

Corso di laurea in Ingegneria civile strutturale e geotecnica

Tecnica delle costruzioni

modulo A

02 – Metodi di verifica

Aurelio Gheresi

7/10/2020

Resistenza dei materiali

- Tensioni
 - Normali σ
 - Tangenziali τ
- Si potrebbero definire domini di resistenza che si riferiscono ad entrambe, ma in genere la verifica è fatta in base alla sola tensione normale (a volte, alla sola tensione tangenziale)
- Per indicare la tensione resistente si usa il simbolo f
 - Per l'acciaio il limite di resistenza più usato è quello a snervamento (in inglese yielding) per cui si usa il simbolo f_y
 - Per il calcestruzzo il limite di resistenza più usato è quello a compressione per cui si usa il simbolo f_c
- I corrispondenti valori caratteristici sono indicati con f_{yk} e f_{ck}

Carichi

Possono essere distinti in

statici - dinamici →



carichi
gravitazionali

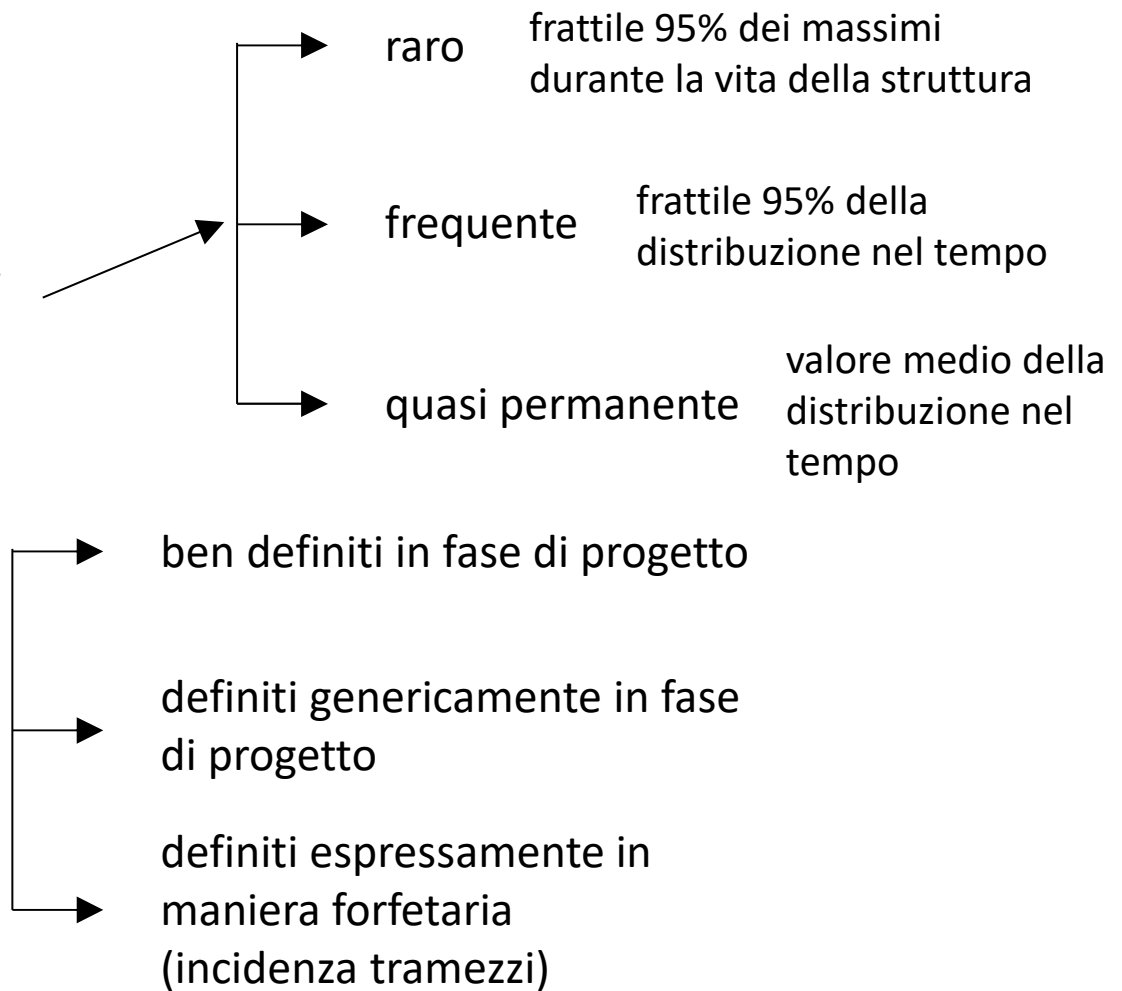
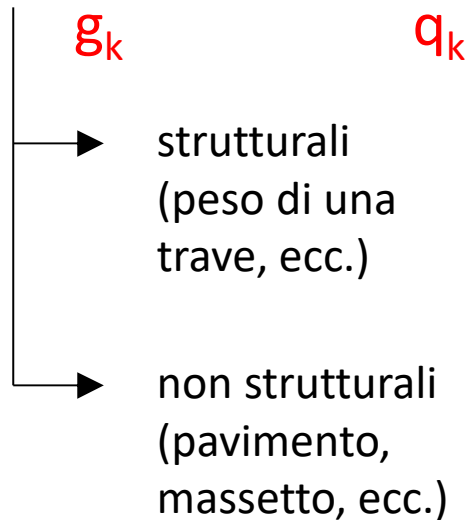
sisma
vento (solo in casi particolari)

