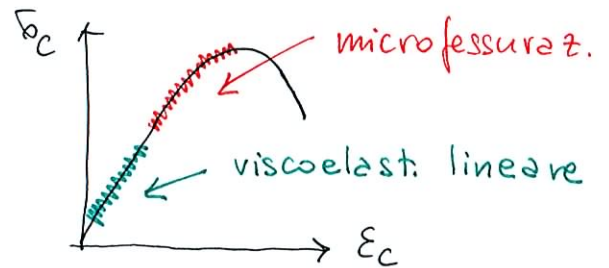


LIMITAZIONE STATO DI TENSIONE

CALCESTRUZZO σ_c

- Microfessurazione (breve termine)



- Viscosità (lungo termine)

ACCIAIO σ_s

- deformabilità
- ampiezza di fessura
- (fatica)

CALCOLO TENSIONI σ_c e σ_s CON MODELLO
LINEARE ELASTICO (= TENS. AMMISS.)

LIMITAZIONE STATO DI TENSIONE

EC2

COMBINAZIONE CARATTERISTICA
ZONE XD, XF, XS

$$\sigma_c < k_1 f_{ck}$$

└ 0.6

COMBINAZIONE QUASI PERMAN.

$$\sigma_c < k_2 f_{ck}$$

└ 0.45

COMBINAZIONE CARATTERISTICA

$$\sigma_s < k_3 f_{yk}$$

└ 0.8

$$\sigma_s < k_4 f_{yk}$$

└ 1

per
deformaz.
anelastica

SEZIONE

- NON FESSURATA
- FESSURATA

$$\sigma_{ct} < \frac{f_{ctm}}{f_{ctm}, f_e}$$

NTC

COMBINAZIONE CARATTERISTICA

$$\sigma_c < 0.6 f_{ck}$$

└ 0.48 elementi
piani gettati
in opera di
spessore < 50 mm

COMBINAZIONE QUASI PERM.

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$$

└ 0.36 $S < 50$ mm

COMBINAZ. CARATT.

$$\sigma_s < 0.8 f_{yk}$$

SEZIONE
FESSURATA

C.4.1.2.2.5
"Trascuro resistenza
calcestruzzo teso"

LIMITAZIONE STATO DI TENSIONE

$$M = \frac{E_s}{E_c} \begin{cases} \frac{E_s}{E_{c,eff}} \\ 15 \end{cases}$$

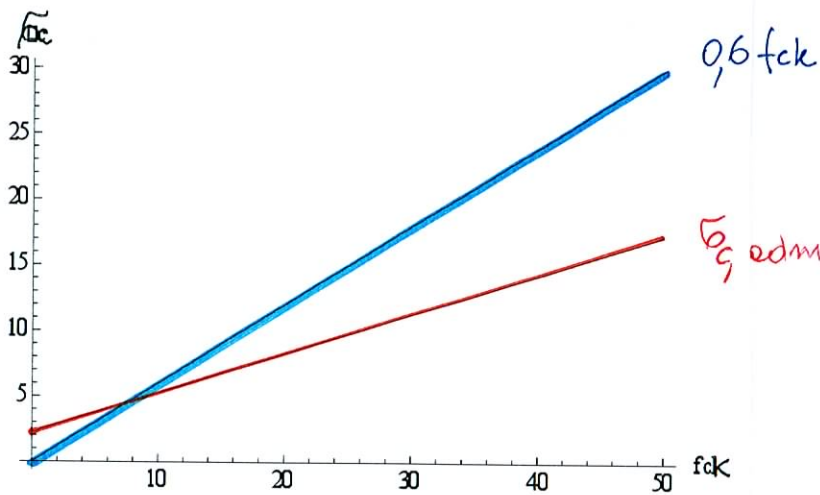
$$M = \frac{E_s}{E_c} \begin{cases} \frac{E_s}{E_{c,eff}} \\ 15 \end{cases} \quad \frac{E_c}{1 + f(t, t_0)}$$

coeff. viscosità

verifica indipendente del tempo

CONFRONTO CON METODO T.A.

