato cementizio. Questo fenomeno è prodotto dal ritiro della malta che collega le pietre del paramento

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

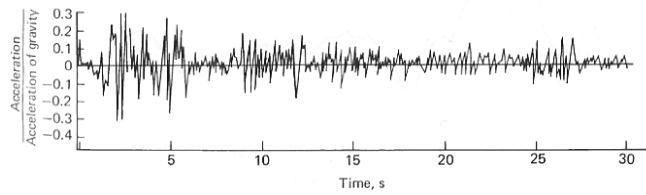
## CONSIDERAZIONI - azioni statiche -

Le situazioni reali sono spesso diverse dalle semplici schematizzazioni proposte:

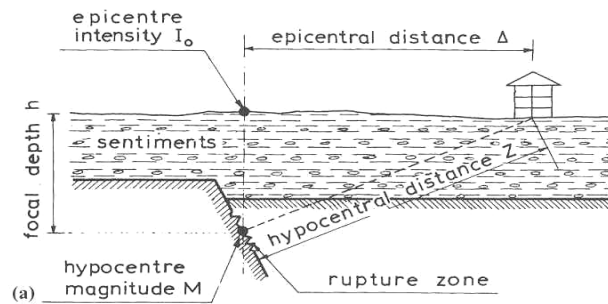
- le interazioni tra le strutture in elevazione ed il terreno di appoggio vengono modificate dallo stesso dissesto e le nuove concentrazioni di carico comportano movimenti ulteriori che producono quadri fessurativi che si sommano a quelli iniziali e ne modificano l'aspetto
- la forma geometrica del quadro fessurativo può solo fornire indicazioni sul possibile tipo di spostamento in corso, ma nulla può precisare sulle cause dissesanti
- indicazioni più precise sui movimenti in atto sono ottenibili soltanto mediante rilievi strumentali
- i cedimenti delle strutture di fondazione modificano la rigidità assiale delle colonne e inducono nei sistemi iperstatici la migrazione degli sforzi verso elementi più rigidi (che inizialmente non presentano cedimenti)
- è molto importante conoscere la stratigrafia del terreno su cui sorge la costruzione e valutare il livello della falda idrica e un suo eventuale movimento

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## I DISSESTI IN ZONA SISMICA



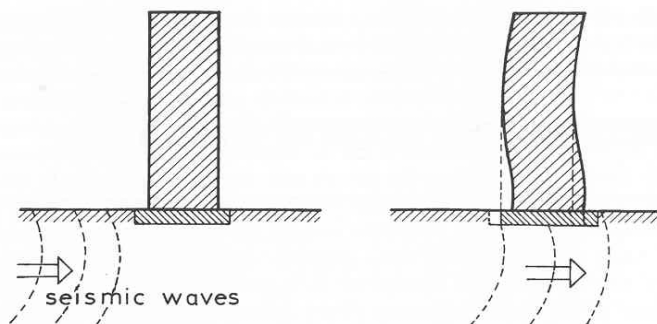
El Centro, California, earthquake ground acceleration record.



prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## EFFETTI SULLE STRUTTURE

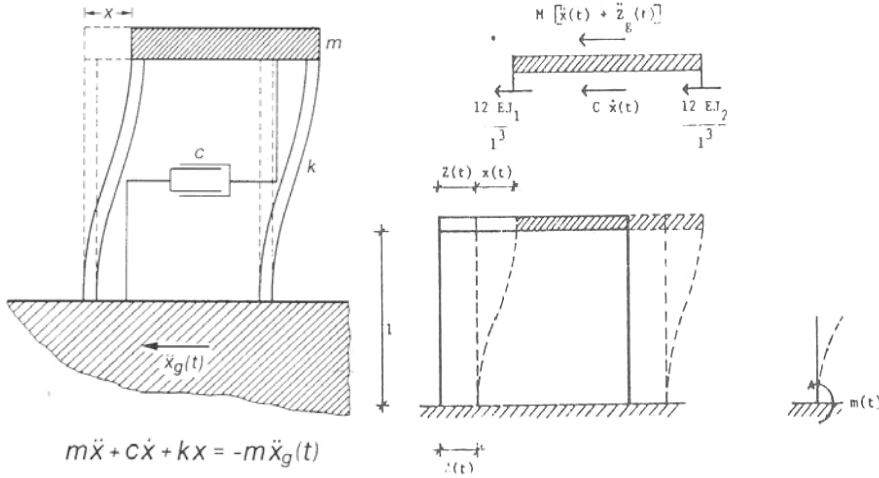
- Spostamenti
- Velocità
- Accelerazioni



Seismic excitation of a building.