permanenti - variabili

Carichi

Possono essere distinti in
statici - dinamici

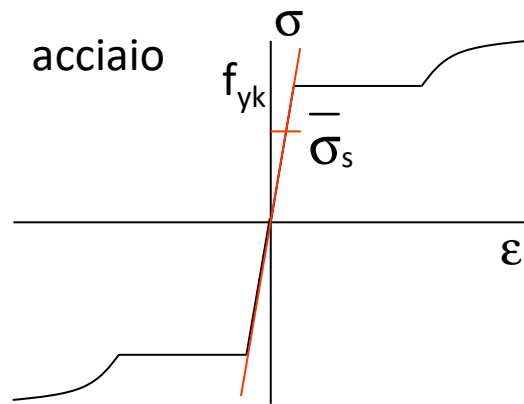
permanenti - variabili



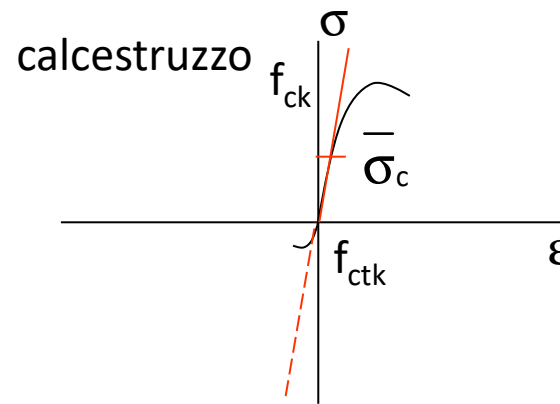
Analisi strutturale e verifiche

metodo delle tensioni ammissibili

- Carichi: si fa riferimento ai valori caratteristici g_k q_k
- Resistenze: si usano valori ridotti rispetto a quelli caratteristici (per garantire una adeguata sicurezza)