COMBINAZIONE CARATTERISTICA



Tensioni massime
più alte

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Stesse azioni } Q_k, G_k \\ m = 1,5 \end{array} \right. \rightarrow \text{stesse tensioni } \sigma_c$

La verifica con il metodo T.A. è più restrittiva perché le tensioni ammissibili sono più piccole

A parità di azioni, se impiego $m = \frac{E_s}{E_c} \approx 5-10$
è come se avessi una sezione meno armata
e σ_c è $>$ di quella calcolata con T.A.

CONFRONTO TRA DOMINI M-N

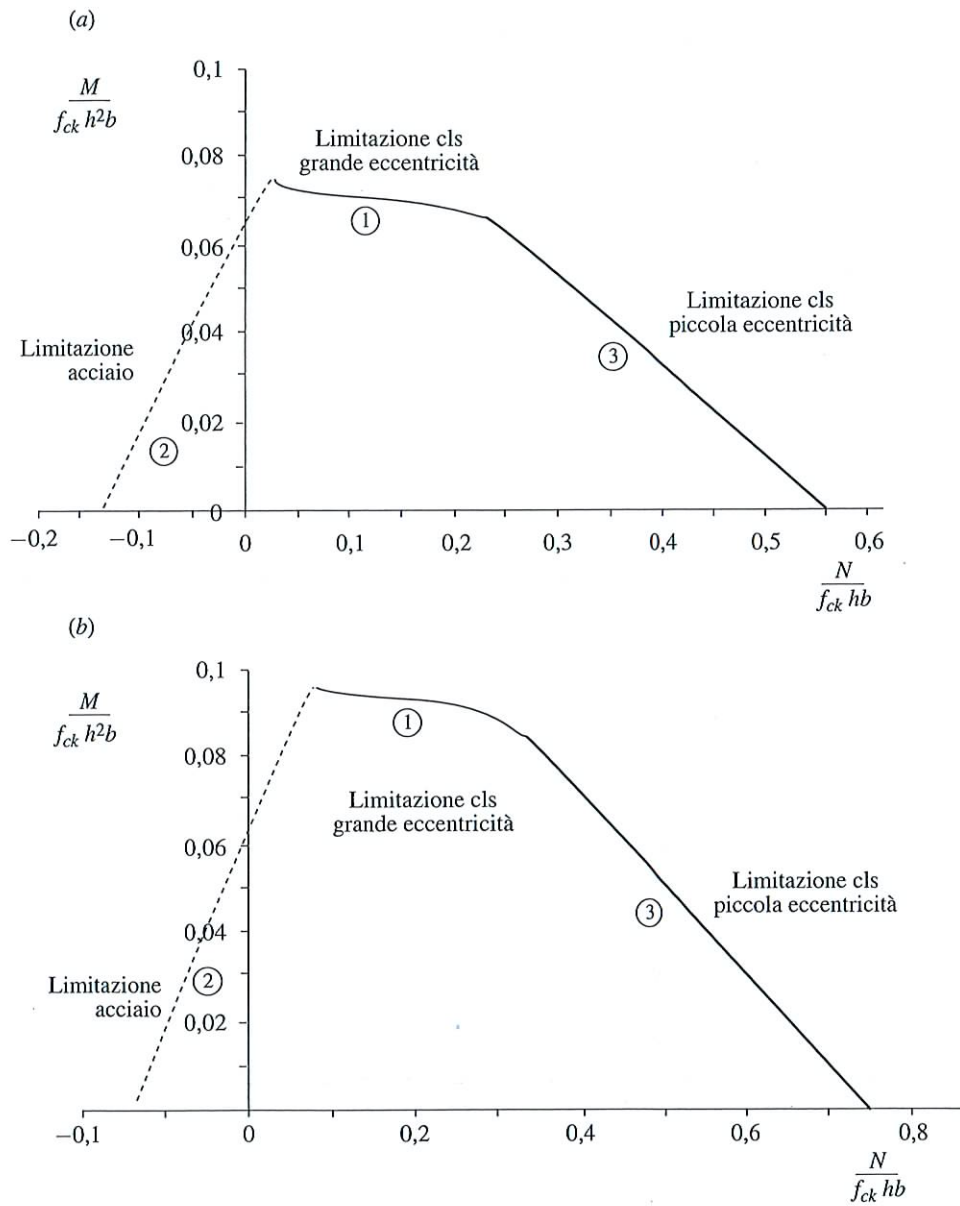
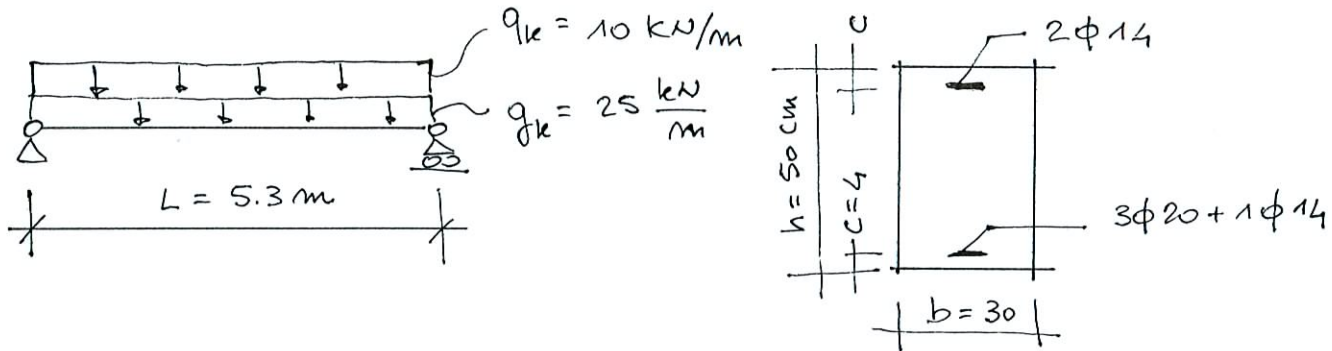


