

# Ordinanza 3274

## Progettazione di edifici in zona sismica

### Introduzione

Rimini, 16-17 aprile 2004

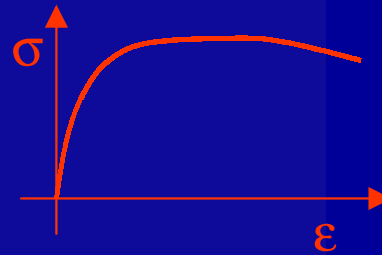
Aurelio Ghersi

# Quali sono gli obiettivi della progettazione strutturale?

Una struttura deve essere progettata e costruita in modo che:

- Con **accettabile probabilità** rimanga adatta all'uso per il quale è prevista, tenendo nel dovuto conto la sua vita presupposta e il suo costo
- Con **adeguati livelli di accettabilità** sia in grado di sopportare tutte le azioni o influenze, cui possa essere sottoposta durante la sua realizzazione e il suo esercizio, e abbia adeguata durabilità in relazione ai costi di manutenzione

# Come garantire che “la struttura sopporti le azioni ...” ?



Modello del  
materiale

Modello della  
struttura

Modello dei  
carichi

# Valutazione della sicurezza

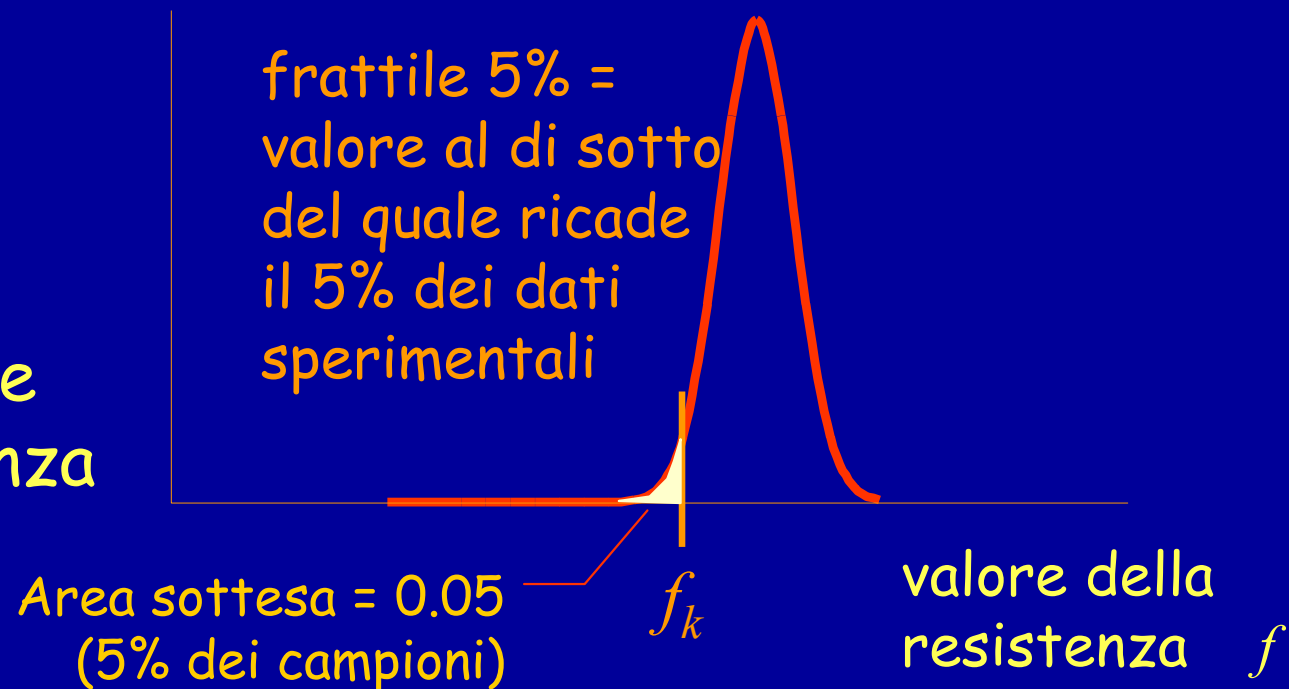
La norma parla di "accettabile probabilità",  
"adeguato livello di accettabilità".

Perché ?

Perché sia la resistenza del materiale che le azioni sulla struttura non sono definite con certezza, quindi dovrebbero essere analizzate in maniera probabilistica.

