



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1178

DATA: 22/10/2014

A P P U N T I

STUDENTE: Raviglione

MATERIA: CA-CAP temi d'esame

Prof. Taliano

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

CA / CAP

Temi esame

Prof. Toliano

- metodo della colonna modello
- ripartizione delle forze sui contraenti
- effetti reologici su ca e cap.
- collegamento di una piastrina
- taglio sul ca
- dato un impalcato dispone travi e solai e come calcolare i carichi sulle travi
- costruire diagramma momento / costanti
- costruire diagramma momento / sfondo normale
- momento esistente sul ca
- calcolo delle tensioni a seguito di un incremento dovuto alla combinazione nera
- trazione diagramma momento flettente
- come fare i calcoli quando c'è legge elasto - inelastica
- progettare una trave incastata - incastata con archi lineari con ridistribuzione e de effetti su sul taglio
- braccio in una trave semplicemente appoggiata
- differenza tra nodi fissi e spostabili
- lunghezza di ancoraggio
- trazione momento flettente
- diagramma di iterazione
- verifica sulla flessione

Es 1 - 23 luglio 2014

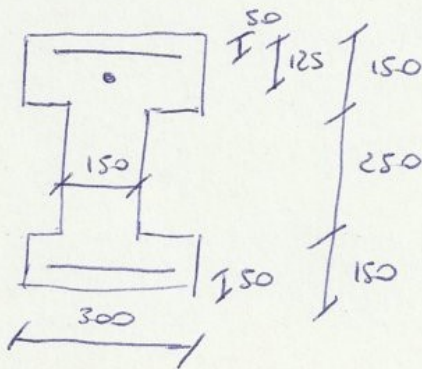
materiali

cls: $f_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{cd} = 25,5 \text{ N/mm}^2$

acciaio: $f_{tk} = 1860 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{yd} = 1456 \text{ N/mm}^2, E_{sk} = 3,5 \times 10^4$

B450C $\rightarrow f_{yd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$

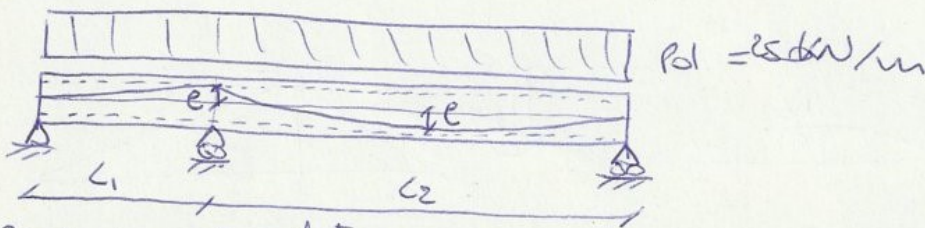
proprietà geometriche



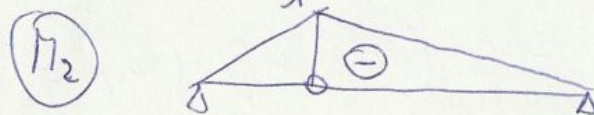
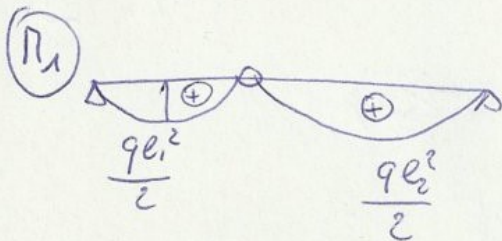
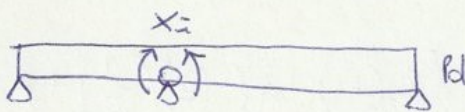
$A_s = A'_s = 4 \phi 20 = 1256 \text{ mm}^2$

$A_p = 600 \text{ mm}^2$

azioni



Risoluzione iperstatica



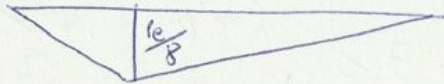
$$\int \eta_1 \eta_2 dz = \frac{l_1}{6} \left[\phi + 4 \left(\frac{9l_1^2}{8} \right) \left(-\frac{1}{2} \right) + \phi \right] + \frac{l_2}{6} \left[\phi + 4 \left(\frac{9l_2^2}{8} \right) \left(-\frac{1}{2} \right) + \phi \right]$$

$$= -\frac{l_1}{6} \frac{9l_1^2}{4} - \frac{l_2}{6} \frac{9l_2^2}{4} = -\frac{9}{4l_1} (l_1^3 + l_2^3)$$

inserisco i valori numerici delle luci:

