

Università di Trieste
Dipartimento di Ingegneria e Architettura

Corso di
Tecnica delle Costruzioni

ELEMENTI TESI

Prof. Ing. Natalino Gattesco

BIBLIOGRAFIA

Toniolo G., Di Prisco M., “Cemento Armato – Calcolo agli stati limite”, Vol. 2a, terza edizione, Ed. Zanichelli, 2010.

Park R., Paulay T., “Reinforced Concrete Structures”, John Wiley & Sons, New York, 1975.

Mac Gregor J., “Reinforced Concrete – Mechanics and Design”, Prentice Hall, New Jersey, 1988.

Santarella L., “Prontuario del Cemento Armato”, XXXVIII edizione, Ed. Hoepli, Milano.

INTRODUZIONE

Con la trattazione degli elementi tesi in calcestruzzo armato si introduce il tema della fessurazione.

Il tema della fessurazione è complesso e quindi i criteri e metodi che si utilizzano per trattare il fenomeno sono approssimati.

Come anticipato, dando per scontata la sicurezza nei riguardi della rovina, la fessurazione ha tre ordini di conseguenze:

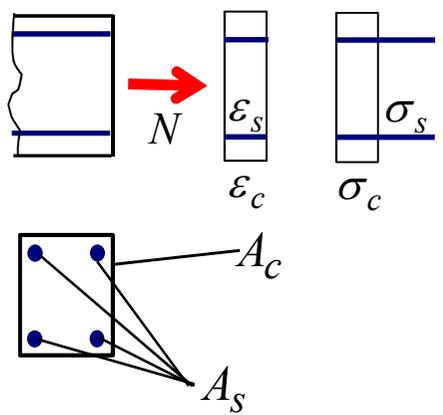
- **Incremento della permeabilità** (*che penalizza la durabilità e la funzionalità nel caso dei serbatoi*)
- **Decadimento estetico** (*evidenza dello stato fessurativo con senso di apparente precarietà statica che lo rendono inaccettabile all'utenza*)
- **Riduzione durabilità** (*gli agenti aggressivi per calcestruzzo e acciaio penetrano più velocemente attraverso le fessure accelerando il degrado*)

ELEMENTI TESI

Caso di sezione interamente reagente $\sigma_c \leq f_{ctd}$

- Ipotesi** {
- Conservazione delle sezioni piane (Ipotesi di Bernoulli)
 - Perfetta aderenza acciaio-clc
 - Clc elastico lineare fino a rottura, acciaio elastico lineare

Per le verifiche di esercizio, da congruenza ed equilibrio si ha



$$\begin{cases} \varepsilon_s = \varepsilon_c \rightarrow \sigma_s = \sigma_c \frac{E_s}{E_c} = \sigma_c \alpha_e \\ \sigma_c A_c + \sigma_s A_s = N \end{cases}$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A_c + \alpha_e A_s}$$

Per $\sigma_c = f_{ctd}$ si ha il limite di formazione delle fessure

$\rightarrow A_i$ sezione omogeneizzata

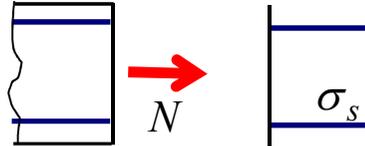
$$N_{cr} = f_{ctd} (A_c + \alpha_e A_s)$$

ELEMENTI TESI

Caso di sezione parzializzata (*calcestruzzo fessurato*)

Ipotesi { - *Conservazione delle sezioni piane (Ipotesi di Bernoulli)*
- *Perfetta aderenza acciaio-clc*
- *Clc fessurato, acciaio elastoplastico*