# Incertezza sulla resistenza

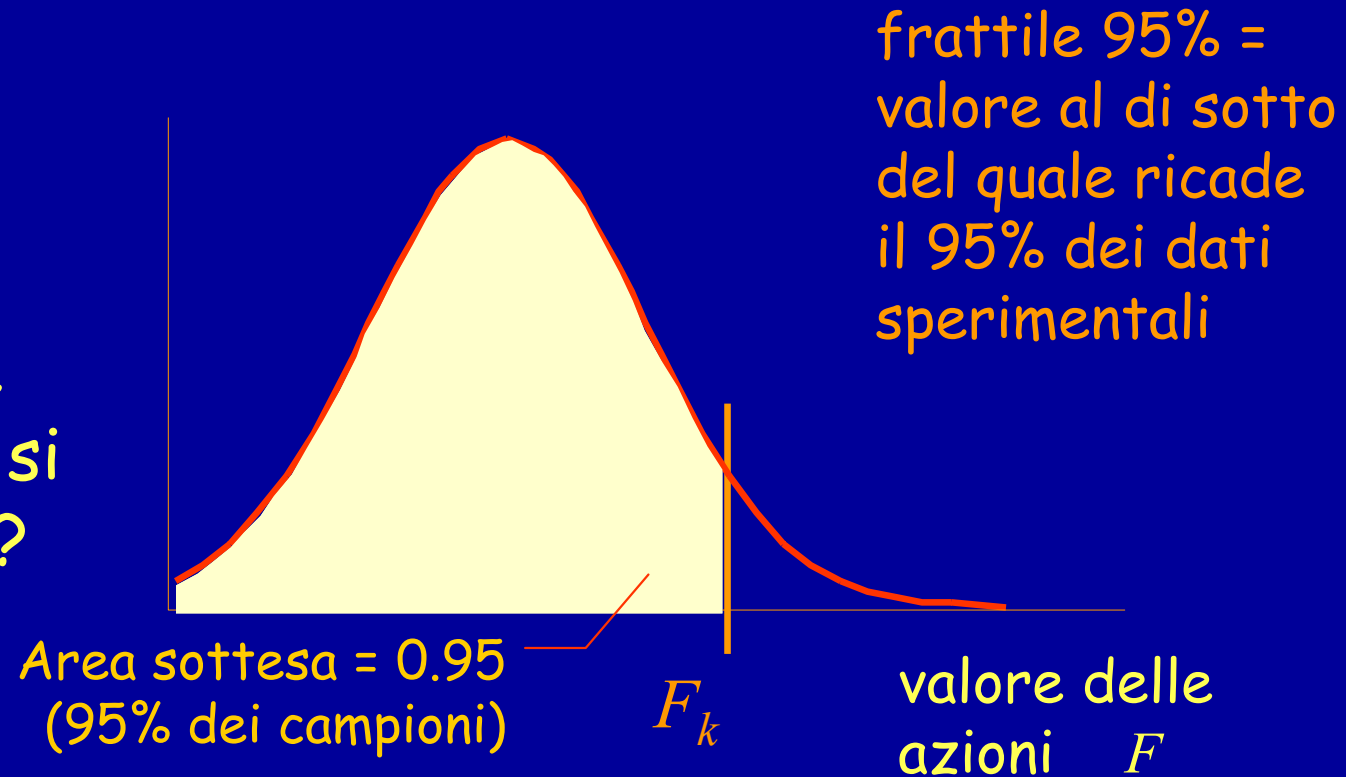
A quale valore della resistenza ci si deve riferire ?



Il riferimento fondamentale è  
sempre il valore caratteristico

# Incertezza sulle azioni (carichi verticali, vento)

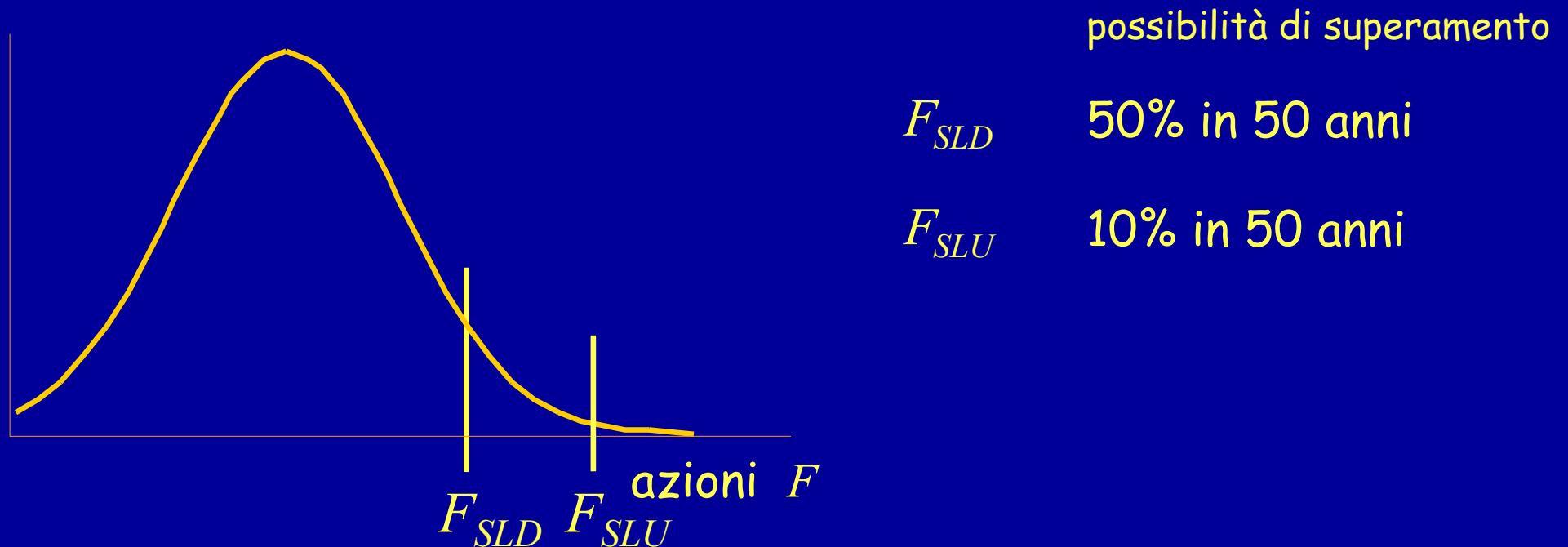
A quale valore  
delle azioni ci si  
deve riferire ?



