CEMENTO ARMATO

MASTER COPY

Tel. 388/9837745

Sicurezza

$R_{\text{resistenza}} \geq S_{\text{sollecitazione}}$

Una volta ci erano le tensioni ammissibili $\sigma_{id} \leq \sigma_{adm} = \frac{\sigma}{\nu}$ ν coefficiente di sicurezza.

ν è un parametro che comprende tutta una serie di fattori, come il carico massimo che viene calcolato in maniera probabilistica, incertezze sullo schema strutturale, errori nello schema strutturale, incertezza riguardo le resistenze dei materiali che è anch'esso un valore statistico quindi probabilistico.

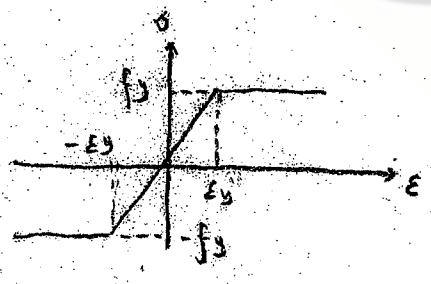
Inoltre la resistenza è sperimentata su un campione in laboratorio e non è detto che sia pari a quella in opera.

σ_{id} = tensione che si determina stabilizzando un certo criterio di resistenza.

Si usa sostanzialmente un algoritmo che a partire dal tensore degli sforzi mi consente di riportarmi ad uno stato equivalente monoassiale, ossia lo stato delle tensioni ideali.

In questo metodo, che è il metodo delle tensioni ammissibili, tutte le incertezze vanno a finire nel coefficiente di sicurezza.

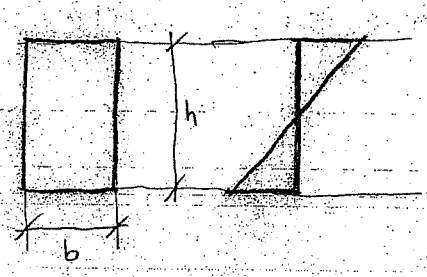
Questo tipo di approccio, è un approccio puntuale, poiché facciamo coincidere la crisi della struttura con la crisi del punto più sollecitato. È un approccio molto cautelativo poiché non tiene conto delle riserve plastiche della struttura.



Elastico $\sigma = E \cdot \varepsilon$

Plastico $\sigma = f_y$

Vediamo come la resistenza di un materiale valga se esso è in grado di evolvere in campo plastico.



questo diagramma vale solo per $\varepsilon < \varepsilon_y$

$\sigma_{max} = f_y = E \cdot \varepsilon_{max}$

In campo elastico vale Navier $\sigma = \frac{M}{J} \cdot y$

$$\sigma_{MAX} = \frac{M}{J} \cdot \frac{h}{2} = \frac{M}{\frac{bh^3}{12}} \cdot \frac{h}{2} = \frac{6M}{bh^2}$$

W = modulo di resistenza elastico: $W' = \frac{J}{y'}$ lembo teso

$W'' = \frac{J}{y''}$ lembo compresso.

Nel nostro caso $W = \frac{bh^2}{6} \rightarrow \sigma_{MAX} = \frac{M}{W}$

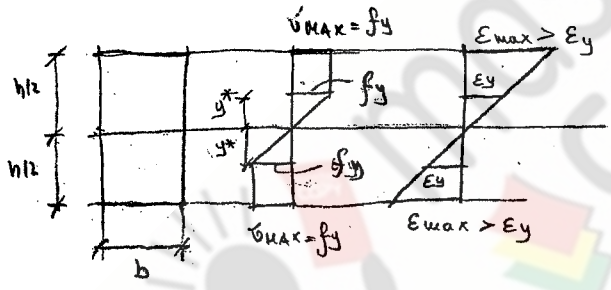
Quindi al limite del campo elastico avremo: $M = f_y \cdot \frac{bh^2}{6}$

Per $M > f_y \cdot \frac{bh^2}{6}$ la sezione evolve in campo plastico.

Se facciamo coincidere la crisi con lo snervamento della sezione più sollecitata allora M è il momento massimo che la sezione è in grado di incassare.