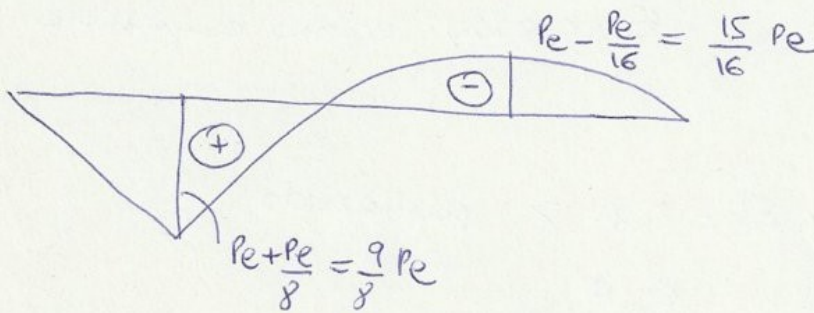
$$= -\frac{Pe}{2} \left(\frac{15-10}{5+15} \right) = -\frac{Pe}{8}$$

M_{xp}

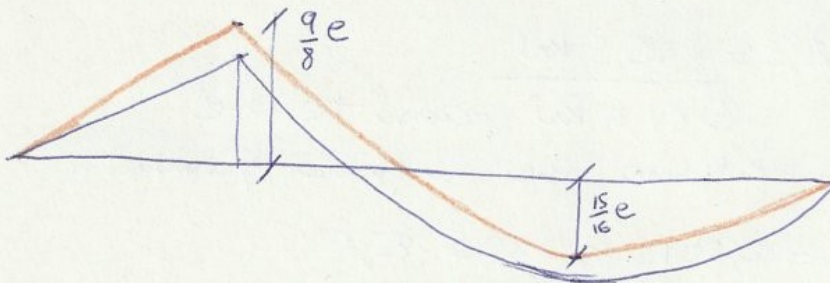


$$M_{0, prec} = \frac{Pe}{8} = \frac{(1400 \cdot 600) - 150}{8} = 15,75 \text{ kNm}$$

M_{totp}



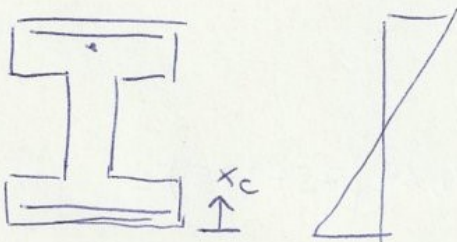
Cons delle pioni:



$$Y_{cp} = \frac{M_{tp}}{P}$$

verifica sezione B a flessione

$$M_{ed} = 546,87 - 15,75 = 531,12 \text{ kNm}$$



$$x_c = 150 \text{ mm}$$

Es 2 23 luglio 2012

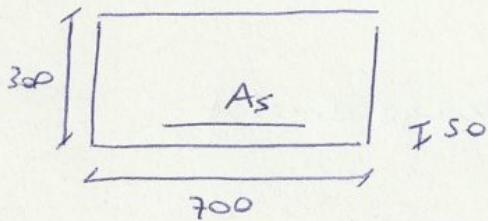
materiali

$$c_h: E_c = 30000 \text{ N/m}^2$$

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/m}^2$$

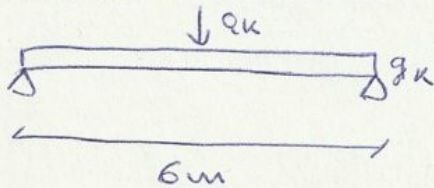
$$\alpha_E = \frac{200}{30} = 6,67$$

proprietà geometriche



$$A_s = 1884 \text{ mm}^2$$

analisi dei carichi



$$g_k = 15 \text{ kN/m}$$

$$Q_k = 100 \text{ kN}$$

$$\text{Comb. } q_p \rightarrow \psi_2 = 0,3$$

$$M_{TOT} = \frac{q l^2}{8} + \frac{\psi_2 Q l}{4} = \frac{15 \cdot 6^2}{8} + \frac{0,3 \cdot 100 \cdot 6}{4} = 112,5 \text{ kNm}$$

calcolo della fleccia

$$f_{max}(t_0) = (1 - \epsilon) f_{max,I} + \epsilon f_{max,II}$$

$$f_{generale} = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{384} q l^4 + \frac{0,3 \cdot Q l^3}{48} \right)$$