Il riferimento fondamentale è  
sempre il valore caratteristico  
(anche quando non viene indicato esplicitamente)

# Incertezza sulle azioni (azione sismica)

Nel caso del sisma



Valori corrispondenti a differente probabilità di superamento in un tempo assegnato (50 anni)

E' possibile fare il calcolo utilizzando i valori caratteristici della resistenza e delle azioni ?

No, perché la possibilità di avere resistenza inferiore o azioni superiori porta ad un rischio di crollo non sufficientemente basso

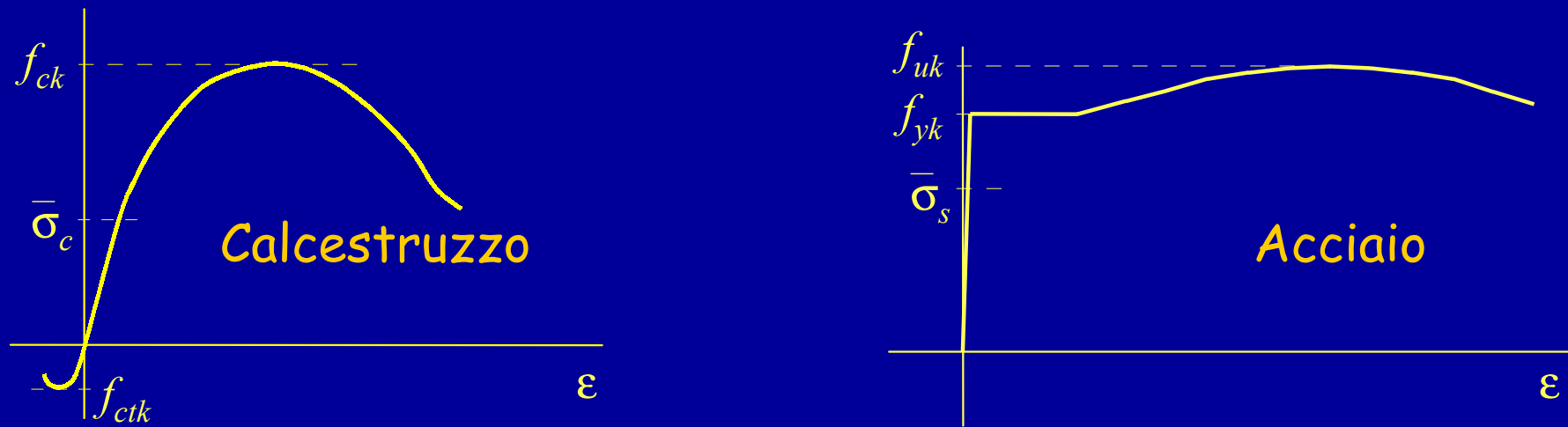
E' necessario applicare coefficienti di sicurezza

In che modo ?



# Prima possibilità: applicare un coefficiente di sicurezza alla resistenza

## Diagrammi sperimentali



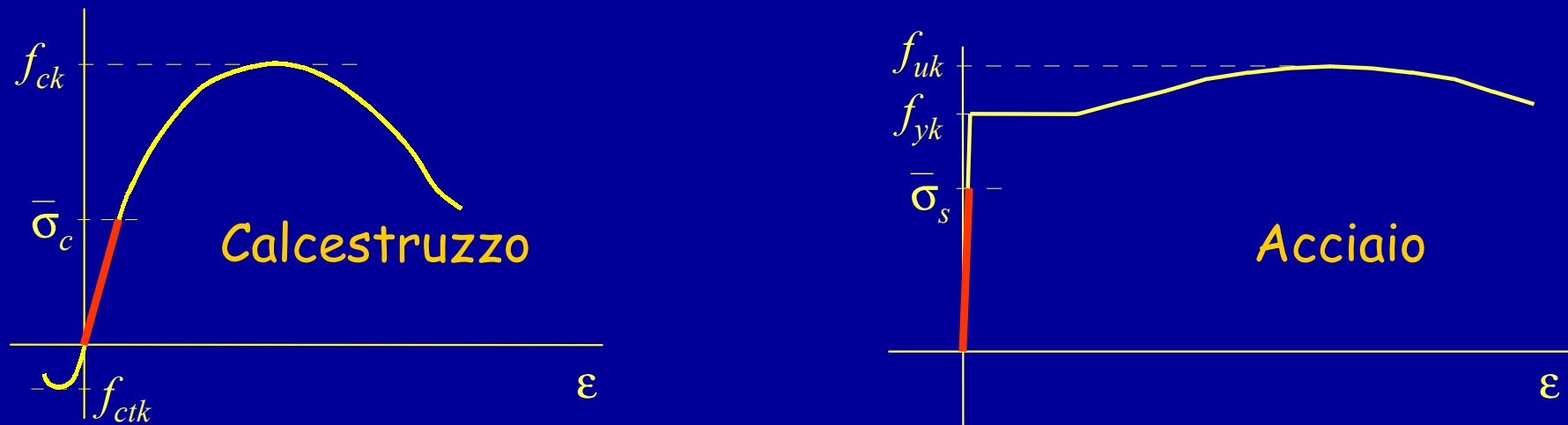
Si considerano "ammissibili" valori delle tensioni molto ridotti rispetto a quelli di rottura

