

ESERCIZIO : VERIFICA AMPIEZZA FESSURA

Con riferimento alla trave dell'esercizio precedente verificare l'ampiezza di fessura ipotizzando classe di esposizione XS1

— Ampiezza fessura massima

(Circolare)

Tab. 4.1.III - Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

$$w_k \leq \begin{matrix} w_2 = 0,3 \text{ mm} & \text{combinazione frequente} \\ w_1 = 0,2 \text{ mm} & \text{combinazione quasi permanente} \end{matrix}$$

Sollecitazioni

combinazione frequente $q = g_k + \cancel{\psi_1}^{0.5} q_k = 30 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

comb. quasi permanente $q = g_k + \cancel{\psi_2}^{0.3} q_k = 28 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$$M = q \frac{L^2}{8} = \begin{cases} 105.3 \text{ kNm} & \text{frequente} \\ 98.3 \text{ kNm} & \text{q. permanente} \end{cases}$$

Considerando $\begin{cases} \text{frequente} & w_k < 0.3 \text{ mm} & M = 105.3 \text{ kNm} \\ \text{q. perm.} & w_k < 0.2 \text{ mm} & M = 98.3 \text{ kNm} \end{cases}$

la combinazione q. perm. è la più gravosa

Deformazione $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \sigma_{s2} - \frac{k_t \frac{f_{ct,eff}}{f_{eff}} (1 + \alpha_e f_{eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\sigma_{s2} = \cancel{\gamma} \frac{M}{I_2} (h - x - c) = 220.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$\downarrow 15 \times \text{q. permanente}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{31500} = 6.35$$

!

$$f_{ct,eff} = f_{ct,m} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 300 \cdot 100 = 30000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} h_{c,eff} &= \min \left\{ 2.5(h-d); \frac{h-x}{3}; \frac{h}{2} \right\} = \\ &= \min \left\{ 2.5 \cdot 40; \frac{500-167.7}{3}; \frac{500}{2} \right\} = \\ &= \min \{ 100, 110.8, 250 \} = 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{1096}{30000} = 3,65\%$$

$$k_t = 0,4 \quad \text{cavichi lunga durata}$$



$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{E_s} - \frac{k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha \rho_{eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_{sk}}{E_s}$$

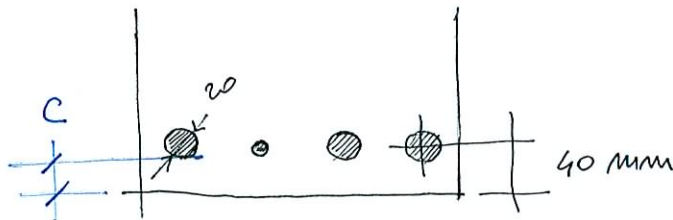
$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \underbrace{1,104\%}_{\text{Stadio 2}} - \underbrace{0,1728\%}_{\text{tension stiffening}} = 0,9312\% \geq 0,662\%$$

Distanza fessure $S_{r,max}$

$$S_{r,max} = \left[\begin{array}{c} k_3 C \\ 3,4 \end{array} + \left[\begin{array}{c} k_1 k_2 k_4 \\ 0,8 \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \phi \\ 0,5 \end{array} \right] \frac{\phi}{f_{eff}} \right]$$

$0,425$

$$\phi = \phi_{ep} = \frac{n_1 \phi_1^2 + n_2 \phi_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2} = \frac{3 \cdot 20^2 + 1 \cdot 14^2}{3 \cdot 20 + 1 \cdot 14} = 18,86 \text{ mm}$$



$$C = 40 - \frac{20}{2} = 30 \text{ mm}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \frac{18,86}{0,0365} =$$

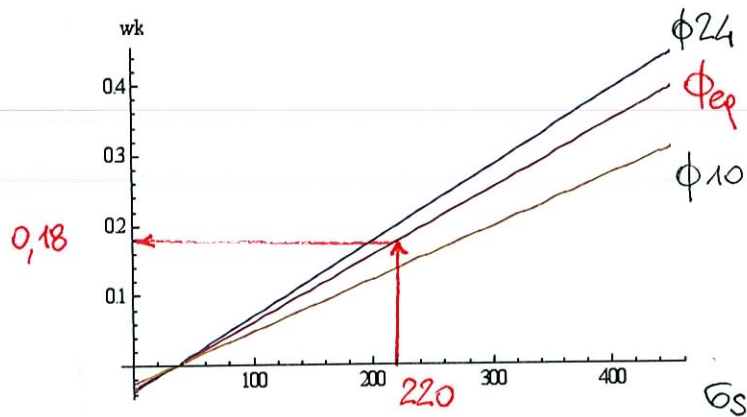
$$= \underbrace{102 \text{ mm}}_{\text{diffusione}} + \underbrace{87,84 \text{ mm}}_{\text{aderenza}} = 189,8 \text{ mm}$$