Per le verifiche di esercizio, da equilibrio si ha


$$\sigma_s = \frac{N}{A_s}$$

Per le verifiche allo stato limite ultimo di resistenza, si ha

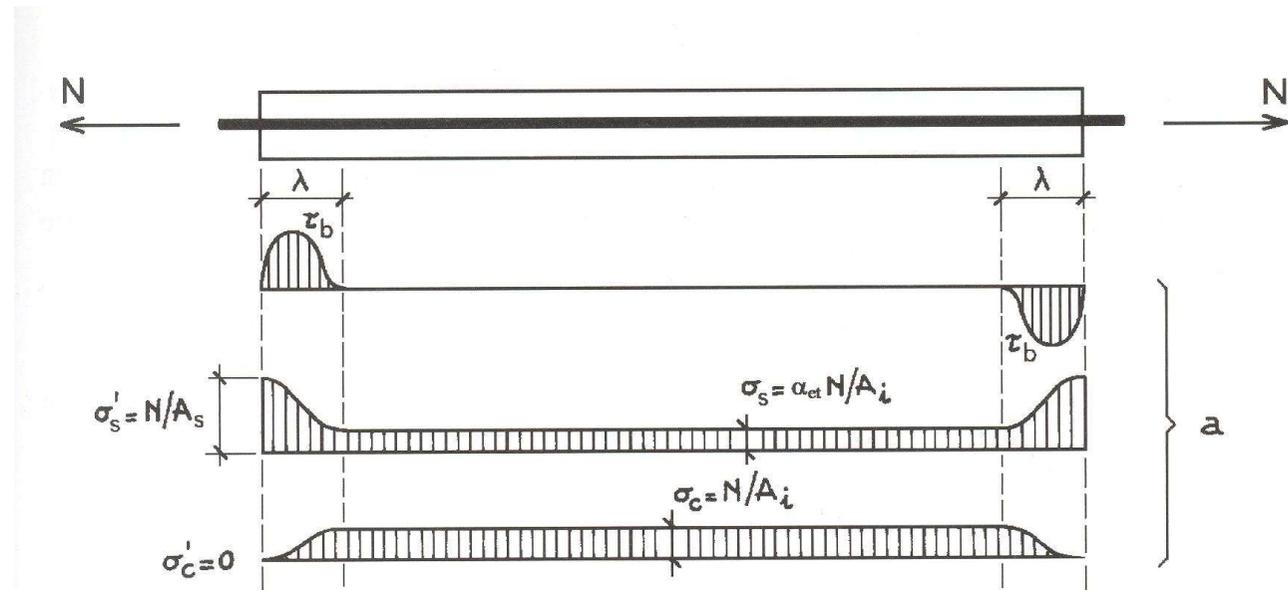
$$N_{Rd} = f_{yd} A_s$$

FESSURAZIONE DEL TIRANTE IN C.A.

In un tirante superati i tratti estremi di diffusione delle tensioni dall'acciaio al cls, si hanno nei due materiali le tensioni

$$\sigma_c = \frac{N}{A_c + \alpha_e A_s}$$

$$\sigma_s = \sigma_c \alpha_e$$



Finchè la tensione nel cls rimane inferiore alla sua resistenza a trazione, tale stato rimane invariato.

Si nota che nei tratti di incompleta diffusione delle tensioni sono attive le tensioni di aderenza che favoriscono tale diffusione.

FESSURAZIONE DEL TIRANTE IN C.A.

Incrementando l'azione assiale si ha che la tensione nel cls può raggiungere la resistenza e formarsi la prima fessura e poi le altre

