

Corso di aggiornamento

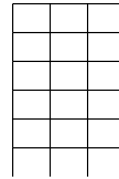
Progettazione strutturale sulla base delle  
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

### Verifica sismica di edifici esistenti in c.a.

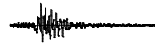
4 - Valutazione del comportamento e verifiche

Spoletto  
25-27 febbraio 2010  
Aurelio Ghersi

### Risposta dinamica elastica

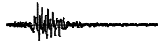
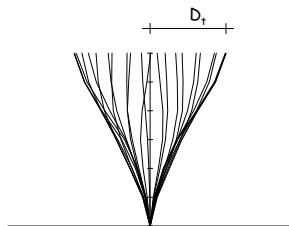
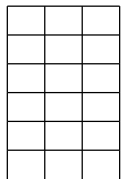


Modello della struttura:  
elastico lineare



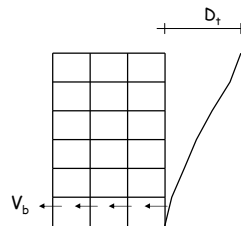
Integrazione delle equazioni  
dinamiche del moto

### Risposta dinamica elastica



La struttura si deforma nel tempo  
La forma della deformata varia nel tempo  
L'analisi modale fornisce l'involuppo degli  
spostamenti

### Risposta dinamica elastica



L'analisi modale fornisce i  
valori massimi di:

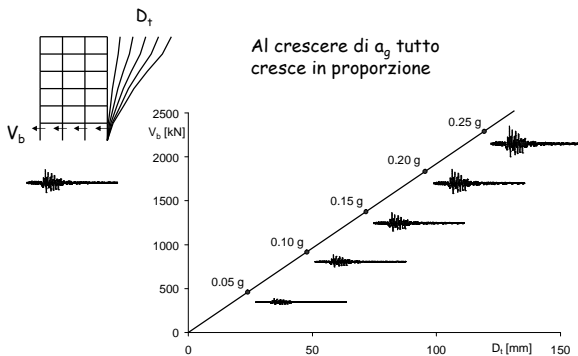
- Spostamenti
- Caratteristiche di  
sollecitazione

$V_b$  taglio massimo al piede

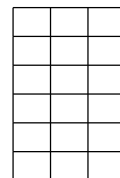


L'analisi modale fornisce l'involuppo degli  
spostamenti

### Risposta dinamica elastica



### Comportamento oltre il limite elastico



Modello per i materiali

Legame momento-curvatura  
(M-x) per la sezione  
mediante modello a fibre

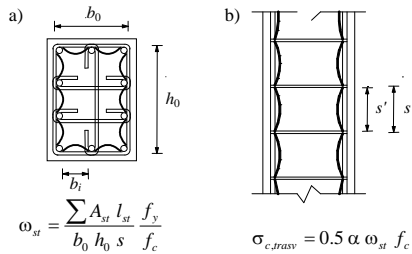
Modello di telaio con  
cerniere plastiche

Modello di telaio  
a fibre

## Modello per i materiali calcestruzzo

Problemi:

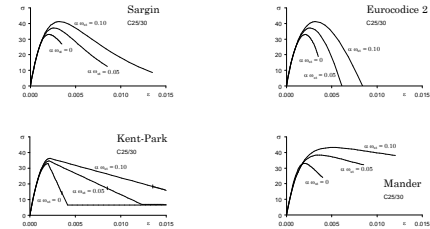
- Distinzione tra ricoprimento e nucleo confinato
- Efficacia del confinamento



## Modello per i materiali calcestruzzo

Modelli:

- Esistono numerose proposte, molto diverse



Si veda ad esempio:

A. Ghersi, Il cemento armato, Dario Flaccovio editore, 2010

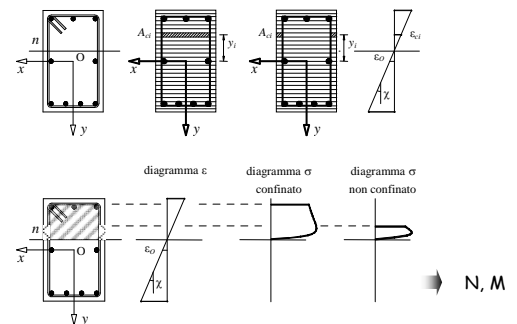
## Modello per i materiali acciaio

Modelli:

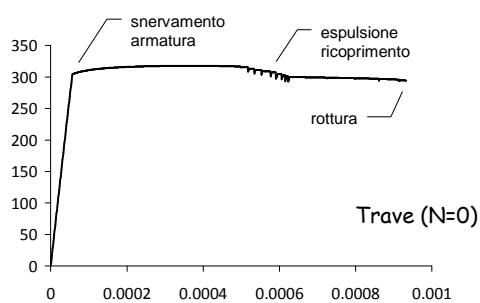
- Esistono alcune proposte, leggermente diverse