$f_{max,I}$

$$A_{om} = 700 \cdot 300 + 5,67 \cdot 1884 = 220682,28 \text{ mm}^2$$

$$S_{om} = 700 \cdot 300 \cdot 150 + 5,67 \cdot 1884 \cdot 50 = 32034114 \text{ mm}^3$$

$$Y_{om} = 145,16 \text{ mm}$$

$$h_{om} = 154,84 \text{ mm}$$

POLITECNICO DI TORINO

TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

Torino, 3 luglio 2014

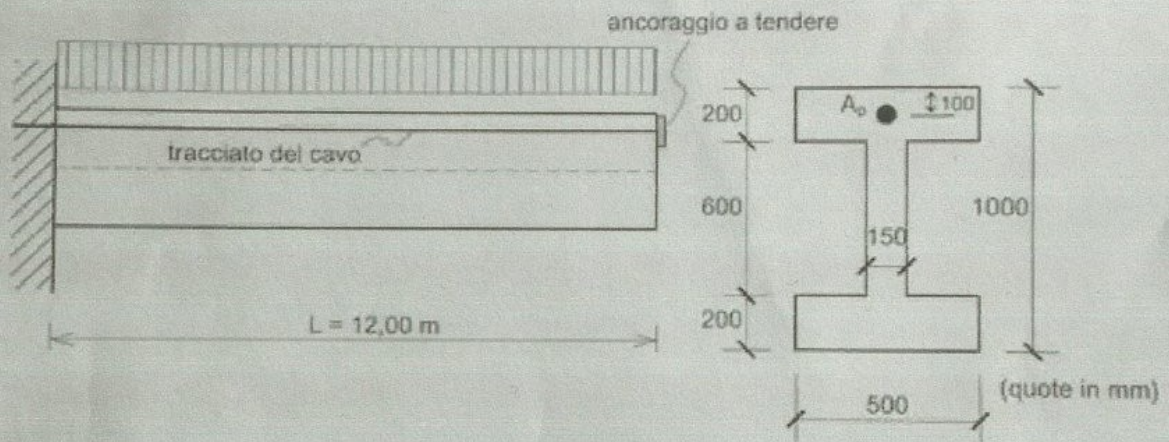
Esercizio n. 1

Data la nervatura di solaio precompresso a cavi post-tesi di figura,

- ⇒ calcolare nella sezione di incastro le tensioni all'istante t_0 , dopo l'ancoraggio del cavo di precompressione;
- ⇒ una volta effettuata l'iniezione della guaina e applicati i carichi permanenti portati (istante t_1), determinare il valore del carico variabile che produce la decompressione della medesima sezione (trascurare gli effetti dei fenomeni reologici tra t_0 e t_1).

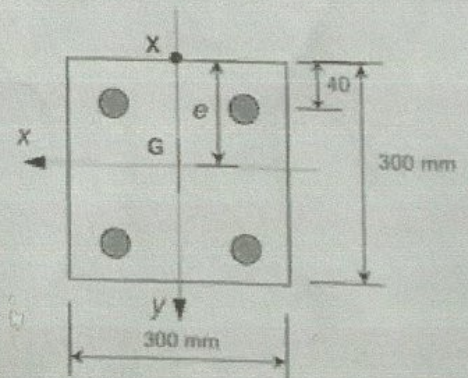
Altri dati:

- calcestruzzo $f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$ ($E_c = 35000 \text{ N/mm}^2$);
- acciaio in trefoli $f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_{sk} = 3,5\%$, area $A_p = 1000 \text{ mm}^2$ (sulla singola nervatura);
- tensione iniziale di tesatura del cavo: $\sigma_{p0} = 1300 \text{ N/mm}^2$;
- rientro degli ancoraggi $a = 5 \text{ mm}$;
- coefficiente di attrito cavo-guaina $\mu = 0,19$;
- deviazione angolare di serpeggiamento del cavo $k = 0,01 \text{ rad/m}$;
- azioni: peso proprio, carico permanente portato $g_{k1} = 5,0 \text{ kN/m}^2$, carico variabile.



Esercizio n. 2

Data la sezione trasversale di figura, armata con 4 barre di diametro 18 mm e soggetta allo forza di compressione di intensità 300 kN, diretta secondo la normale alla sezione e applicata nel punto X di eccentricità $e = 150 \text{ mm}$ rispetto al baricentro G della sezione, calcolare le tensioni di esercizio (assumere $\alpha_s = 6$).