Nelle zone di completa diffusione delle tensioni

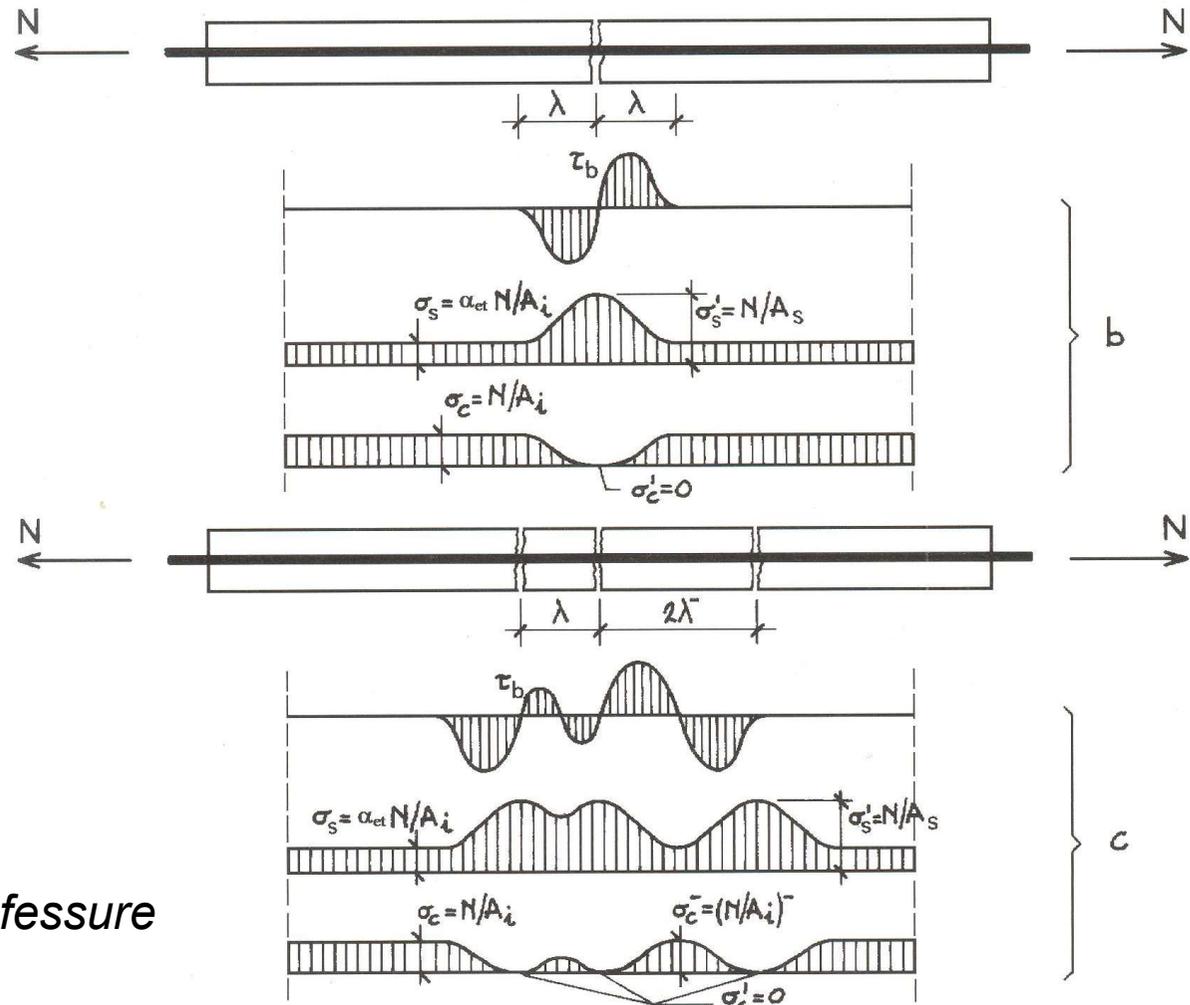
$$\sigma_c = \frac{N}{A_c + \alpha_e A_s}$$

$$\sigma_s = \sigma_c \alpha_e$$

In corrispondenza della fessura

$$\sigma'_s = \frac{N}{A_s}$$

λ distanza minima tra le fessure



FESSURAZIONE DEL TIRANTE IN C.A.