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



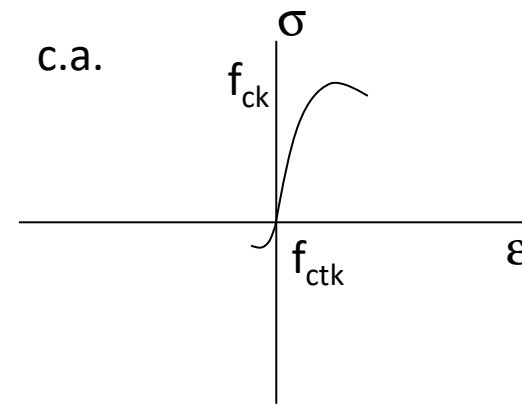
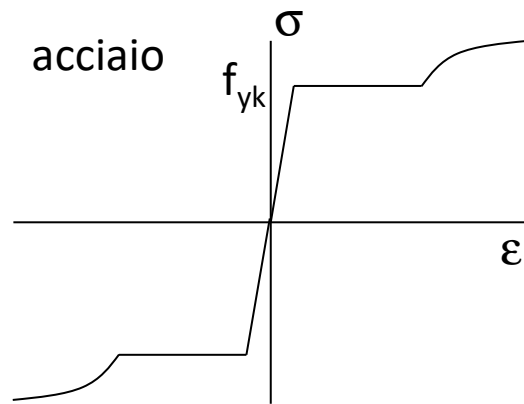
$$\sigma_c \leq \bar{\sigma}_c = \frac{f_{ck}}{\gamma}$$

Il legame σ - ϵ per la verifica è lineare
ma non si considera la resistenza a trazione del calcestruzzo

Analisi strutturale e verifiche

calcolo a rottura

- Resistenze: si usano i valori caratteristici
- Si determina il valore massimo Q_k del carico che porta al raggiungimento della resistenza



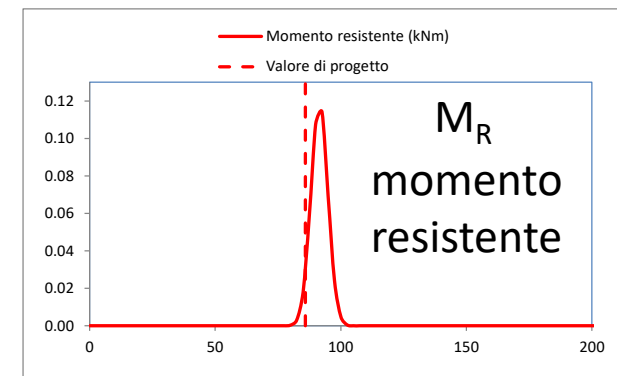
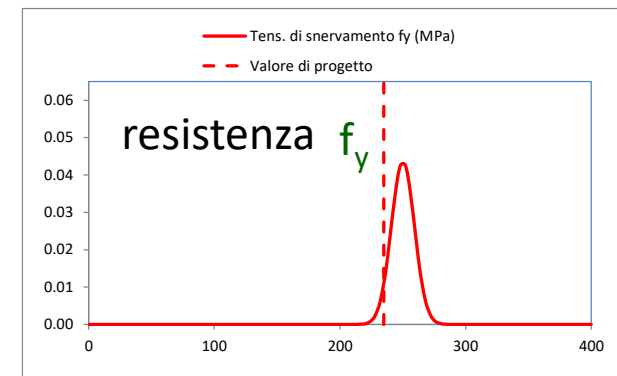
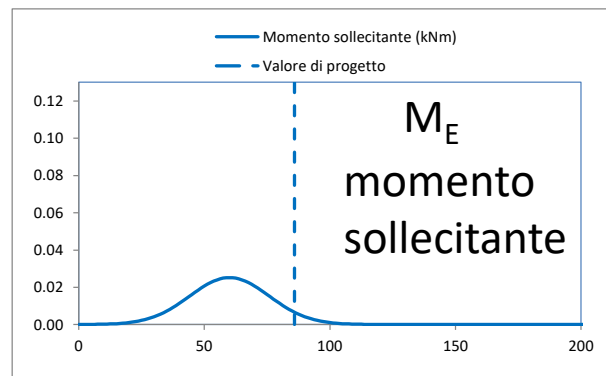
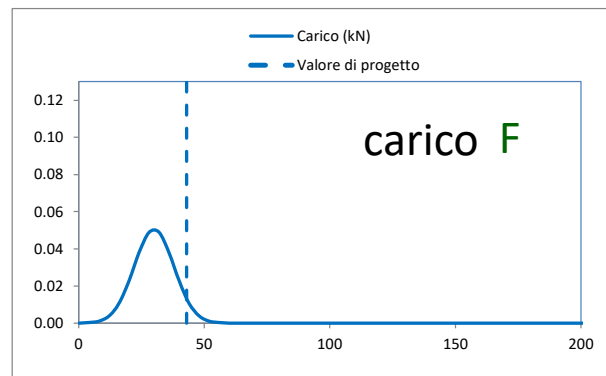
$$g_k + q_k \leq \frac{Q_k}{\gamma}$$