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

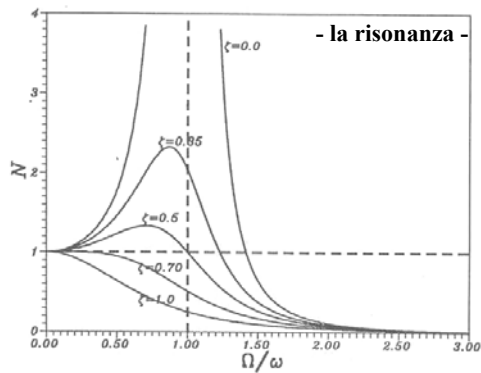
### EQUAZIONE DEL MOTO



prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

### ANALISI DI UN SISTEMA AD 1 GRADO DI LIBERTÀ

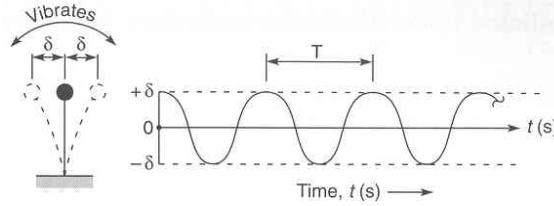
$$N = \frac{\omega^2}{\sqrt{(\omega^2 - \Omega^2)^2 + 4\zeta^2\omega^2\Omega^2}}$$



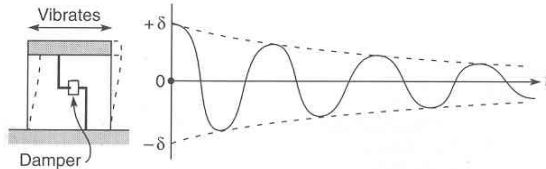
$$X(t) = N X_{STATICO}$$

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## LO SMORZAMENTO STRUTTURALE



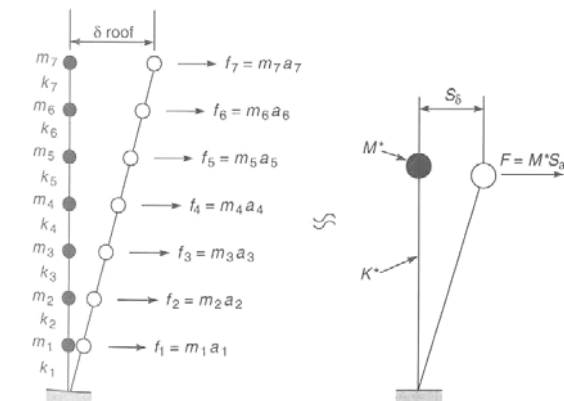
Undamped free vibrations of a single degree-of-freedom system.



Damped free vibration of a single degree-of-freedom system.

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## SISTEMI A PIÙ GRADI DI LIBERTÀ



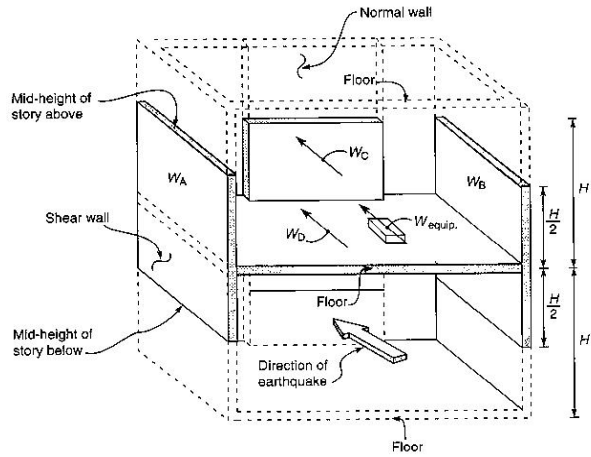
(a) Fundamental mode of a multi-mass system

(b) Equivalent single-mass system

Mathematical representation of a multi-mass system by a single-mass system.