(trascuriamo le risorse plastiche),

costitutivo è del tipo elastico perfettamente plastico avremo:



Risulta: $\frac{y^*}{\varepsilon_y} = \frac{h/2}{\bar{\varepsilon}}$ $\quad \bar{\varepsilon} = \varepsilon_{max} \rightarrow y^* = \frac{h \cdot \varepsilon_y}{2\bar{\varepsilon}}$

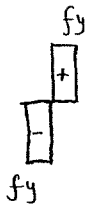
$$\frac{f_y \cdot b \cdot (2y^*)^2}{} + f_y \cdot b \cdot \left(\frac{h}{2} - y^*\right) \cdot \left(\frac{h}{2} + y^*\right)$$

$$+ f_y \cdot b \cdot \left(\frac{h^2}{4} - y^{*2}\right)$$

$$M = f_y \cdot b \left[\frac{2}{3}y^{*2} - y^{*2} + \frac{h^2}{4}\right] = f_y \cdot b \cdot \left[\frac{h^2}{4} - \frac{y^{*2}}{3}\right]$$

Quando la sezione è tutta plasticizzata $y^* \rightarrow 0$ $\quad \frac{f_y \cdot b \cdot h^2}{4} = M_{(E)}$

$$\frac{bh^2}{4} = W_{pl}$$



$M_{pl} > M_{el}$

$f_y \cdot \frac{bh^2}{4} > f_y \cdot \frac{bh^2}{6}$ $\quad M_{pl} = \frac{3}{2} M_{el}$

$M_{pl} = 1{,}5\, M_{el}$

MASTER COPY
Tel. 388/9837745

Riassumendo:

- Se abbiamo delle deformazioni irreversibili nella struttura, questa è in grado di incassare carichi maggiori rispetto al campo elastico.
- Nel campo plastico passiamo da una crisi puntuale ad una crisi più globale della struttura che si trasforma dunque in un meccanismo.
- Se la struttura è iperstatica e plastica, l'apertura di cerniere plastiche rendono la struttura isostatica, e la crisi si ha quando il numero di cerniere plastiche rende la struttura labile.

Un calcolo deterministico in questo caso è poco reale poiché le grandezze sono probabilistiche;

Il problema si risolve dunque determinando la probabilità che $R < S$

$$P_f = P(R<S)$$

è detta probabilità di collasso.

L'affidabilità della struttura si definisce: $R = 1 - P_f$

Il progettista deve verificare che $P_f < \bar{P}_f$, con $\bar{P}_f$ probabilità di collasso di riferimento.

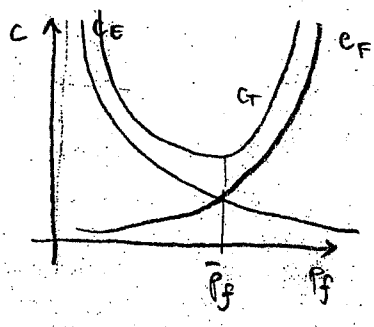
Per aumentare la sicurezza bisogna aumentare i costi di produzione dell'opera; è possibile dunque trovare il giusto compromesso.

EC2 $\bar{P}_f = \frac{1}{70.000}$ per $V_N = 50$ anni.

La P_f complessiva è data dalla somma delle P_f associate alle diverse modalità di collasso.

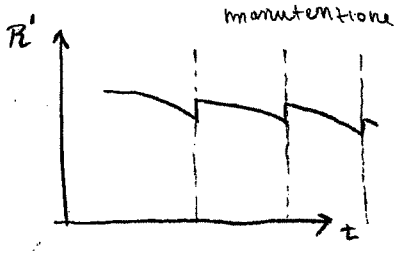
Costi strutturali $C = C_E + C_F$ (esecutivo, collasso)

C'è un punto in cui le 2 si incontrano, e $\bar{P}_f$ di riferimento è relativo a quel punto.



più $\bar{P}_f$ è basso, tanto + alto è il costo esecutivo e tanto + basso è il costo di collasso

La resistenza di una struttura nel tempo varia in base al degrado, per cui $C = C_E + C_F + C_M$ → manutenzione



Questo è il grafico dell'affidabilità in funzione del tempo, essa diminuisce; poi ad ogni intervento di manutenzione aumenta un po' per poi riscendere (Ricorda: s'è già fatto ad economia ed estimo).

La vita utile è la vita di riferimento per noi progettisti, nulla a che fare con la vita effettiva.