 Ampiezza fessura

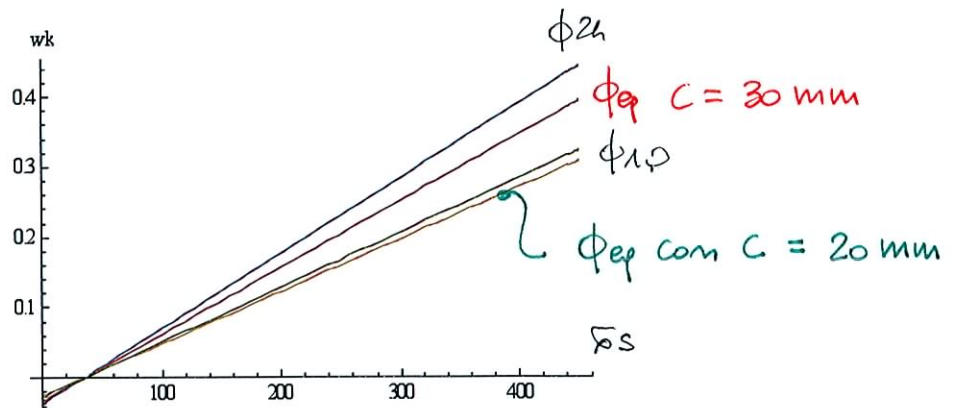
$$W_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 189,8 \cdot 0,0009312 =$$

$$= 0,18 \text{ mm} < W_{max} (0,2 \text{ mm})$$

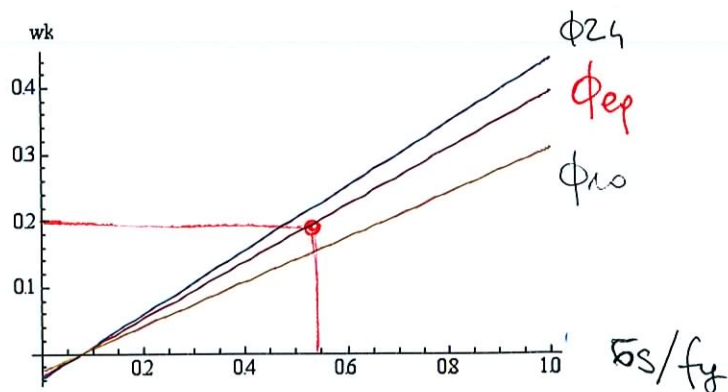
Influenza di ϕ sull'ampiezza di fessura



Influenza di c sull'ampiezza di fessura



Limitazione stato di tensione



ESERCIZIO : VERIFICA AMPIEZZA DI FESSURA SENZA CALCOLO DIRETTO

Con riferimento alle trave dell'esercizio precedente, verificare l'ampiezza di fessura senza calcolo diretto.

$$w_k = 0,2 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s2} = 220,8 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{V. esercizio precedente})$$

prospetto 7.2N

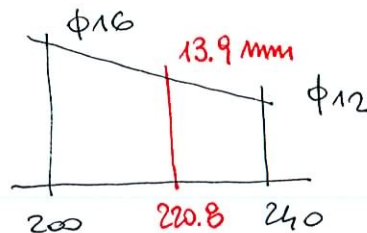
Diametri massimi delle barre ϕ^* per il controllo della fessurazione¹⁾

Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4 \text{ mm}$	$w_k = 0,3 \text{ mm}$	$w_k = 0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

1) I valori nel prospetto sono basati sulle seguenti assunzioni:
 $c = 25 \text{ mm}$; $f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$; $h_{cr} = 0,5$; $(h \cdot d) = 0,1 \text{ h}$; $k_1 = 0,8$; $k_2 = 0,5$; $k_3 = 0,4$; $k = 1,0$; $k_t = 0,4$ e $k' = 1,0$.
 2) Sotto la combinazione di carico pertinente.