$$\sigma_c \leq \bar{\sigma}_c = \frac{f_{ck}}{\gamma}$$

$$\sigma_s \leq \bar{\sigma}_s = \frac{f_{yk}}{\gamma}$$

# Prima possibilità: applicare un coefficiente di sicurezza alla resistenza

## Diagrammi di calcolo



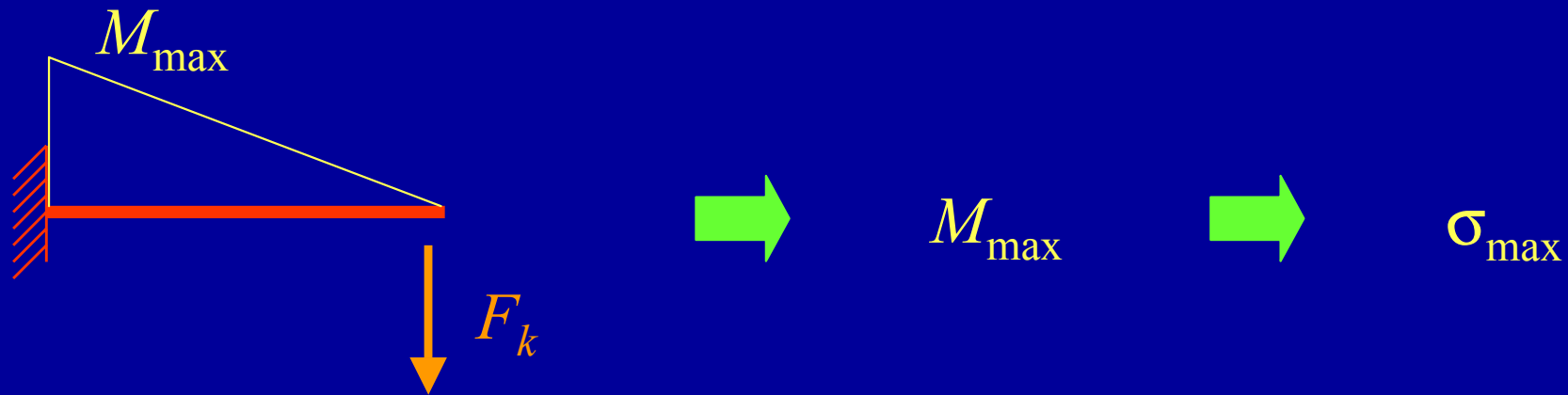
Per valori delle tensioni inferiori a quelli ammissibili il legame tensioni-deformazioni è lineare

E' possibile quindi applicare tutte le formule della teoria di elasticità lineare, il principio di sovrapposizione degli effetti, ecc. ecc.

# Prima possibilità: applicare un coefficiente di sicurezza alla resistenza

## Metodo delle tensioni ammissibili

La verifica consiste nel calcolare la tensione massima (prodotta dalle azioni, prese col valore caratteristico)

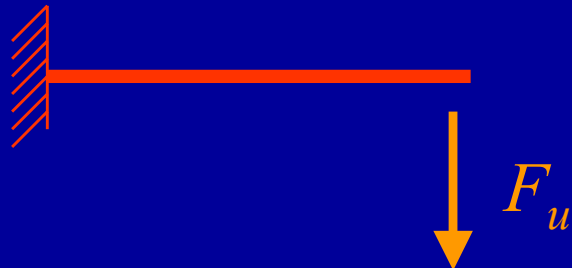
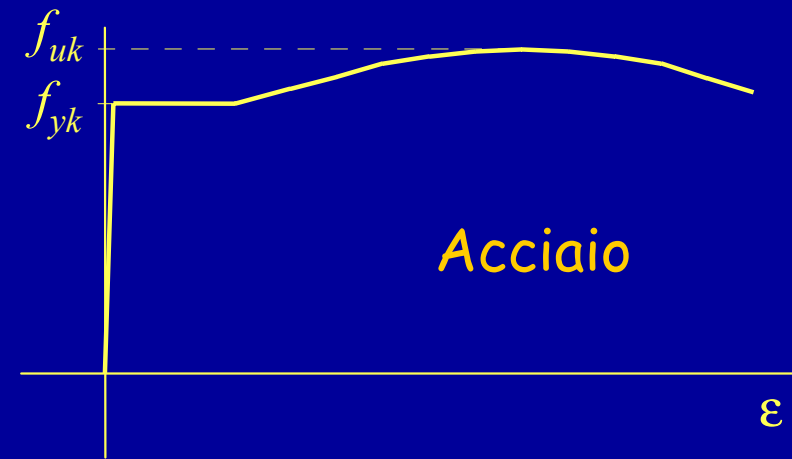
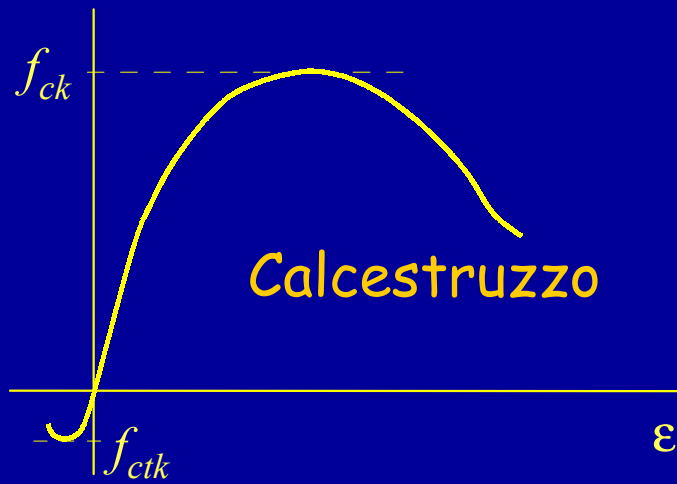