Il legame σ - ϵ per la verifica è non lineare

Analisi strutturale e verifiche

verifica probabilistica

- Si definiscono le distribuzioni probabilistiche di carichi e resistenze



Probabilità
collasso 2.55%

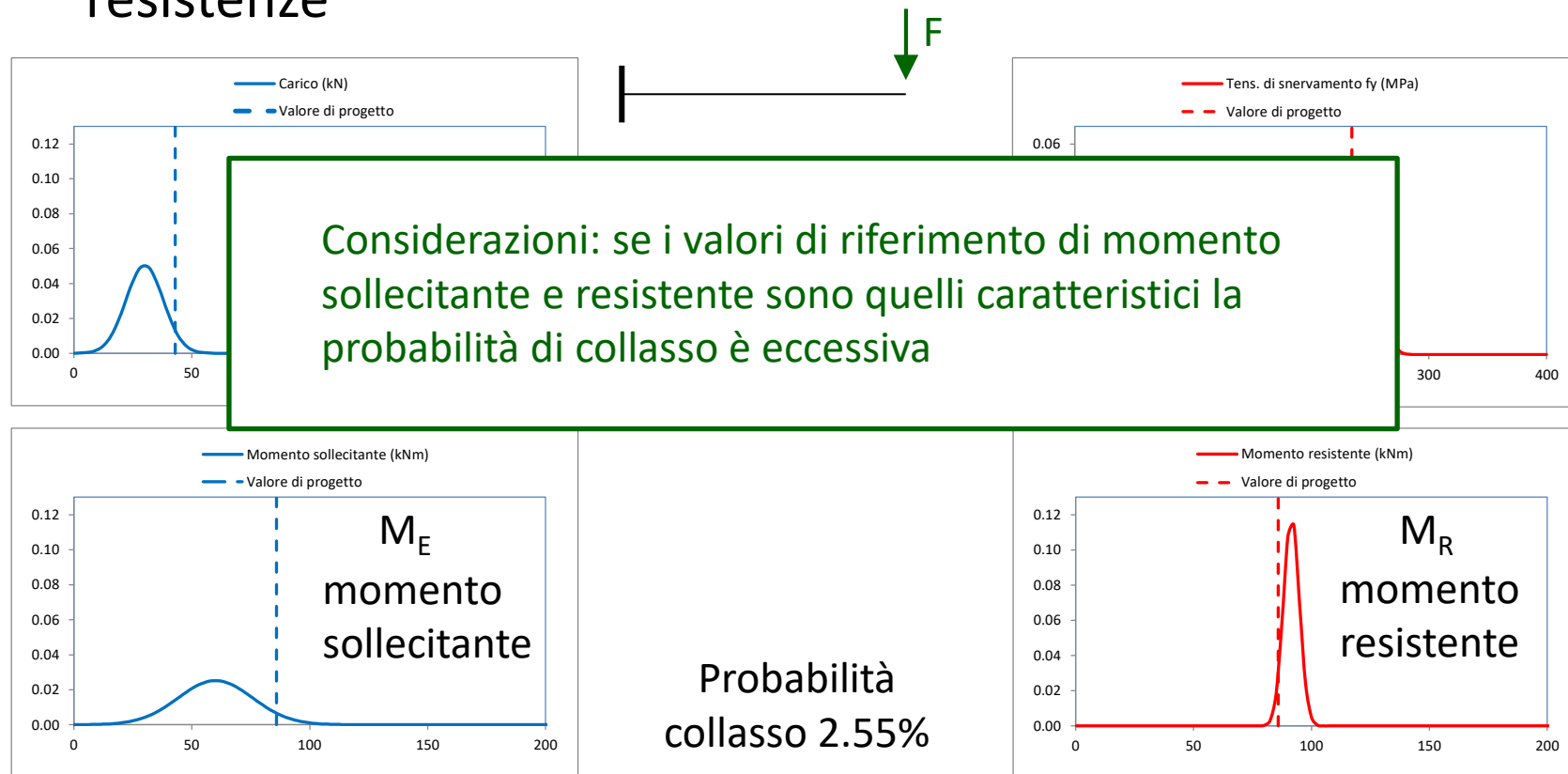
- Si determina la probabilità di collasso