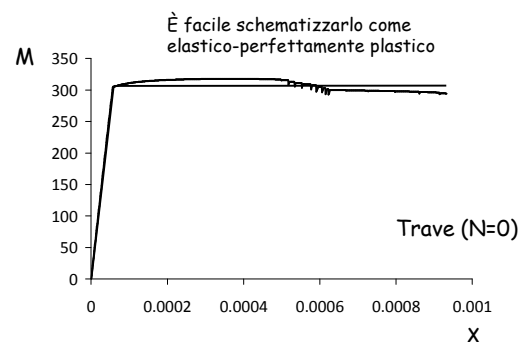
## Legame momento-curvatura mediante modello a fibre

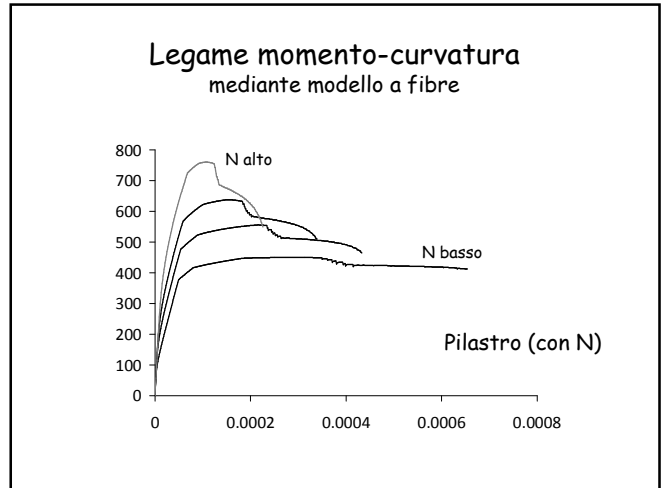
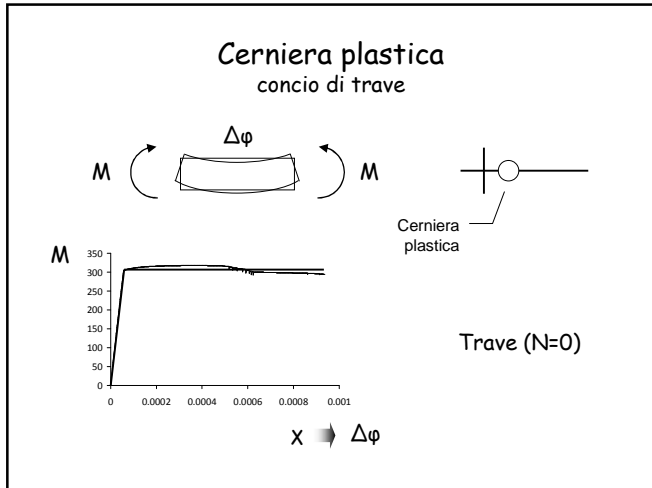


## Legame momento-curvatura mediante modello a fibre



## Legame momento-curvatura mediante modello a fibre





### Legame momento-curvatura mediante modello a fibre

Problemi (per i pilastri - telai piani)

- Resistenza e duttilità variano con lo sforzo normale
- Se lo sforzo normale è alto:
  - È difficile schematizzare il legame con un a bilatera elastica-perfettamente plastica
  - C'è un ramo decrescente molto accentuato, con forte perdita di resistenza
  - La duttilità si riduce fortemente

### Legame momento-curvatura mediante modello a fibre

Problemi (per i pilastri - telai spaziali)

- Occorre tener conto della interazione tra  $N$ ,  $M_x$  ed  $M_y$
- La modellazione è difficile ed i risultati potrebbero non essere attendibili

### Risposta dinamica inelastica

The diagram shows a 4-story frame structure. To its right, a graph plots displacement ( $D_t$ ) on the y-axis against time on the x-axis. Multiple curves represent the displacement response of different parts of the structure over time. Below the structure, a seismic waveform is shown.

La struttura si deforma nel tempo  
La forma della deformata varia nel tempo  
Compaiono e scompaiono cerniere  
L'analisi dinamica non lineare fornisce l'involuppo degli spostamenti

### Risposta dinamica inelastica

The diagram shows a 4-story frame structure. To its right, a graph plots displacement ( $D_t$ ) on the y-axis against time on the x-axis. Multiple curves represent the displacement response. Below the structure, a seismic waveform is shown. The base shear  $V_b$  is indicated at the bottom of the structure.