e controllare che sia inferiore a quella ammissibile

$$\sigma_{max} \leq \bar{\sigma}$$

# Seconda possibilità: applicare un coefficiente di sicurezza ai carichi

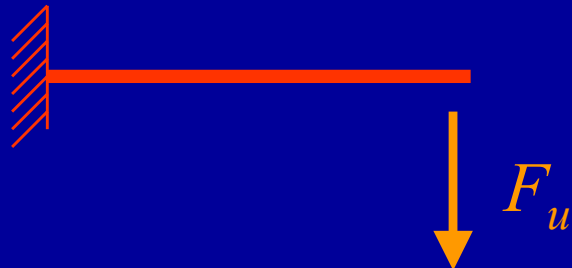
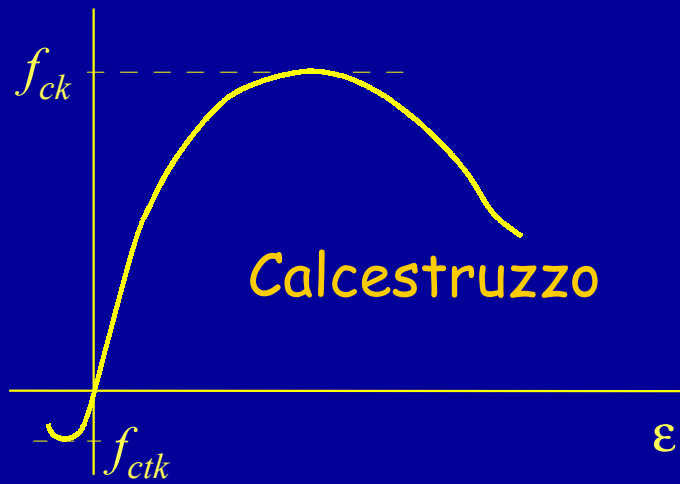
## Diagrammi sperimentali



Usando i legami costitutivi sperimentali, si valuta il carico che porta a collasso la struttura