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

**GLI EFFETTI SONO PROPORZIONALI ALLE MASSE**



prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

**VARIAZIONE DELLA TIPOLOGIA DI CARICO**

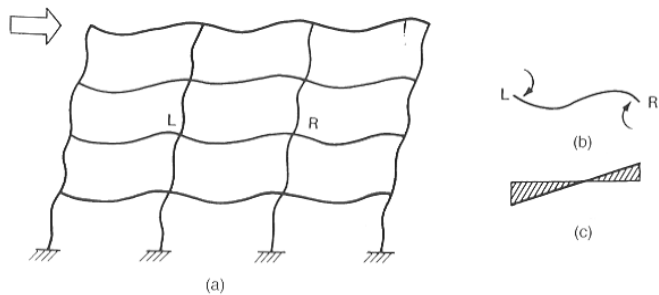
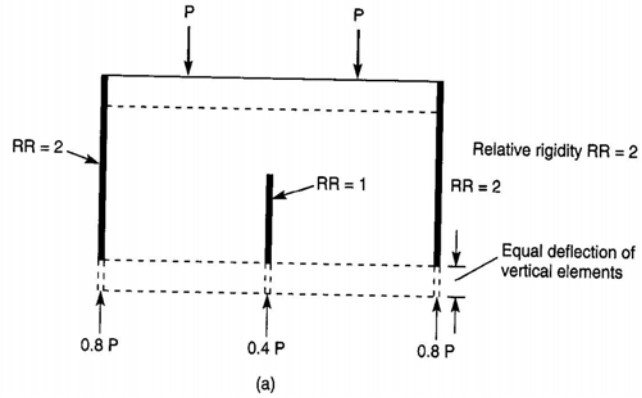


Figure 4.8 (a) Portal frame subjected to lateral loads from left; (b) end moments; (c) moment diagram.

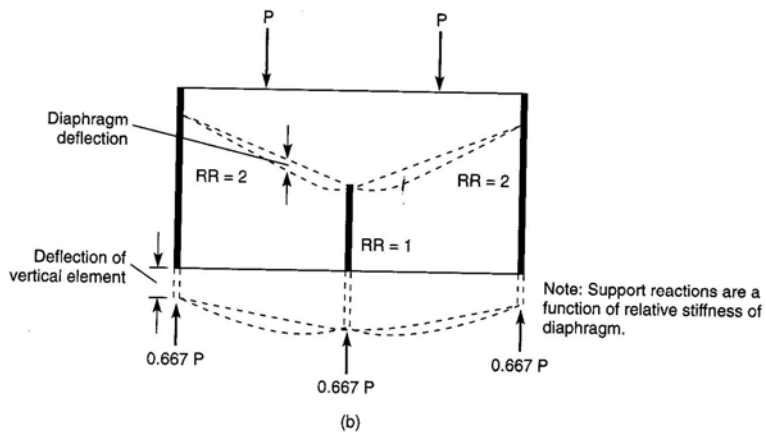
prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## LA FUNZIONE DEL SOLAIO

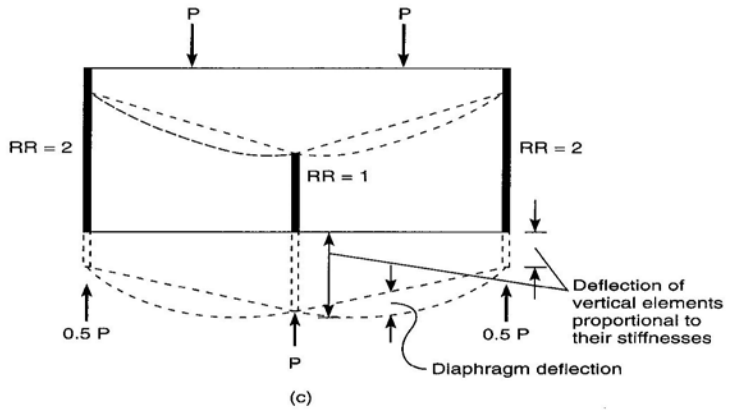
Ripartizione delle forze orizzontali tra i vari elementi verticali  
in funzione della rigidezza nel proprio piano



prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

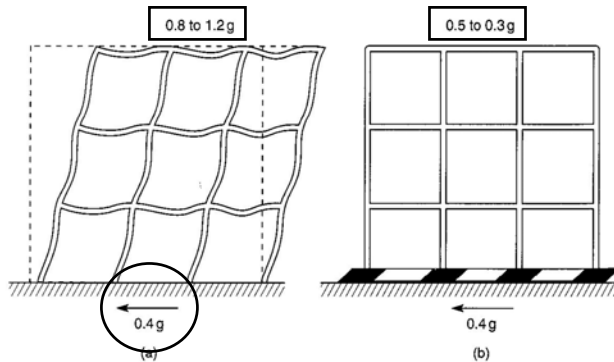


prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello



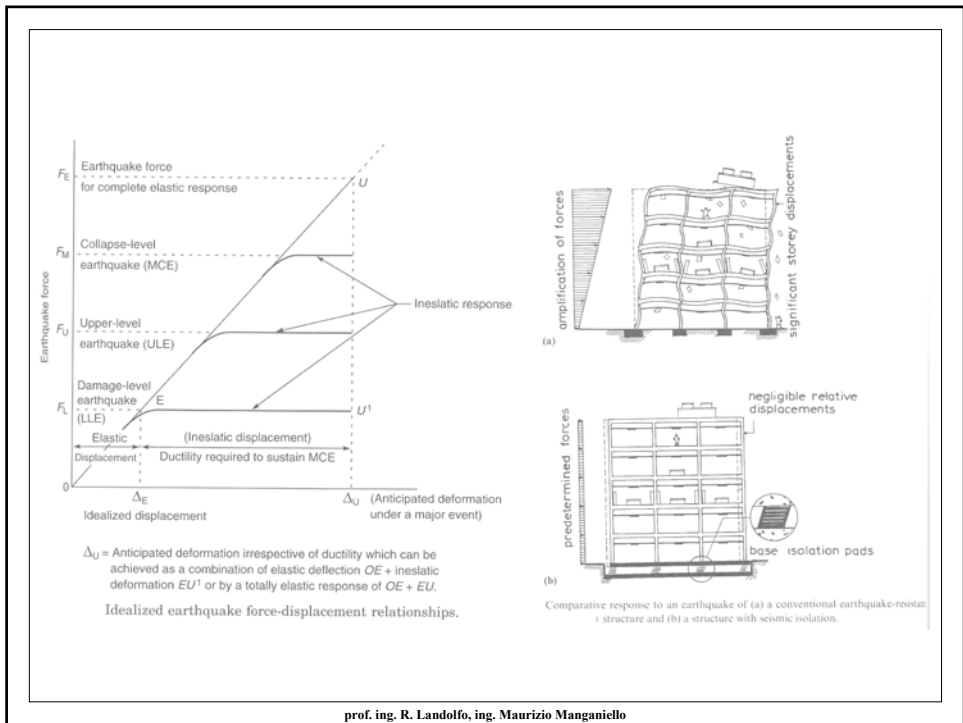
prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