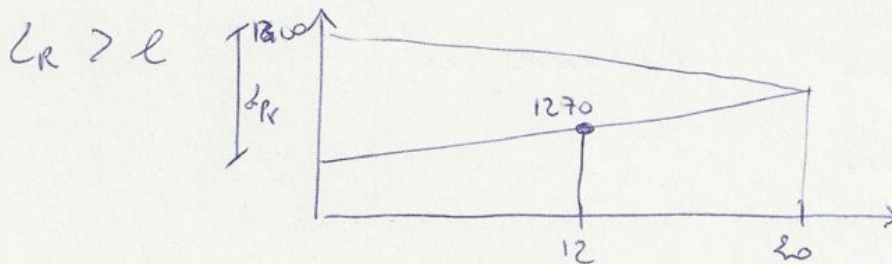
Tensioni istate to

tracciato rettilineo $\sigma = 0$

$$\sigma_p(B) = 1300 \exp(-0,19(0,01 \cdot 12)) = 1270,70 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1300 - 1270,7}{12} = 2,44$$

$$C_R = \sqrt{\frac{\delta \cdot E p}{P}} = \sqrt{\frac{0,005 \cdot 200000}{2,44}} = 20,24 \text{ m}$$

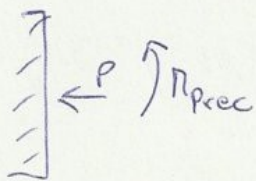


$$\Delta \sigma_{pr} = 2 p \cdot C_R = 2 \cdot 2,44 \cdot 20,24 = 98,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma(A) = 1300 - 98,77 = 1201,23 \text{ N/mm}^2$$

$$P = \sigma(A) \cdot A_p = 1201,23 \cdot 1000 = 1201,23 \text{ kN}$$

$$P \cdot e = 1201,23 \cdot 400 = 480,49 \text{ kNm}$$



$$\sigma_c(y) = \frac{N}{A_c} + \frac{M_x}{I_c} y$$

$$= \frac{-1201,23 \cdot 10^3}{289 \cdot 10^3} - \frac{480,49 \cdot 10^6}{35206 \cdot 10^6} \cdot y$$

$$= -4,157 - 0,0136 y$$

$$SLE: \quad R_d = g_{k0} + g_{k1} + \psi_{gk}$$

$L=0,3$

$$g_{k0} = 7,23 \text{ kN/m}$$

$$g_{k1} = 2,5 \text{ kN/m}$$

$$q_k = \frac{10,83 - 7,23 - 2,5}{0,3} = 3,67 \text{ kN/m}$$

mesmo-fluisc → applico la formula alle slide:

$$\frac{B}{6} x_c^3 + \frac{B}{2} \left(e - \frac{H}{2} \right) x_c^2 + \left(d \varepsilon A_s \left(d + e - \frac{H}{2} \right) + (d \varepsilon - 1) A'_s \left(d' + e - \frac{H}{2} \right) \right) x_c - \left(d \varepsilon A_s \cdot d \left(d + e - \frac{H}{2} \right) + (d \varepsilon - 1) A'_s \cdot d' \left(d' + e - \frac{H}{2} \right) \right) = 0$$

$$\frac{300}{6} x_c^3 + \frac{300}{2} x_c^2 + (6 \cdot 508 \cdot 260 + 5 \cdot 508 \cdot 40) x_c - (6 \cdot 508 \cdot 260^2 + 5 \cdot 508 \cdot 40^2) = 0$$

$$50 x_c^3 + 894080 x_c - 210108800 = 0$$

$$x_c^3 + 17881,6 x_c - 4202176 = 0$$

testativi: $x_c = 100 \text{ m} \rightarrow -1414016$

$x_c = 200 \text{ m} \rightarrow 7374144$

$x_c = 125,2 \text{ m} \rightarrow \sim \phi$

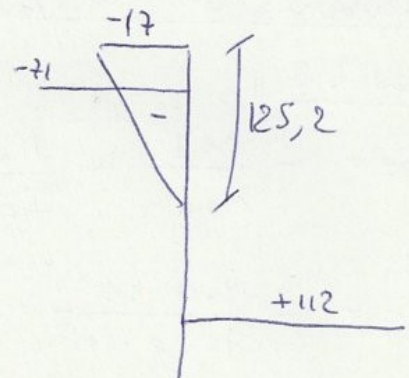
$$S_{x, \text{ono}} = \frac{300}{2} 125,2^2 + 5 \cdot 508 (125,2 - 40) - 6 \cdot 508 (260 - 125,2) = 2156793,6 \text{ mm}^3$$

$$b_{c \text{ max}} = - \frac{300}{2156793,6} \gamma = -0,1391 \gamma$$

$$b_{c \text{ max}} = -0,1391 \cdot 125,2 = -17,41 \text{ MPe}$$

$$b_s^{\text{sup}} = 6 \cdot (-0,1391) \cdot 85,6 = -71,44 \text{ MPe}$$

$$b_s^{\text{inf}} = 6 \cdot (-0,1391) \cdot (-134,8) = 112,50 \text{ MPe}$$



Es 1 - 16 luglio 2013

materiali

$$\text{cls: } f_{tK} = 45 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{ct} = 25,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{acciaio: } f_{tK} = 1860 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{yk} = 1456 \text{ N/mm}^2$$