# Seconda possibilità: applicare un coefficiente di sicurezza ai carichi

## Calcolo a rottura

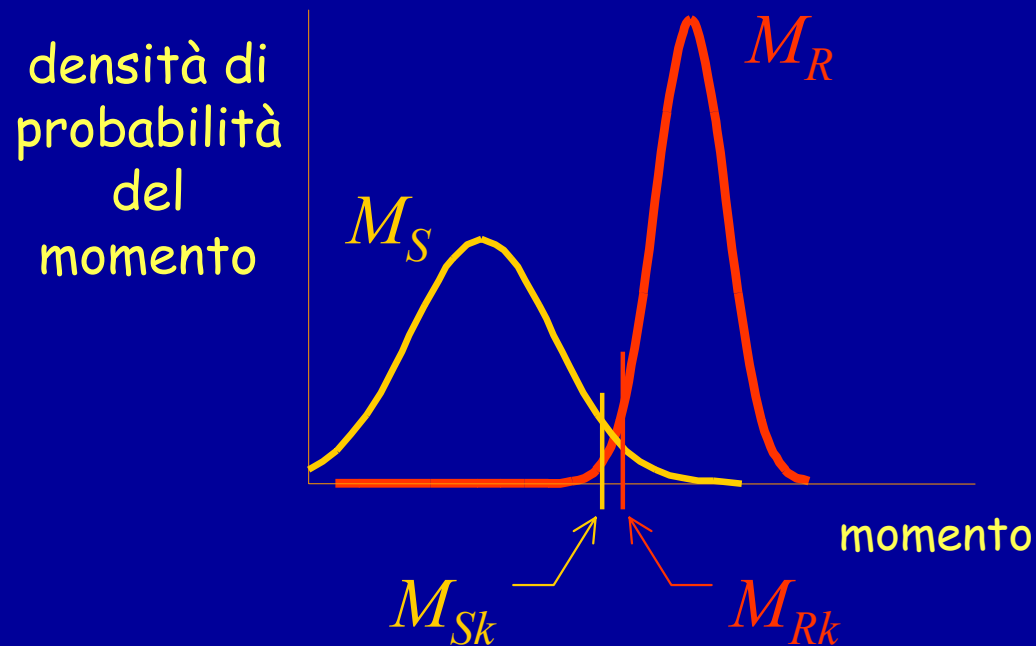


Si considera accettabile un carico ridotto rispetto a quello di collasso

$$F_k \leq \frac{F_u}{\gamma} \quad \text{ovvero} \quad \gamma F_k \leq F_u$$

# Terza possibilità: applicare coefficienti di sicurezza sia alla resistenza che ai carichi

Si parte da considerazioni probabilistiche



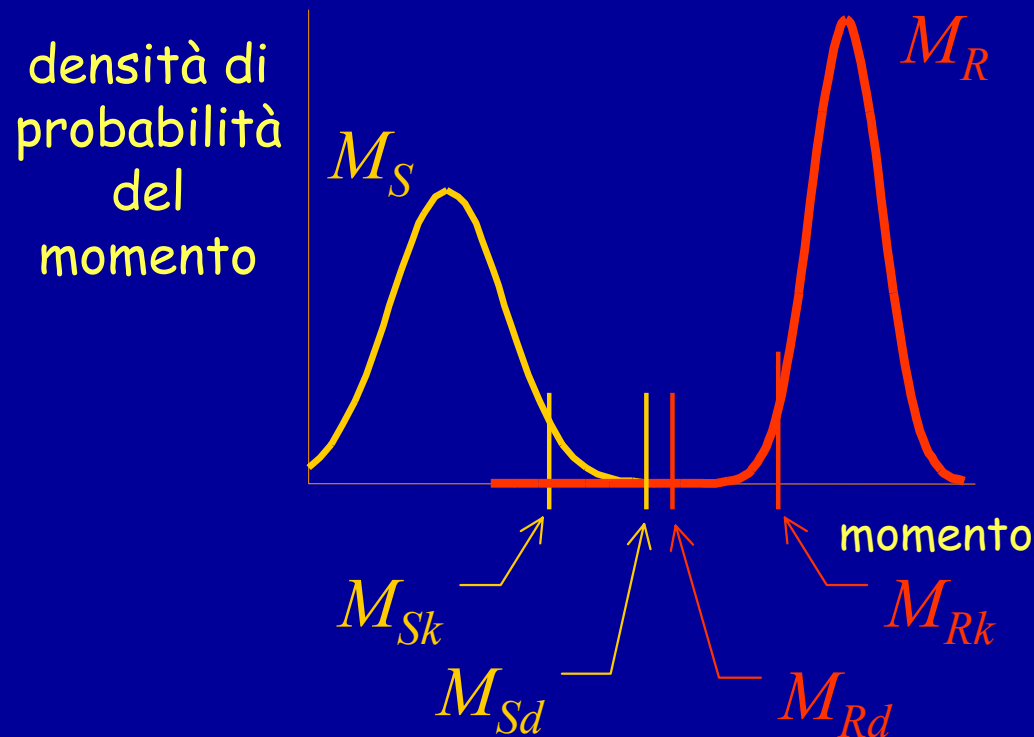
Effettuare i calcoli usando i valori caratteristici, cioè controllare che

$$M_{Sk} \leq M_{Rk}$$

non garantisce una probabilità di crollo sufficientemente bassa

# Terza possibilità: applicare coefficienti di sicurezza sia alla resistenza che ai carichi

Si parte da considerazioni probabilistiche

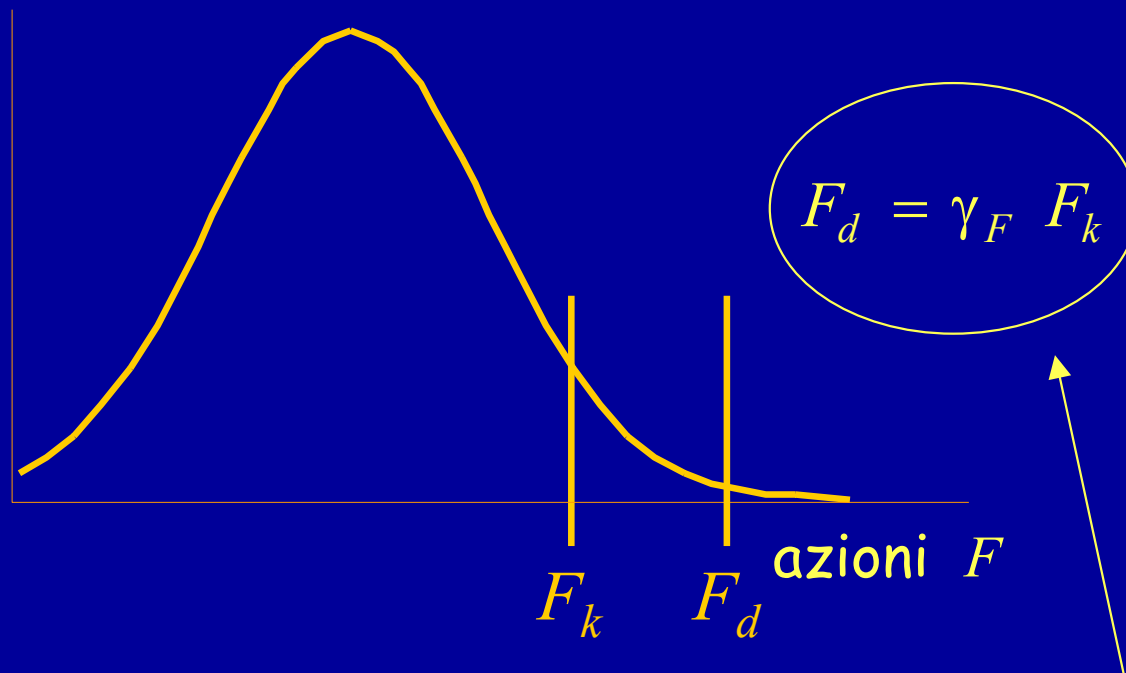


Per avere una bassa probabilità di crollo le due distribuzioni di probabilità devono essere ben distinte