### SISTEMI DI RIDUZIONE DELLE FORZE SISMICHE DI PROGETTO

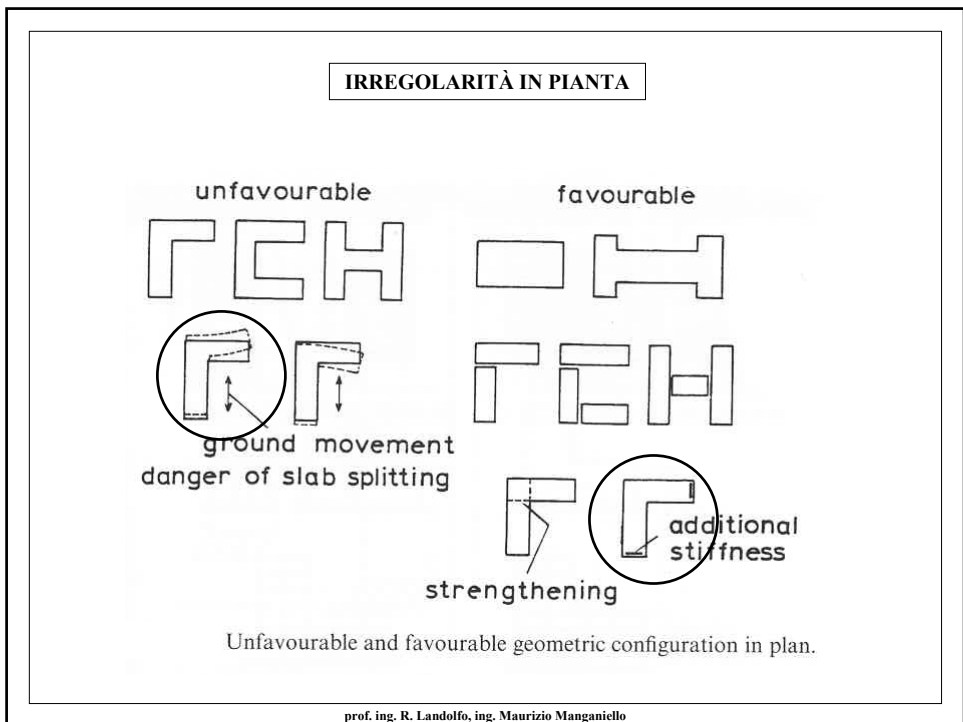


**Figure 12.30** Response of a fixed-base and base-isolated building: (a) fixed-base; (b) base-isolated. Base isolation typically reduces the maximum roof acceleration response of low rise buildings from maximum of 0.8 g to 1.2 g to maximum of 0.15 g to 0.3 g.

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

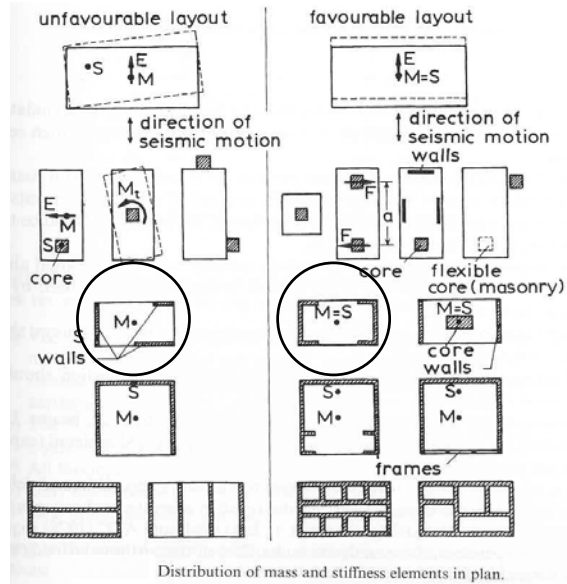


prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello



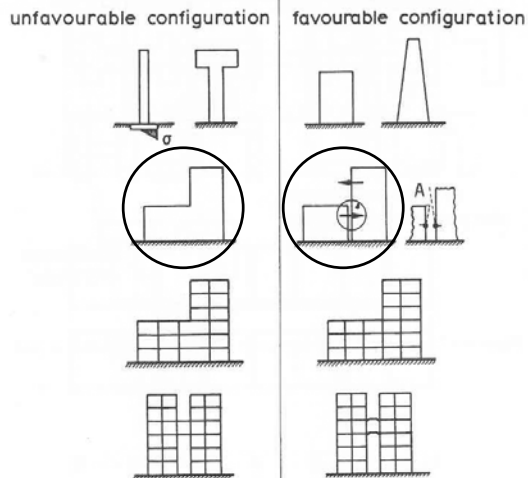
prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## IRREGOLARITÀ IN PIANTA



prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

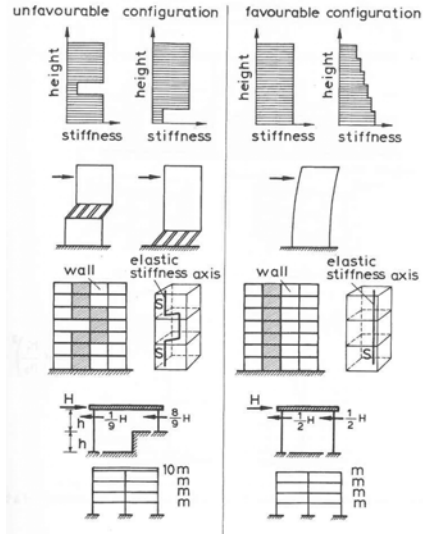
## IRREGOLARITÀ IN ELEVAZIONE



Unfavourable and favourable configuration in elevation.