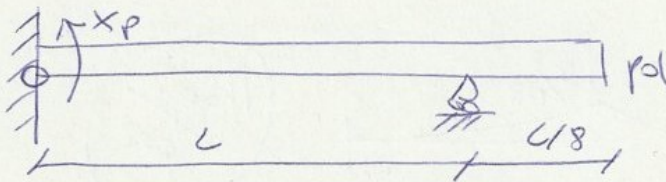
proprietà geometriche

$$A_p = 1000 \text{ mm}^2$$

azioni

$$s_{p0} = 1450 \text{ N/mm}^2$$

Cura delle pressioni - metodo delle forze



$$\int M_{op} M_{xp} dz = \frac{L}{6} \left[p_e(-1) + 4 \left(-p_e\right) \left(-\frac{1}{2}\right) + 0 \right] = + \frac{p_e L}{6}$$

$$\int M_{xp}^2 dz = \frac{L}{6} \left[(-1)(-1) + 4 \left(-\frac{1}{2}\right) \left(-\frac{1}{2}\right) + 0 \right] = \frac{L}{3}$$

$$X_p = - \frac{\frac{p_e L}{6}}{\frac{L}{3}} = - \frac{p_e}{2} \quad \text{area' suddiventa opposto}$$

Es 2 16 luglio 2013

materiali

$f_{ck} = 25 \text{ N/m}^2 \rightarrow f_{cd} = 16,2 \text{ N/m}^2$

$E_c = 28571 \text{ N/m}^2$

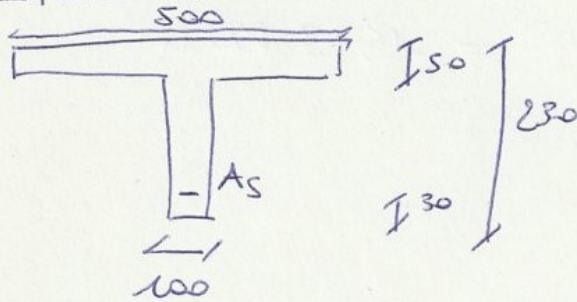
$d_E = 7$

$E_s = 200000 \text{ N/m}^2$

BASOC $\rightarrow f_{yd} = 391,3 \text{ N/m}^2$

$f_{ctm} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{25^2} = 2,56 \text{ N/m}^2$

proprietà geometriche



$A_s = 2 \phi 12 = 226 \text{ m}^2$

$A_{om} = 500 \cdot 50 + 100 \cdot 180 + (7-1) \cdot 226 = 44356 \text{ m}^2$

$S_{om} = 500 \cdot 50 \cdot 205 + 100 \cdot 180 \cdot 90 + 6 \cdot 226 \cdot 30 = 6785680 \text{ m}^3$

$Y_{om} = 152,98 \text{ m} \quad h_{an} = 77,02 \text{ m}$

$$I_{om} = \frac{500 \cdot 77,02^3}{3} - \frac{400 \cdot 27,02^3}{3} + \frac{100 \cdot 152,98^3}{3} + 6 \cdot 226 \cdot 122,98^2$$

$$= 213365243,6 \text{ m}^3$$

momento di flessione

$M_{cx} = 2,56 \cdot \frac{213,37}{152,98} = 3,57 \text{ KNm}$

momento di snervamento

$\epsilon_s = d_E \frac{M_{sx}}{I_{II}} \gamma \rightarrow \epsilon_s = f_{yd}$
 $\mu_x = M_y$

POLITECNICO DI TORINO
TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

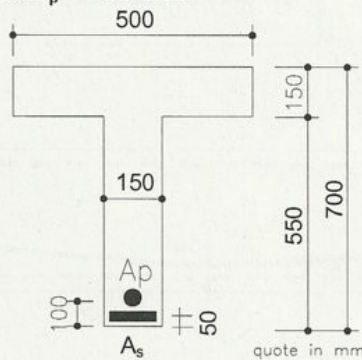
Torino, 2 luglio 2013

OK

Esercizio n. 1

Data la sezione parzialmente precompressa soggetta ad un momento positivo, calcolare il momento resistente allo S.L.U. tenendo conto dell'incrudimento dell'acciaio di precompressione in campo plastico. Dati:

