

Progetto di Strutture

Dipartimento di Ingegneria
Corso di Laurea in Ingegneria Civile

A/A 2018-2019

**SLE DI DEFORMAZIONE TRAVI
IN C.A.**

SLE nel c.a. – Deformazione degli elementi in C.A.

Le deformazioni massime nelle strutture in c.a. devono essere limitate essenzialmente per evitare problemi di natura funzionale: evitare ad esempio danni agli elementi non strutturali sorretti (tramezzi, tamponature, pavimenti etc..), evitare che grandi deformazioni compromettano il razionale smaltimento delle acque, evitare indesiderati effetti antiestetici.

La valutazione analitica delle deformazioni e degli abbassamenti conseguenti non è cosa facile in strutture in c.a. per i problemi già messi sufficientemente in evidenza nel caso di stato limite di fessurazione. La difficoltà maggiore consiste essenzialmente nel valutare la rigidità degli elementi strutturali in presenza di fessurazione. Come già visto nel caso di sole tensioni normali la *rigidità media* di una trave fessurata può calcolarsi tenendo conto del calcestruzzo ancora reagente che si trova tra due fessure consecutive (tension stiffening effect).

Si tenga presente inoltre che le deformazioni nelle strutture in c.a. dipendono anche da altri fenomeni non meno importanti come il ritiro e la viscosità che modificano lo stato deformativo anche in assenza di variazione dello stato di carico.

SLE nel c.a. – Deformazione degli elementi in C.A.

[NT 4.1.2.2.2 – CM 617 par. C4.1.2.2.2]

Il calcolo della deformazione flessionale di solai e travi si effettua in genere mediante **integrazione delle curvature** tenendo conto della viscosità del calcestruzzo e, se del caso, degli effetti del ritiro.

Per il calcolo delle deformazioni flessionali si considera lo stato non fessurato (sezione interamente reagente) per tutte le parti della struttura per le quali, nelle condizioni di carico considerate, le tensioni di trazione nel calcestruzzo non superano la sua resistenza media f_{ctm} a trazione. Per le altre parti si fa riferimento allo stato fessurato, potendosi considerare l'effetto irrigidente del calcestruzzo teso fra le fessure.

SLE nel c.a. – Deformazione degli elementi in C.A.

IL CALCOLO ANALITICO DELLE DEFORMAZIONI (sezione interamente reagente)

Indicando con I il momento d'inerzia della sezione interamente reagente la curvatura è data dalla relazione:

$$\chi(x) = -v''(x) = \frac{M(x)}{E_c I}$$

Curvatura della sezione
interamente reagente



$$v(x) = v(0) + v'(0) \cdot x + \int_0^x \underbrace{\int_0^\xi \chi(\eta) d\eta}_{v(x)'} d\xi$$

Per doppia integrazione della
curvatura si ottiene lo
spostamento $v(x)$

$v(x)'$

SLE nel c.a. – Deformazione degli elementi in C.A.

IL CALCOLO ANALITICO DELLE DEFORMAZIONI (sezione fessurata)

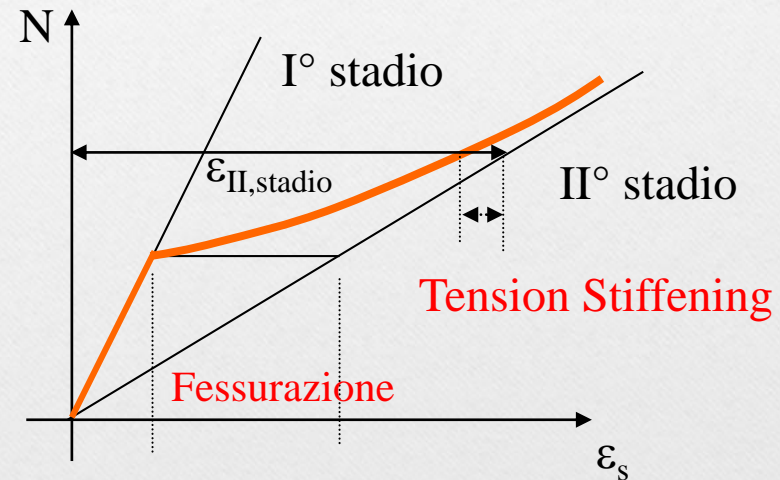
Quando nella sezione viene superata la resistenza a trazione nel calcestruzzo, la deformazione nell'acciaio viene espressa come deformazione al secondo stadio non trascurando il contributo irrigidente del calcestruzzo.