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

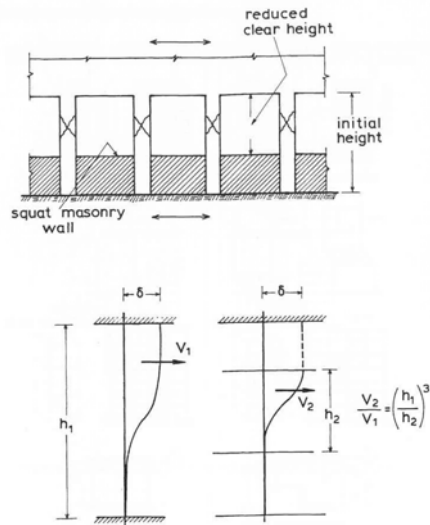
## IRREGOLARITÀ IN ELEVAZIONE



Distribution of mass and stiffness in elevation.

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

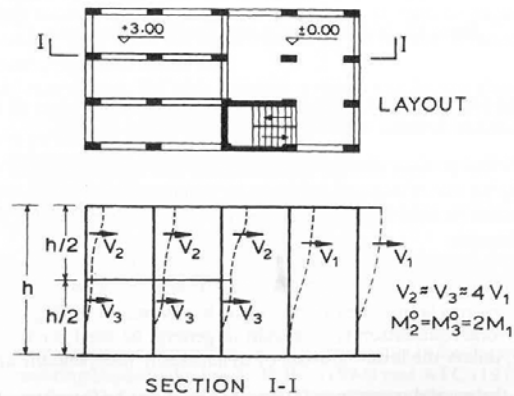
## ELEMENTI TOZZI



Concentration of large shear force on short columns at the perimeter of a building.

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## ELEMENTI TOZZI



prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## CONCLUSIONI

LA CORRETTA PROGETTAZIONE IN ZONA SISMICA E' LEGATA ALLA REGOLARITA' DELLO SCHEMA STRUTTURALE. TALE REGOLARITA' DEVE RIGUARDARE LA:

- DISTRIBUZIONE DELLE MASSE
- DISTRIBUZIONE DELLE RIGIDENZE
- DISTRIBUZIONE DEGLI ELEMENTI RESISTENTI

E' FONDAMENTALE INOLTRE CURARE I DETTAGLI COSTRUTTIVI

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

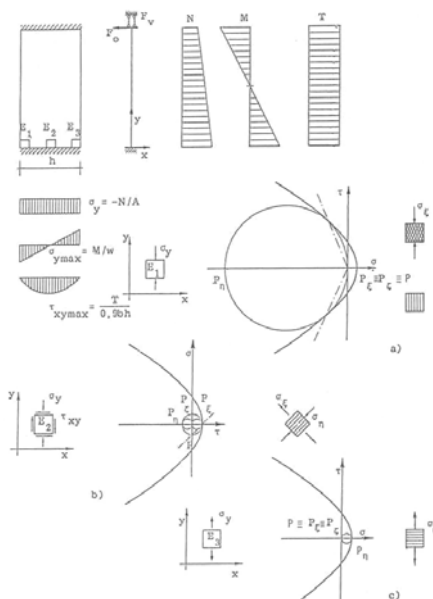
## LA VERIFICA STRUTTURALE

La verifica delle strutture in zona sismica comporta lo studio della singola membratura resistente soggetta al carico verticale ed alle forze orizzontali applicate in corrispondenza dei solai e di intensità funzione del grado di sismicità della zona e della ripartizione dell'azione sismica di piano tra le singole membrature

La forza sismica di progetto è anche funzione del tipo di struttura esaminata, in particolare si riduce all'aumentare delle capacità di dissipazione energetica della stessa (fattore di struttura)

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

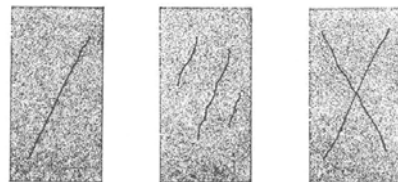
## EDIFICI IN MURATURA



Negli edifici in muratura costituiti da un numero limitato di piani è lecito ipotizzare che le fasce di piano siano rigide