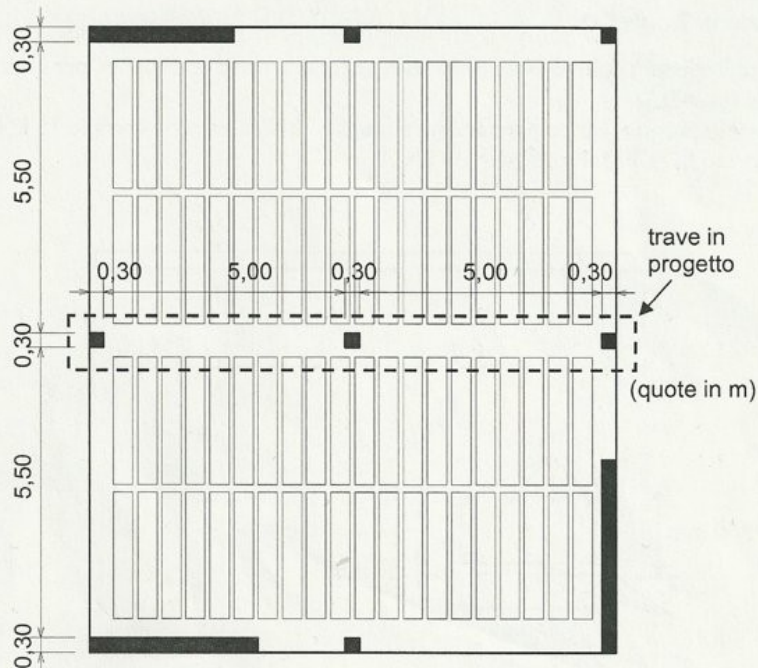
- calcestruzzo ($f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$), n.3 barre $\varnothing 12 \text{ mm}$ di acciaio **B450C**;
- acciaio in trefoli ($f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_{uk} = 3,5\%$)
- tesatura iniziale del cavo $\sigma_{pi} = 1400 \text{ N/mm}^2$
- armatura di precompressione $A_p = 800 \text{ mm}^2$



Esercizio n. 2

Progettare la trave di calcestruzzo armato, indicata in figura, di un edificio di civile abitazione situato in zona sismica 4 (considerare un solaio misto in latero-cemento di spessore 20+5 cm).

Altri dati: peso proprio solaio = $3,00 \text{ kN/m}^2$; carico permanente portato = $4,00 \text{ kN/m}^2$.



$$x_c = 147 \text{ mm}$$

$$\frac{3,5}{147} = \frac{\varepsilon_p}{453} \rightarrow \varepsilon_p = 10,78 \%$$

$$\varepsilon_{p,tot} = 17,78 \%$$

$$\sigma_p = 1517,14 \text{ MPa}$$

$$P = \oplus 1517,14 \cdot 800 = 1213,71 \text{ kW}$$

$$S = \oplus 132,65 \text{ kW}$$

$$C = 0,8095 \cdot 500 - 147 \cdot 22,67 = \ominus 1348,83 \text{ kW}$$

$$-2,47 \sim 0$$

$$\pi_{red} = A_p \uparrow 1348,83 (600 - 0,416 \cdot 147) + 132,65(50) = 733,45 \text{ kWm}$$

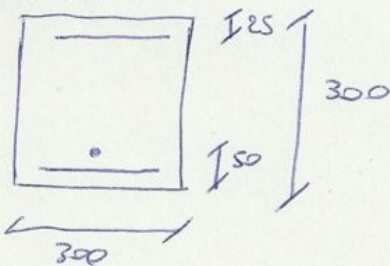
Es 1 - 19 Febbraio 2013

materiali

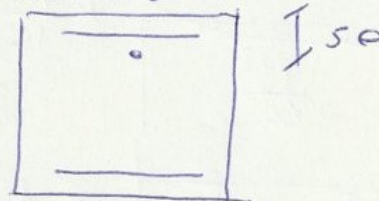
$$\begin{array}{l}
 f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{cd} = 22,67 \text{ N/mm}^2 \quad E_c = 38220 \text{ N/mm}^2 \\
 B450C \quad \rightarrow f_{yk} = 391,3 \text{ N/mm}^2 \quad E_p = E_s = 200 \text{ GPa} \\
 f_{tk} = 1860 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{yk} = 1456 \text{ N/mm}^2
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} f_{ck} \\ B450C \\ f_{tk} \end{array}} \right\} d_E = 5,68$$

proprietà geometriche

mezzina:



incastro:



Considero $A_s = 2 \phi 12 = 226 \text{ mm}^2$
 $A_p = 736 \text{ mm}^2$

Le sezioni sono simmetriche, solo capovolte 180° .

incastro:

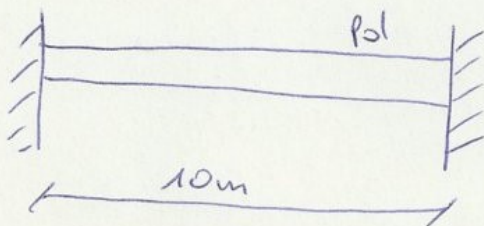
$$A_{om} = 300 \cdot 300 + 4,68 \cdot 226 \cdot 2 + 4,68 \cdot 736 = 95559,84 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 S_{om} &= 300 \cdot 300 \cdot 150 + 4,68 \cdot 226 (275 + 25) + 4,68 \cdot 736 \cdot 250 = \\
 &= 14678424 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$Y_{om} = 153,60 \text{ mm}$$

$$h_{om} = 146,40 \text{ mm}$$

azioni



$$Pd = \begin{cases} g_{k0} = \text{peso proprio} \\ g_{k1} = 3 \text{ kN/m}^2 \\ q = 14 \text{ kN/m} \end{cases}$$

$$g_{k0} = 0,3 \cdot 0,3 \cdot 25 = 2,25 \text{ kN/m}^2$$

$$P = 1350 \cdot 736 = 993,6 \text{ kW}$$

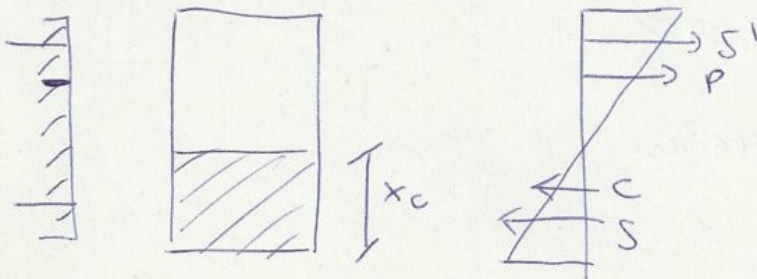
$$e = \frac{300}{2} - 50 = 100 \text{ m}$$

$$M_{xp} = \frac{993,6 \cdot 100}{3} = 33,12 \text{ kWm}$$

$$M_{Ed \text{ inc}} = 193,58 - 33,12 = 160,46 \text{ kWm}$$

$$M_{Ed \text{ nezz}} = 96,79 + 33,12 = 129,91 \text{ kWm}$$

momento resistente - incastro



$$x_c = 150 \text{ mm}$$

$$\frac{3,5}{150} = \frac{\epsilon'_s}{125} \Rightarrow \epsilon'_s = 2,92 \% \quad \text{plasticizzato}$$

$$S = S' = 391,3 \cdot 226 = 88,43 \text{ kW} \quad \rightarrow S + S' = \phi$$

$$\frac{3,5}{150} = \frac{\epsilon_p}{100} \Rightarrow \epsilon_p = 2,33 \%$$

$$\epsilon_{p0} = \frac{1350}{200} = 6,75 \%$$

9,08 % plasticizzato

$$P = 1456 \cdot 736 = \oplus 1071,62 \text{ kW}$$

$$C = 0,8095 \cdot 300 \cdot 150 \cdot 23,67 = \ominus 825,81 \text{ kW}$$

+ 245,81 kW eccesso trazione

$$x_c = 200 \text{ mm}$$

$$\frac{3,5}{200} = \frac{\epsilon'_s}{75} \rightarrow \epsilon'_s = 1,31 < 1,96$$

Es 2 19 Febbraio 2013

materiali

cls: $f_{ck} = 30 \text{ MPa} \rightarrow f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$

$$E_c = 22000 \left(\frac{30+8}{10} \right)^{0,3} = 32837 \text{ N/mm}^2$$

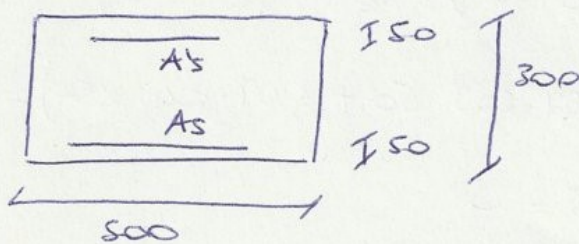
acciaio: B450 C $\rightarrow f_{yd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$d_E = 6,09$$