Per il calcolo della distanza minima tra due fessure contigue si considera la situazione di figura

Equilibrio tratto infinitesimo di barra

$$A_s d\sigma_s(x) = \pi \phi \tau_b(x) dx$$

$$\tau_b(x) = \frac{\phi}{4} \frac{d\sigma_s(x)}{dx}$$

Considerando τ costante σ è lineare

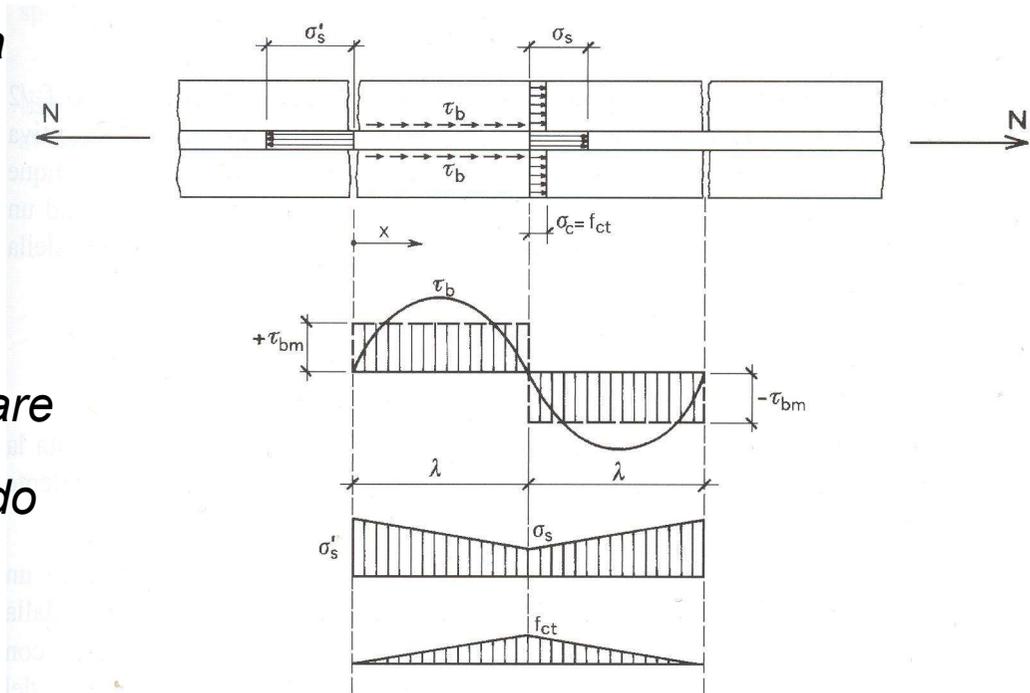
L'equilibrio di metà concio, ponendo la tensione nel cls pari a f_{ctd} , dà

$$N = \sigma'_s A_s = \sigma_s A_s + f_{ctd} A_c$$

$$\Delta\sigma_s = \sigma'_s - \sigma_s = f_{ctd} \frac{A_c}{A_s}$$

L'equilibrio della semiparte di barra dà

$$A_s \Delta\sigma_s = \pi \phi \tau_{bm} \lambda \quad \frac{\pi \phi^2}{4} \Delta\sigma_s = \pi \phi \tau_{bm} \lambda \quad \lambda = \frac{\phi}{4} \frac{A_c}{A_s} \frac{f_{ctd}}{\tau_{bm}}$$



FESSURAZIONE DEL TIRANTE IN C.A.