220,8 →

$$\phi_s^* = 16 + \frac{16 - 12}{200 - 240} \cdot (220,8 - 200) = 13,9 \text{ mm}$$



$$\phi_s = \phi_s^* \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2,9} \cdot \frac{k_c \cdot h_{cr}}{2(h-d)} =$$

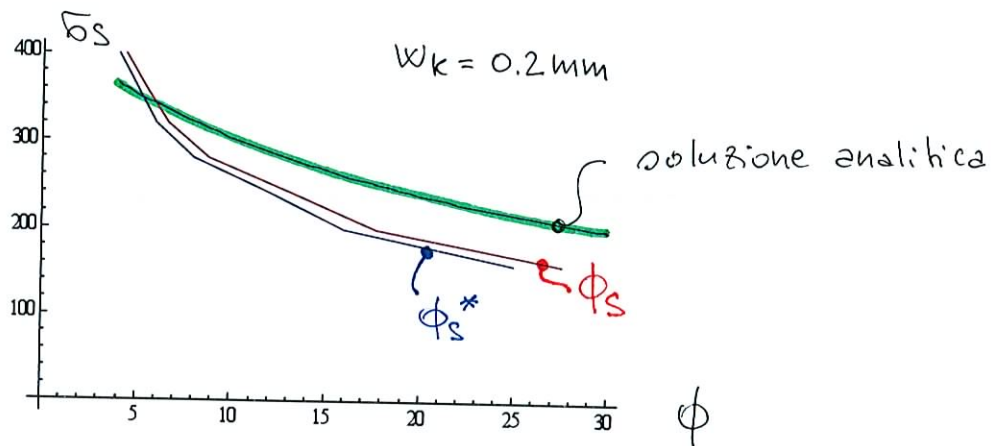
$$= 13,9 \text{ mm} \cdot \frac{2,56 \text{ N/mm}^2}{2,9} \cdot \frac{0,4 \cdot 250 \text{ mm}}{2(500 \text{ mm} - 460 \text{ mm})} = 15,33 \text{ mm}$$

$$\phi_{ep} = 18.86 \text{ mm}$$

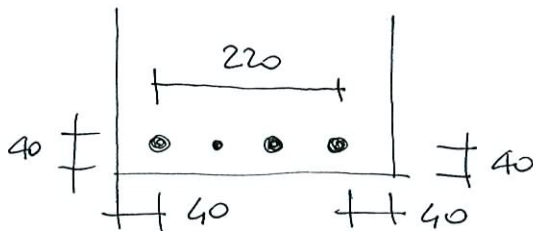
$$\phi_s = 15.33 \text{ mm}$$

le armature sono
troppo grandi e
garantiscono le verifiche

$$\phi_s < \phi_{ep} \quad \text{NO}$$



— Spaziatura delle barre (criterio alternativo) ??



$$i = 220/3 = 73 \text{ mm} < 125 \text{ mm}$$

OK
verificata

prospetto 7.3N

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione¹⁾

Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa]	Spaziatura massima delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4 \text{ mm}$	$w_k = 0,3 \text{ mm}$	$w_k = 0,2 \text{ mm}$
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

Per le note vedere prospetto 7.2N.

220.8 →

→ 125 mm

ESERCIZIO : CALCOLO ARMATURA MINIMA

Con riferimento alla sezione dell'esercizio precedente, valutare la minima armatura $A_{s,min}$

— EC2

$$A_{s,min} \cdot \sigma_s = k_c k f_{ct,eff} \cdot A_{ct}$$

$$k_c = 0,4 \text{ sezione inflessa}$$

$$k = 1 - \frac{1-0,65}{800-300} \cdot (800-500) = 0,86$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{ct} = b \gamma_{GA} \approx b \frac{h}{2} = 300 \frac{500}{2} = 75000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 298 \text{ mm}^2 \rightarrow \rho_{min} = \frac{A_{s,min}}{b d} = 2,16\%$$

— NTC

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ct,eff}}{\sigma_s} b \cdot (h-c) =$$

$$= 204 \text{ mm}^2 \geq 0,0013 b d$$

$$\rho_{min} = \frac{A_{s,min}}{b d} = \frac{204}{300 \cdot 450} = 1,48\%$$