Figura 3.7 Dominio di verifica tensionale riferito a valori adimensionali di momento e sforzo normale (a) $\sigma_c = 0,6 \cdot f_{ck}$; (b) $\sigma_c = 0,45 \cdot f_{ck}$.

(Cosenza et al.)

LIMITAZIONE STATO DI TENSIONE : ESERCIZIO

Si verifichi lo stato tensionale nella trave mostrata in figura (esercizio libro Gherzi)



Calcestruzzo C25/30

Acciaio B450C

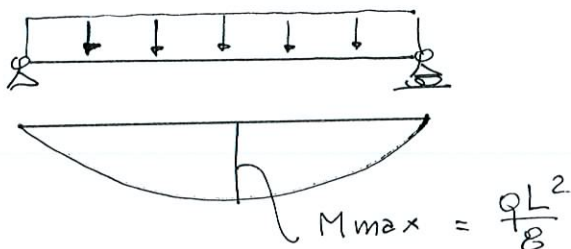
Classe esposizione XS1

— Analisi dei carichi

Comb. caratt. $q = q_k + q_k = 35 \text{ kN/m}$

Comb. q. perm. $q = q_k + \frac{\psi}{2} \cdot q_k = 28 \text{ kN/m}$
 $\psi = 0,3$

— Sollecitazioni



$$M_{\max} = \frac{qL^2}{8} = \begin{cases} 122.9 \text{ kNm} & \text{caratteristica} \\ 98.3 \text{ kNm} & \text{quasi permanente} \end{cases}$$

— Caratteristiche materiali

Calcestruzzo C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm} \approx f_{ck} + 8 = 32 \text{ N/mm}^2$$

$$E_c = 22000 \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3} = 31500 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$$

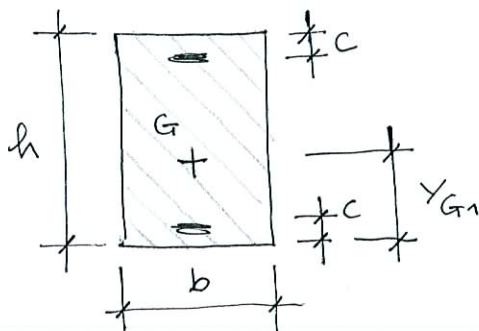
$$f_{ctk_{90S}} = 0,7 f_{ctm} = 1.8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk_{99S}} = 1.2 f_{ctm} = 3.08 \text{ N/mm}^2$$

$$m < \frac{15}{\frac{E_s}{E_c}} = 6.67$$

unica verifica indipendente dal tempo
per carichi di breve durata e' come se fosse meno armato.