Il calcolo dell'apertura di fessura allora diventa

Distanza minima fessure

$$\lambda = \frac{\phi A_c f_{ctd}}{4 A_s \tau_{bm}}$$

Apertura di fessura

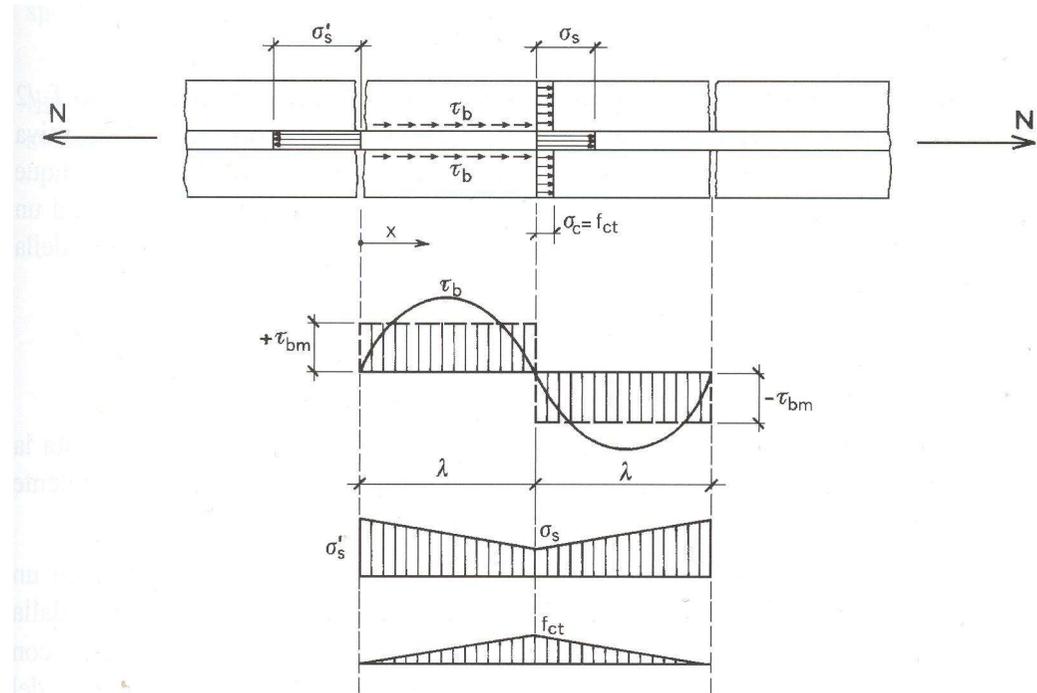
$$w = 2(\Delta\lambda_s - \Delta\lambda_c)$$

Allungamento barra Allungamento cls

$$\Delta\lambda_s = \frac{\sigma'_s + \sigma_s}{2 E_s} \lambda = \frac{2\sigma'_s - \Delta\sigma_s}{2 E_s} \lambda$$

$$\Delta\lambda_c = \frac{f_{ctd}}{2 E_c} \lambda \quad (\text{trascurabile})$$

$$w = 2 \left(\frac{\sigma'_s}{E_s} - \frac{1}{2} \frac{\Delta\sigma_s}{E_s} \right) \lambda = 2 \frac{\sigma'_s}{E_s} \left(1 - \frac{f_{ctd} A_c}{2 \sigma'_s A_s} \right) \lambda$$