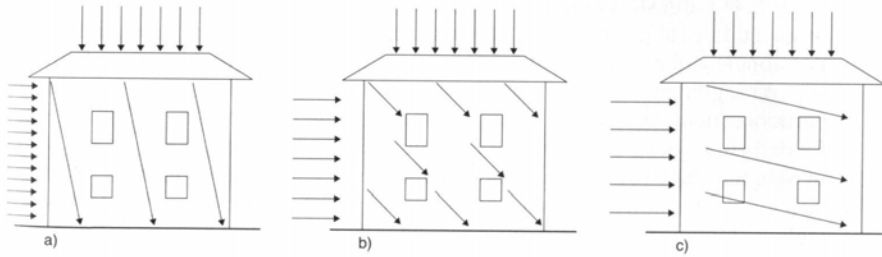
Doppio pendolo in sommità



Negli edifici muratura i quadri fessurativi sono prevalentemente localizzati nei maschi

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## COMPORAMENTO DI UNA PARETE IN RELAZIONE AL RAPPORTO $F_0/F_V$

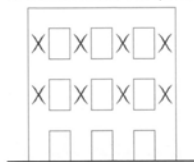


- a) forze orizzontali deboli: l'equilibrio può essere assicurato dai soli maschi murari (la resistenza delle fasce di piano non è essenziale)
- b) forze orizzontali medie: l'equilibrio può raggiungersi solo con il coinvolgimento delle zone sotto-finestra (fasce di piano)
- c) forze orizzontali elevate: l'equilibrio può ottenersi solo se la struttura è in grado di resistere anche a trazione

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## I DIFFERENTI MECCANISMI RESISTENTI

6.40 a) Distribuzione delle lesioni se i maschi murari sono più deboli delle zone sottofinestra (fasce di piano)



b) Distribuzione delle forze se i maschi murari, benché lesionati, hanno ancora una sufficiente capacità portante

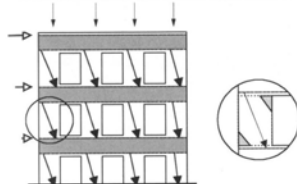


Fig. 6.39 Lesioni prevalentemente concentrate nei pannelli al di sotto delle finestre (comportamento flessionale)

Fig. 6.40 Comportamento a taglio dei maschi murari con formazione di lesioni nei pannelli tra le finestre: schema teorico

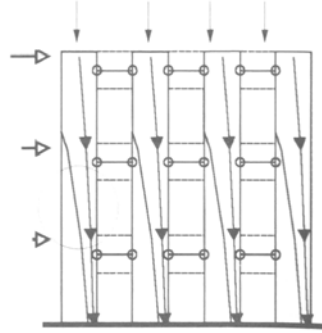
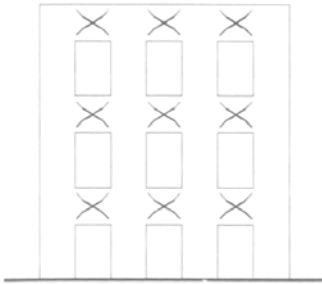
Fig. 6.41 Distribuzione delle lesioni negli spigoli - schema teorico



prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## COMPORTAMENTO FLESSIONALE DEI MASCHI MURARI

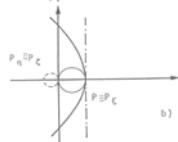
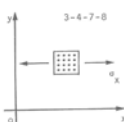
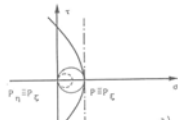
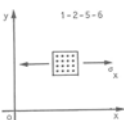
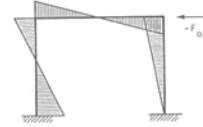
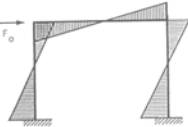
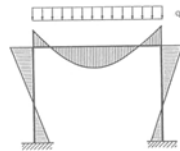
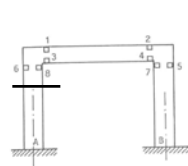
b) Distribuzione delle forze se le zone sottofinestra non offrono alcuna resistenza