Ciò può essere ottenuto facendo riferimento a valori di carichi e resistenza corrispondenti a differenti probabilità di occorrenza

Terza possibilità: applicare coefficienti di sicurezza sia alla resistenza che ai carichi

## Azioni



Al posto del valore caratteristico  $F_k$  (frattile 95%)

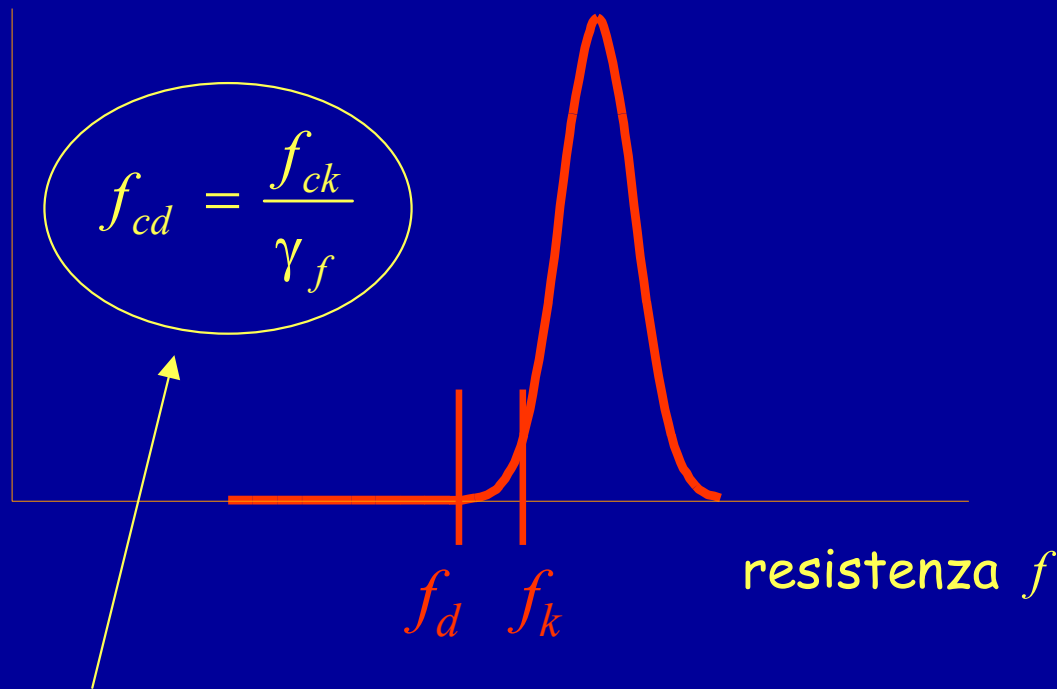
si usa come valore di calcolo  $F_d$  un frattile più alto (99.5%)

Convenzionalmente, si passa dal valore caratteristico al valore di calcolo applicando un opportuno coefficiente di sicurezza



Terza possibilità: applicare coefficienti di sicurezza sia alla resistenza che ai carichi

## Resistenza



Al posto del valore caratteristico  $f_k$  (frattile 5%)

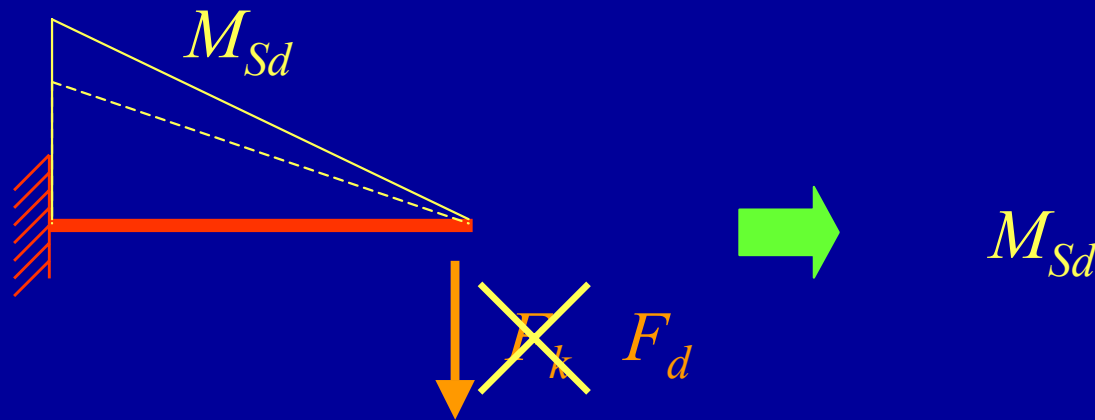
si usa come valore di calcolo  $f_d$  un frattile più basso (0.5%)

Convenzionalmente, si passa dal valore caratteristico al valore di calcolo applicando un opportuno coefficiente di sicurezza

Terza possibilità: applicare coefficienti di sicurezza sia alla resistenza che ai carichi

## Verifica

La verifica consiste nel calcolare le caratteristiche di sollecitazione, prodotta da azioni maggiorate



e controllare che siano inferiore a quelle resistenti, determinate con una resistenza ridotta