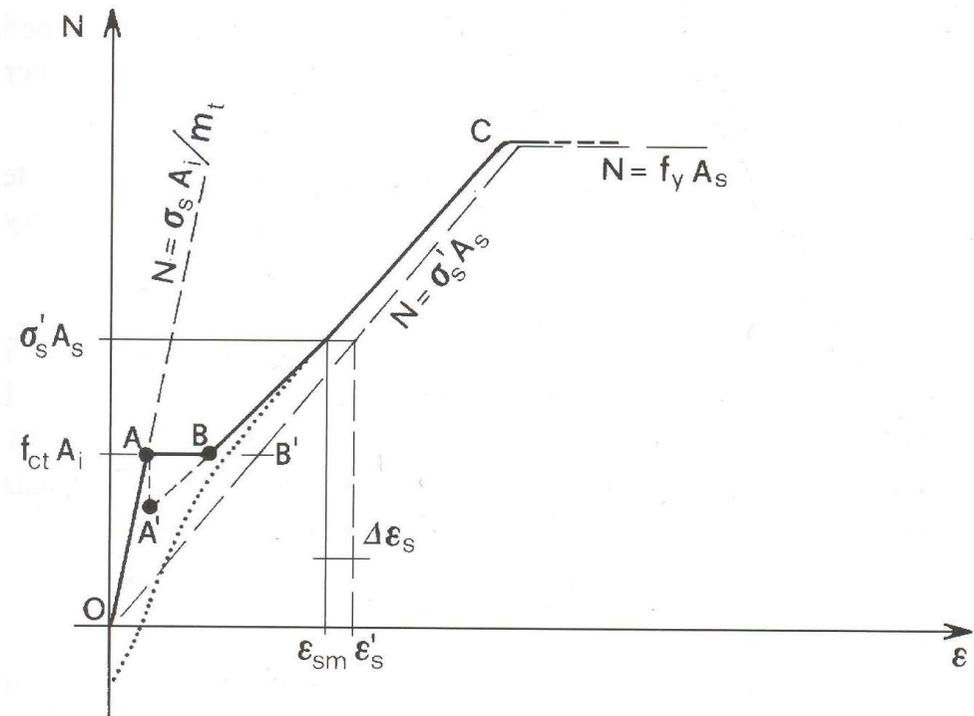
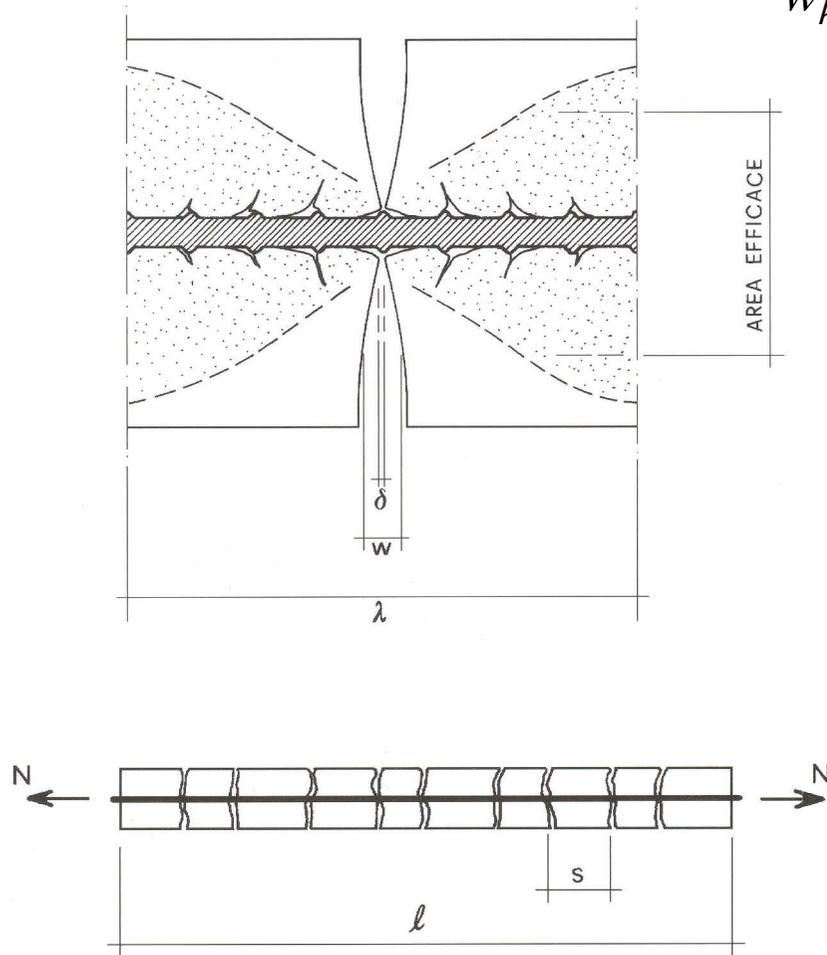


Tension stiffening

FESSURAZIONE DEL TIRANTE IN C.A.

Il valore caratteristico dell'apertura di fessura si ricava dalla relazione

$$w_k = 1.7 w_m$$



$$A_s \geq A_c \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} \quad (\text{armatura minima})$$