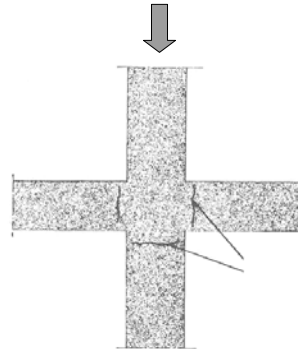
Comportamento flessionale dei maschi murari con formazione di lesioni nei pannelli, più deboli, al di sotto delle finestre: schema teorico

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## EDIFICI IN CEMENTO ARMATO



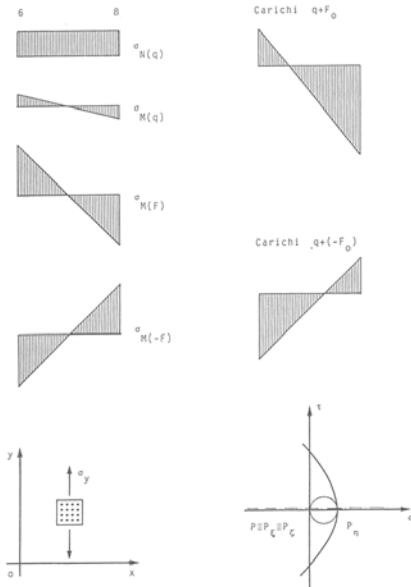
Negli edifici in cemento armato i dissesti interessano prevalentemente il nodo trave-pilastro



L'alternanza del fenomeno produce fatica nei materiali, favorisce le aperture ai due estremi della sezione dell'elemento e comporta lesioni di ampiezza costante lungo tutta l'altezza della trave

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## LA CRISI DEI PILASTRI



Nel caso di conglomerato con buone caratteristiche meccaniche, la crisi viene raggiunta spesso nei punti sollecitati a trazione

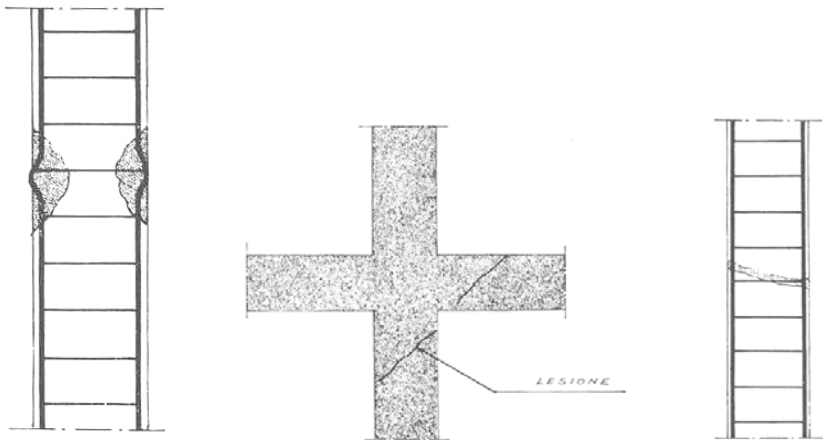
Ove il conglomerato abbia qualità insufficiente e l'armatura metallica sia sovrabbondante, la crisi si verifica in zona compressa ed le tracce del piano di crisi sono verticali

La presenza delle staffe e dell'acciaio longitudinale modifica l'aspetto fessurativo

- Instabilità delle barre longitudinali
- Apertura delle staffe
- Espulsione del copriferro

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## LA CRISI DEI PILASTRI



Nel caso in cui la crisi avvenga per eccesso di taglio le lesioni sono inclinate di 45 gradi

prof. ing. R. Landolfo, ing. Maurizio Manganiello

## **CONSIDERAZIONI**

**- azioni dinamiche -**

**→ Riguardo alle strutture in muratura, i quadri fessurativi imputabili a fenomeni sismici sono facilmente riconoscibili in quanto per l'alternanza del fenomeno le lesioni evidenziamo la classica forma a croce**

**→ Analogamente per gli edifici in cemento armato, tali fenomeni fessurativi che presentano linee inclinate a  $45^\circ$  (effetti del taglio) difficilmente potrebbero essere mal interpretati**

**→ La diagnosi si complica notevolmente quando alle lesioni da sisma si sommano gli effetti dovuti a cedimenti fondali o a schiacciamento**