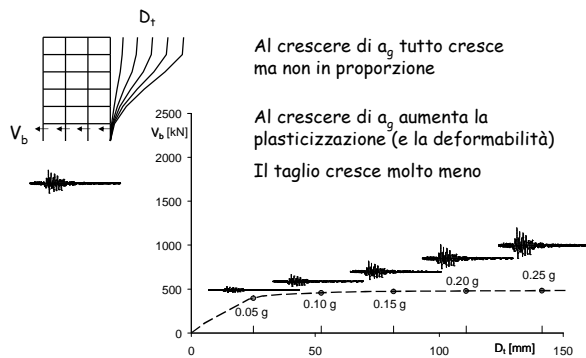
L'analisi dinamica non lineare fornisce i valori massimi di:

- Spostamenti
- Caratteristiche di sollecitazione
- Rotazioni plastiche

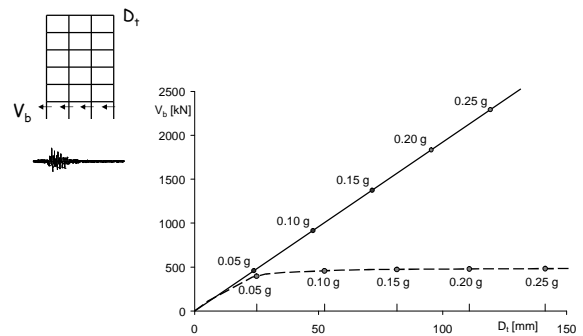
$V_b$  taglio massimo al piede

L'analisi dinamica non lineare fornisce l'involuppo degli spostamenti

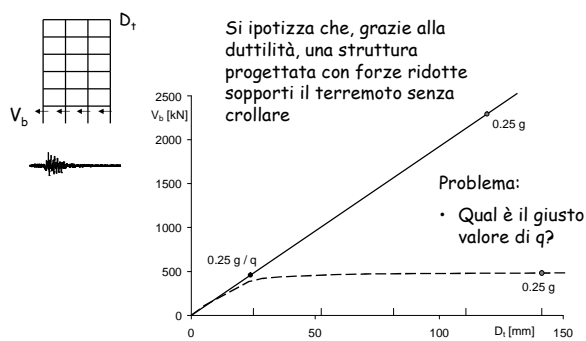
## Risposta dinamica inelastica



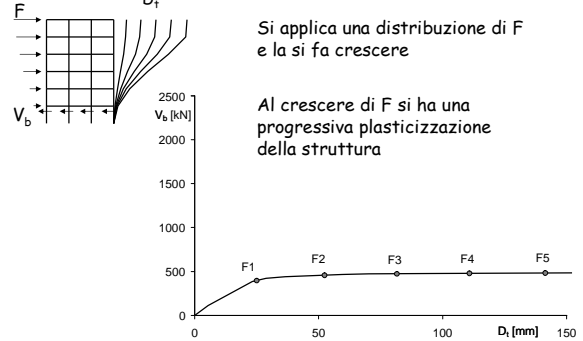
## Confronto tra risposta dinamica elastica e inelastica



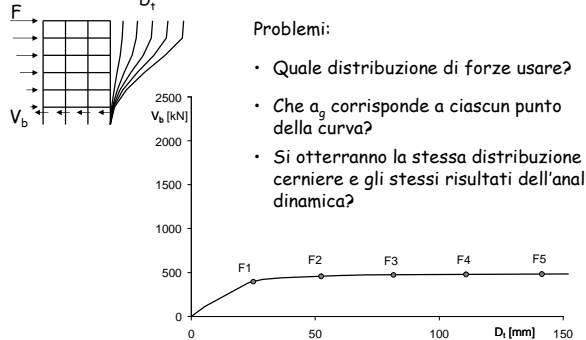
## Alternative all'analisi dinamica inelastica Analisi modale e riduzione con fattore di struttura q



## Alternative all'analisi dinamica inelastica Analisi statica non lineare



## Alternative all'analisi dinamica inelastica Analisi statica non lineare



## Collasso di un edificio

- Rottura fragile: rottura a taglio delle sezioni di pilastri e travi, rotture a taglio dei nodi, scorrimento tra testa pilastro e trave in corrispondenza alle riprese di getto
- Rottura per esaurimento della duttilità: estese plasticizzazioni agli estremi delle aste, fino al raggiungimento della rotazione ultima di una sezione

### Rottura fragile

- Edifici antisismici di nuova progettazione:  
la rottura fragile viene evitata con il criterio di gerarchia delle resistenze  
(gerarchia taglio-flessione)
- Edifici esistenti:  
il rischio di rottura fragile è forte  
la rottura spesso avviene già per bassi valori di  $a_g$

Si può verificare in termini di resistenza,  
con analisi lineare, senza fattore di struttura (o con  
valore molto basso)

### Rottura per esaurimento della duttilità

- Edifici antisismici di nuova progettazione:  
una richiesta eccessiva di duttilità viene evitata con  
il criterio di gerarchia delle resistenze  
(gerarchia pilastro-trave, per evitare meccanismi di  
piano)
- Edifici esistenti:  
potrebbero esserci meccanismi di piano che fanno  
esaurire presto la duttilità

Si può verificare in termini di resistenza,  
con analisi lineare, con basso fattore di struttura

Oppure in termini di deformazioni,  
con analisi lineare o non lineare