— Caratteristiche sezione stadio I



$$A_s = 3\phi_{20} + 1\phi_{14} = 1096 \text{ mm}^2$$

$$A'_s = 2\phi_{14} = 308 \text{ mm}^2$$

$$m = 15$$

$$(m = 6,67)$$

$$A_n = m A_s + m A'_s + b h = 171064 \text{ mm}^2$$

(159369 mm² m=6,67)

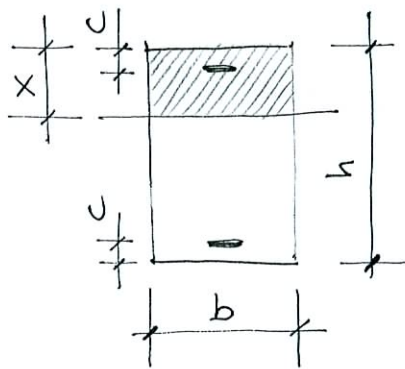
$$S_n = b h^2 / 2 + m A_s \cdot c + m A'_s (h - c) = 4.028 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

(3.8737 \cdot 10^7 mm³)

$$Y_{G1} = \frac{S_1}{A_1} = 235,5 \text{ mm} \\ (243,07 \text{ mm})$$

$$I_1 = \frac{bh^3}{3} + mA_s c^2 + mA'_s (h-c)^2 - A_1 Y_{G1}^2 = 4.018 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \\ (3.5305 \cdot 10^9 \text{ mm}^4)$$

— Caratteristiche sezione stadio II



$$S_2 = \frac{bx^2}{2} + mA'_s (x-c) - mA_s (h-x-c) = 0$$

$$x = 167,7 \text{ mm} \\ (123.55 \text{ mm})$$

$$I_2 = \frac{bx^3}{3} + mA'_s (x-c)^2 + mA_s (h-x-c)^2 = 1.952 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \\ (1.0307 \cdot 10^9 \text{ mm}^4)$$

— Momento di fessurazione

$$\sigma_{ct} = \frac{M_{cr}}{I_1} Y_{G1} = f_{ct} | f_{e} \\ \left[f_{ctm}/1.2 = 2.13 \text{ N/mm}^2 \text{ (Circolare)} \right]$$

$$M_{cr} = \frac{f_{ctm}}{1.2} \frac{I_1}{Y_{G1}} = 36.3 \text{ kNm} \\ (30.9 \text{ kNm})$$

NTC Calcolo tensioni con sez. fessurata

EC2: 2005 Non dice nulla

EC2: 1992 Sezione fessurata se $M > M_{cr}$

Nel nostro caso $M > M_{cr} \rightarrow$ sezione comunque fessurata

— Verifica combinazione caratteristica

$$\sigma_c = \frac{M}{I_2} \cdot x = 10.55 \text{ N/mm}^2 < 0,6 f_{ck} \\ (14,72 \text{ N/mm}^2) \quad \swarrow 15 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = n \frac{M}{I_2} (h-x-c) = 276 \text{ N/mm}^2 < 0,8 f_{yk} \\ (267,6 \text{ N/mm}^2) \quad \swarrow 360 \text{ N/mm}^2$$

NB 1 La combinazione caratteristica è applicata per breve tempo \rightarrow meglio $n = E_s/E_c$

NB 2 Con metodo T.A.

$$\sigma_{c,adm} = 6 + \frac{R_{ck} - 15}{4} = 9,78 \text{ N/mm}^2$$

La sezione non sarebbe verificata

— Verifica combinazione quasi permanente

$$\sigma_c = \frac{M}{I_2} x = 8,44 \frac{N}{mm^2} < \begin{array}{l} 0,45 f_{ck} \\ 11,25 N/mm^2 \end{array}$$

$$\sigma_s = m \frac{M}{I_2} (h-x-c) = 220,8 \frac{N}{mm^2}$$