Secondo la normativa comunitaria un edificio deve avere le seguenti caratteristiche:

- Resistenza: la struttura deve fronteggiare tutte le azioni che possono verificarsi prevale solo la verifica nel confronto di azioni esterne, e che la struttura non collassi, nonostante danni pesanti. Sotto questa ipotesi la struttura potrebbe andare fuori servizio.
- Idoneità all'uso: la struttura deve svolgere la funzione assegnata per tutta la sua vita nominale eccetto al più un intervallo di tempo che dipende dalla rilevanza della struttura.
- Robustezza: il più importante e complicato. La struttura deve essere in grado di fronteggiare anche eventi di carattere eccezionale (esplosioni, ecc...) senza subire danneggiamenti sproporzionati rispetto alla causa che li ha prodotti.

ANALISI PROBABILISTICA DELLA STRUTTURA.

Abbiamo visto che $P_f = P(R<S) \rightarrow P_f = P(R-S<0)$ (1)

$$P_f = P\left(\frac{R}{S}<1\right) \quad (2)$$

$R-S \rightarrow$ è la funzione margine

$R/S \rightarrow$ fattore di sicurezza

In ogni caso dobbiamo assicurarci che $P_f < \bar{P}_f$ e ciò è implicitamente soddisfatto quando usiamo le formule della normativa.

Esistono diversi livelli per verificare l'affidabilità della struttura.

Livello I, II, III; le grandezze in gioco sono probabilistiche quindi se ammettiamo di conoscere le leggi di distribuzione

delle grandezze e se avessimo strumenti sofisticati, a partire dai dati di ingresso, riusciremmo a trovare la probabilità di collasso.

metodo III (metodo IV è uguale ma considera anche il fattore umano tra le cause)

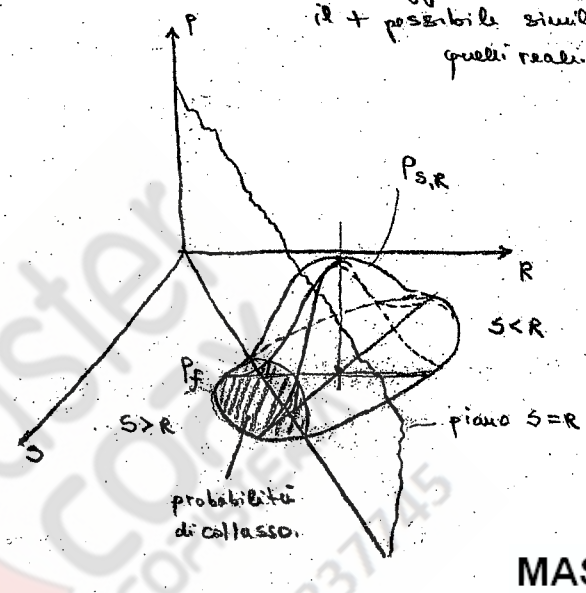
in uno spazio di n dimensioni, studiando la struttura, posso dividere lo spazio nello spazio degli stati possibili, cioè quando non collassa e lo spazio degli stati impossibili, diviso dalla frontiera R=S

Quel volume è come se fosse l'insieme di tutte le campane di probabilità, che naturalmente deve essere spostata verso la zona sicura.

Ci sarà comunque sempre una zona che rappresenta la probabilità di collasso, insicura.

L'utilizzo di metodi di questo tipo è estremamente complesso e dispendioso sia ed è giustificato solo in caso di opere eccezionali

con questo metodo le leggi devono essere il + possibile simili a quelli reali.



MASTER COPY
Tel. 388/9837745

metodo II

sono caratterizzati da un grado di complessità inferiore. In un metodo di livello II tutte le grandezze sono approssimate con equazioni di distribuzione a 2 variabili:

- GAUSSIANA: se dipendono dalla somma di 2 parametri
- LOGNORMALE: se la distribuz. dipende dal prodotto di 2 parametri.

Nel fare un'analisi di livello II l'errore si commette laddove immaginiamo che le leggi di distribuzione delle grandezze siano tutte a 2 variabili.

Nei metodi II supponiamo che R ed S siano variabili tra loro indipendenti!

Tra i metodi di livello II è stato proposto il cosiddetto metodo β (dell'indice di affidabilità)

Il concetto base è che la probabilità di collasso dipende dalla distanza delle distribuzioni di R e S, traducibile come distanza delle loro μ (medie).