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}$$

# Terza possibilità: applicare coefficienti di sicurezza sia alla resistenza che ai carichi

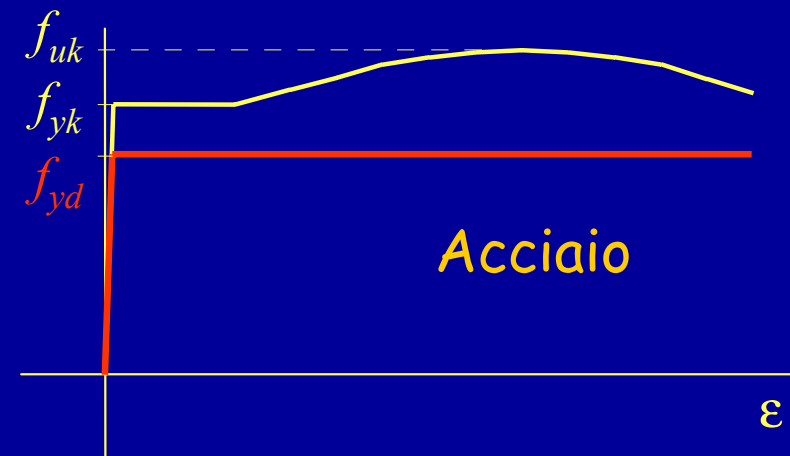
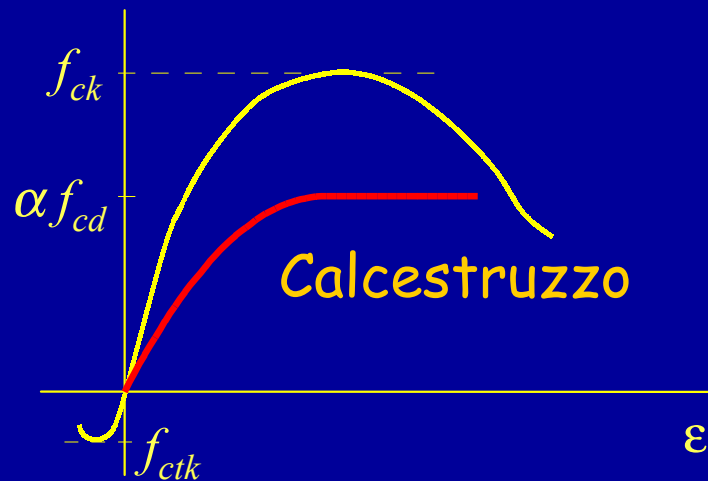
## Verifica allo stato limite ultimo

Le caratteristiche di sollecitazione prodotte dai carichi possono essere valutate con analisi non lineare, ma più comunemente si usa un'analisi lineare

$M_{Sd}$

Le caratteristiche di sollecitazione che la sezione può sopportare devono essere valutate tenendo conto della non linearità del legame costitutivo

$M_{Rd}$



# ... Tornando agli obiettivi

## Metodo degli stati limite

- Sopportare tutte le azioni ...

cioè evitare il collasso ...

Verifica allo stato limite ultimo (SLU)

- Rimanere adatta all'uso ...

ovvero limitare:

- deformazioni
- fessurazione (per c.a.)      ecc.

Verifica allo stato limite di esercizio (SLE)

# E per strutture in zona sismica ...

- Sopportare tutte le azioni ...

cioè evitare il collasso nel caso di terremoto  
con periodo di ritorno molto alto

Verifica allo stato limite ultimo (SLU)

- Rimanere adatta all'uso ...

ovvero limitare i danni nel caso di terremoto  
con periodo di ritorno più basso

Verifica allo stato limite di danno (SLD)

# Evoluzione del concetto di protezione sismica

Prime normative:

Unico obiettivo

- Evitare perdite di vite umane nel caso di terremoto con periodo di ritorno molto alto

# Evoluzione del concetto di protezione sismica

Normative attuali:

## Doppio livello di protezione

- Evitare perdite di vite umane nel caso di terremoto con periodo di ritorno molto alto
- Limitare i danni nel caso di terremoto con periodo di ritorno più basso

Normativa italiana, a partire dal 1996

Normativa europea (Eurocodice 8)

# Evoluzione del concetto di protezione sismica

Performance based design

Tendenza della normativa:

Più livelli di prestazione

- Evitare il crollo
- Evitare perdite di vite umane
- Consentire un rapido ripristino dell'operatività
- Mantenere l'operatività

associati a diversi livelli di intensità sismica

Normativa americana FEMA  
Capitolo 11 dell'Ordinanza 3274



# Evoluzione dell'approccio normativo

Precedente normativa italiana:

Impostazione cogente,  
prescrizionale

indicazioni da seguire,  
obbligatoriamente

Norme europee, nuova normativa italiana:

Impostazione prestazionale

- Principi
- Regole applicative

obiettivi da raggiungere,  
obbligatori

come farlo, consigli  
"autorevoli" ma non obbligatori



FINE

Diapositive tratte dalla presentazione,  
preparata per Teramo e Catania:  
"Dalle tensioni ammissibili agli  
stati limite"

Per questa presentazione:

coordinamento

A. Ghersi

realizzazione

A. Ghersi

ultimo aggiornamento

23/02/2004