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma'_s}{E_s} \left(1 - \frac{f_{ct}}{2\rho_s \sigma'_s} \right)$$

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma'_s}{E_s} \left[1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma'_s} \right)^2 \right] = \varepsilon_{s,II} \zeta$$

$$\zeta = \left(1 - \beta \left(\frac{f_{ct}}{\rho_s \sigma'_s} \right)^2 \right)$$

$$\sigma_{sr} = f_{ct} A_c / A_s = f_{ct} / \rho_s$$

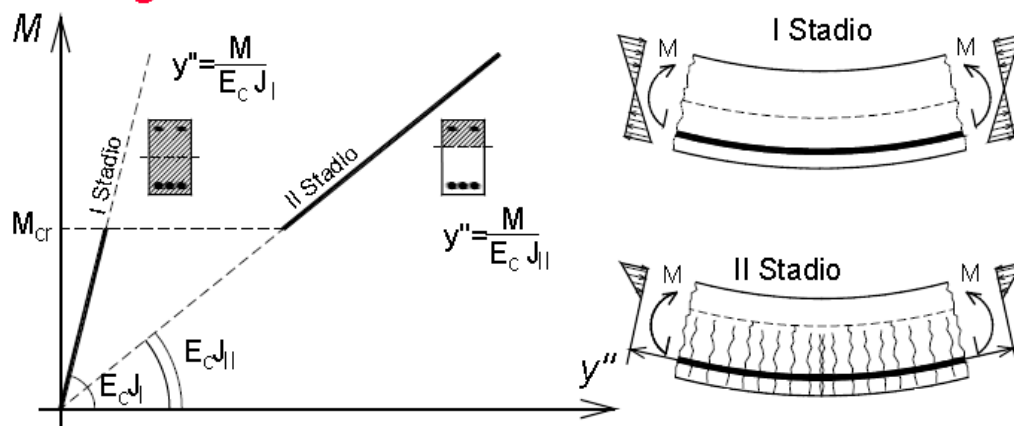


Discontinuità per la deformazione in corrispondenza della fessurazione

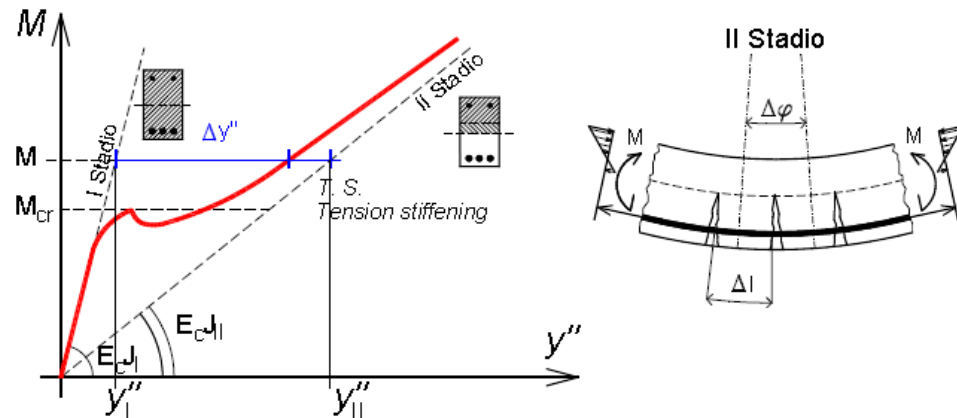
SLE nel c.a. – Deformazione degli elementi in C.A.