Vedi file Probabilità collasso

Analisi strutturale e verifiche

verifica probabilistica

- Si definiscono le distribuzioni probabilistiche di carichi e resistenze



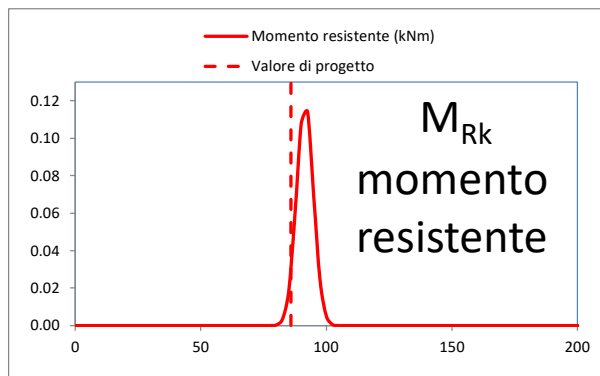
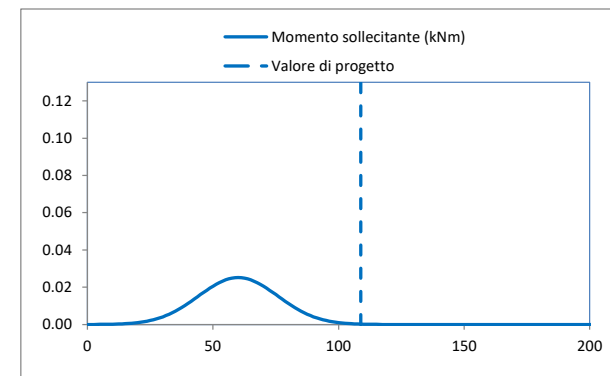
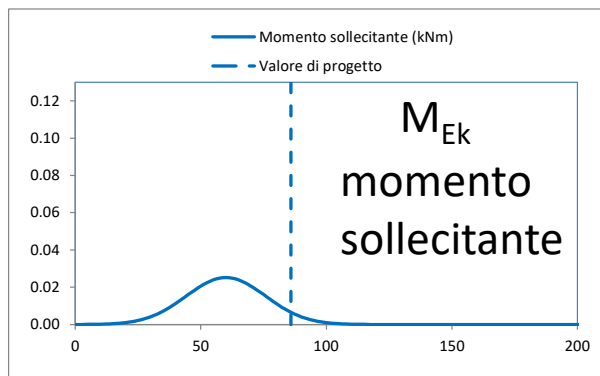
- Si determina la probabilità di collasso

Vedi file Probabilità collasso

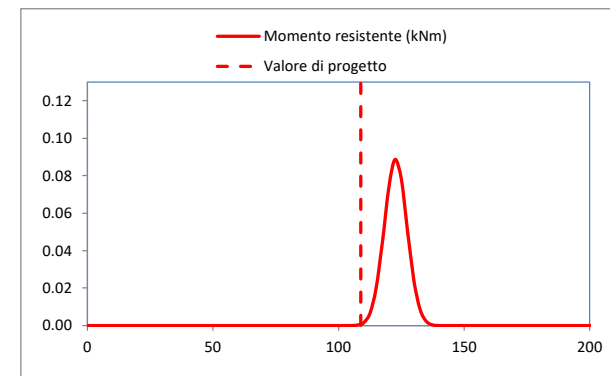
Analisi strutturale e verifiche

metodo semiprobabilistico

- Se si usano come riferimenti frattili più estremi la probabilità di collasso diventa accettabile



Probabilità collasso 2.55%



Probabilità collasso 0.01%

Analisi strutturale e verifiche

metodo semiprobabilistico

- Si usano come riferimento per carichi e resistenza valori corrispondenti ad un frattile molto estremo (molto maggiore del 95% per i carichi, molto minore del 5% per le resistenze)
- Questi valori da usare nella verifica/progetto sono detti valori di calcolo e indicati col pedice d (per design)
- In maniera semplificata (molto comoda) i valori di calcolo sono ottenuti direttamente dai valori caratteristici, mediante i coefficienti γ_F per le azioni e γ_M per le resistenze (sempre ≥ 1)

$$F_d = F_k \gamma_F \qquad f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

$$g_d = g_k \gamma_g \qquad q_d = q_k \gamma_q \qquad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \qquad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

Analisi strutturale e verifiche

metodo semiprobabilistico

- Le verifiche si effettuano:
 - Determinando le caratteristiche di sollecitazione usando i valori di calcolo dei carichi $F_d = F_k \gamma_F$
A rigore l'analisi strutturale dovrebbe essere non lineare, ma quasi sempre si utilizza per semplicità un'analisi lineare
 - Determinando i valori resistenti delle caratteristiche di sollecitazione usando i valori di calcolo delle resistenze $f_d = f_k / \gamma_M$
Questo deve essere fatto sempre utilizzando un modello costitutivo del materiale non lineare, anche se semplificato rispetto a quello reale

Analisi strutturale e verifiche

metodo semiprobabilistico

- Oggi si parla a volte ancora di verifiche semiprobabilistiche agli stati limite, ma in genere più sinteticamente di verifiche agli Stati Limite
- Perché "Stati Limite" al plurale?
 - Quella di cui abbiamo parlato ora è la verifica di resistenza allo Stato Limite Ultimo (SLU)
Per queste si utilizzano i valori di calcolo
 - Sono previste ulteriori verifiche agli Stati Limiti di Esercizio (SLE): controllo degli spostamenti, della fessurazione, ecc.
Per queste si utilizzano i valori caratteristici

Nota: in inglese si usano i termini Ultimate Limit State (ULS) e Serviceability Limit State (SLS); per questi ultimi a volte in Italia si parla di Stati Limite di Servizio (SLS)

Tabella riepilogativa metodi di verifica

Metodo	Carichi	Resistenza	Verifica	Analisi sezione	Analisi struttura
Tensioni ammissibili	$g_k \quad q_k$	$\bar{\sigma}_s = \frac{f_{yk}}{\gamma}$ $\bar{\sigma}_c = \frac{f_{ck}}{\gamma}$	$\sigma_s \leq \bar{\sigma}_s$ $\sigma_c \leq \bar{\sigma}_c$	lineare	lineare
Calcolo a rottura	$g_k \quad q_k$	$f_{yk} \quad f_{ck}$	$g_k + q_k \leq \frac{Q_k}{\gamma}$	non lineare	in genere non lineare
Stato Limite Ultimo	$g_d = g_k \gamma_g$ $q_d = q_k \gamma_q$	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$ $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$ $N_{Ed} \leq N_{Rd}$ <p style="text-align: center;">ecc.</p>	non lineare	spesso lineare