IL CALCOLO ANALITICO DELLE DEFORMAZIONI (sezione fessurata)

Legame momento – curvatura ideale



Legame momento – curvatura reale



Calcolo travi in c.a. - Deformazione

[NT 4.1.2.2.2 – CM 617 par. C4.1.2.2.2] - [EC2 7.4.3 (3)]

Elementi che si ritengono non caricati oltre il livello che provoca il superamento della resistenza a trazione del calcestruzzo in qualsiasi punto, si raccomanda siano considerati non fessurati. Elementi che si presume si fessurino, ma non totalmente, si comporteranno in modo intermedio tra le condizioni di non fessurazione e completa fessurazione e, per gli elementi soggetti prevalentemente a flessione, una previsione adeguata del comportamento è data dall'espressione

$$\alpha = \zeta \alpha_{II} + (1 - \zeta) \alpha_I \quad (7.18 \text{ EC2} - \text{C4.1.11 NT2008})$$

dove:

α è il parametro di deformazione da considerare, che può essere per esempio una deformazione, una curvatura o una rotazione e α_I , α_{II} sono rispettivamente valori del parametro calcolati nelle ipotesi di sezione **non fessurata** e **totalmente fessurata**;

SLE nel c.a. – Deformazione degli elementi in C.A.

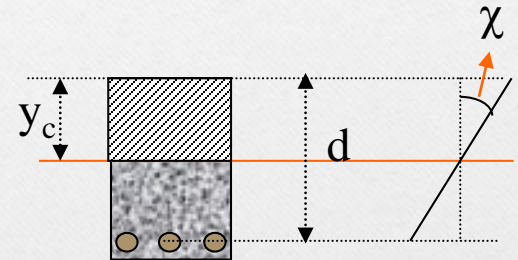
IL CALCOLO ANALITICO DELLE DEFORMAZIONI (sezione fessurata)

La normativa (**EC2**) definisce la deformazione nella sezione fessurata come combinazione della deformazione al I° e al II° stadio (**deformazione media del concio fessurato**)

$$\varepsilon_m = \varepsilon_I(1 - \zeta) + \varepsilon_{II}\zeta$$



$$\chi_m = \chi_I(1 - \zeta) + \chi_{II}\zeta$$



Deformazione media del concio di trave fessurata secondo l'Eurocodice 2 e NTC08

$$v(x) = v(0) + v'(0) \cdot x + \int_0^x \int_0^\xi \chi_m(\eta) d\eta d\xi$$

χ_I

χ_{II}

$$v_m = C.I. + \int_0^x \int_0^\xi \frac{M_d}{EI^I} (1 - \zeta) d\eta d\xi + \int_0^x \int_0^\xi \frac{M_d}{EI^{II}} \zeta d\eta d\xi$$

Calcolo travi in c.a. - Deformazione

ξ è un coefficiente di distribuzione (che tiene conto del "tension-stiffening" nella sezione) dato dall'espressione (7.19):

$\xi = 0$ per sezioni non fessurate;

N.B.: $\left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = \left(\frac{M_{cr}}{M}\right)^2$ $\xi = 1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2$ (7.19)

β è un coefficiente che tiene conto dell'influenza della durata del carico o di carichi ripetuti sulla deformazione media:

$\beta = 1.0$ per singola applicazione di carico di breve durata,

$\beta = 0.5$ per carichi permanenti o per cicli di carico ripetuti molte volte;

σ_s è la tensione nell'acciaio teso calcolata nell'ipotesi di sezione fessurata;

σ_{sr} è la tensione nell'acciaio teso calcolata nell'ipotesi di sezione fessurata sotto il carico che provoca la fessurazione