$$f_{ctm} = 0,3 \sqrt[3]{30^2} = 2,9 \text{ N/mm}^2$$

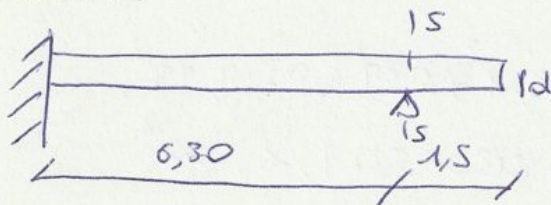
Proprietà geometriche



$$A_s^1 = 804 \text{ mm}^2$$

$$A_s^2 = 603 \text{ mm}^2$$

azioni



$$g_{k0} = 25 (500 \cdot 300) = 3,75 \text{ kN/m}$$

$$g_{k1} = 25 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 15 \text{ kN/m}$$

$$p_d = 3,75 + 25 + 0,3 \cdot 15 = 33,25 \text{ kN/m}$$



$$M_{s-s} = \frac{p_d \cdot l^2}{2} = \frac{33,25 \cdot 1,5^2}{2} = 37,41 \text{ kNm}$$

$$A_{s,eff} = 804 \text{ cm}^2$$

$$P_{eff} = 20,1 \%$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{103,17 - 0,4 \cdot \frac{29}{20,1/1000} \left(1 + 5,09 \cdot \frac{20,1}{1000}\right)}{20000} = 5,919 \cdot 10^{-4}$$

$$C = 50 - \frac{16}{2} - \text{staffe} \approx 35 \text{ cm (assunzione)}$$

$$S_{r,max} = k_3 \cdot C + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho}$$

$$= 3,4 \cdot 35 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{16}{20,1/1000} = 254,32 \text{ cm}$$

$$W_K = 254,32 \cdot 5,919 \cdot 10^{-4} = 0,176 \text{ cm} < 0,3$$

verificato!

Es 1 29 Gennaio 2013

materiali

ds: $f_{ck} = 60 \text{ MPa} \rightarrow f_{cd} = 22,67 \text{ MPa}$

$E_c = 32220 \text{ MPa} ; f_{ctm} = 3,51 \text{ MPa}$

acciaio B450C $\rightarrow f_{yk} = 391,3 \text{ MPa}$

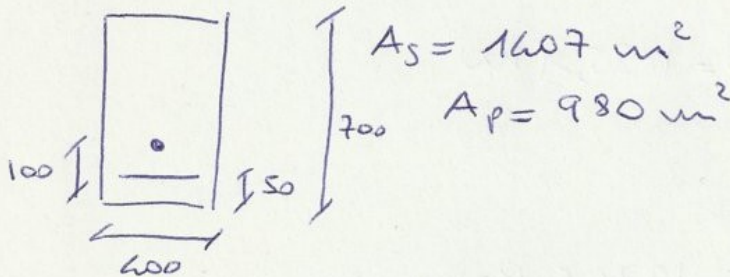
$f_{yk} = 1860 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{yd} = 1456 \text{ MPa}$

coeff viscosità $\psi = 2,0$

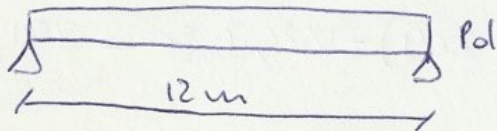
diff. ritiro $\epsilon_{cs} = -0,3 \%$

rilassamento $\Delta\sigma_{pc}/\sigma_{po} = 7 \%$

proprietà geometriche



analisi dei carichi



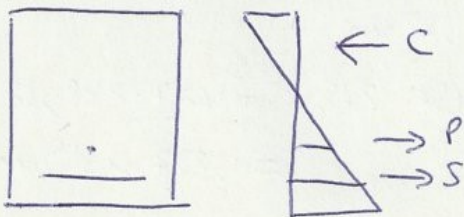
$g_k = 20 \text{ kN/m}$

$q_k = 18 \text{ kN/m}$

$P_d = 1,3 \cdot 20 + 1,5 \cdot 0,3 \cdot 18 = 34,1 \text{ kN/m}$

$M_{Ed} = \frac{P_d \cdot l^2}{8} = \frac{34,1 \cdot 12^2}{8} = 613,8 \text{ kNm}$

verifica per flessione



$x_m = 350 \text{ mm}$

$$N_p = 1400 \cdot 980 = 1372 \text{ kW}$$

$$M_p = 1372 \cdot 238,12 = 326,7 \text{ kWm}$$

$$\delta(y) = -\frac{1372}{292,4} + \frac{-326,7}{12370} y$$

$$= -4,69 - 0,0264 \cdot y$$

$$\delta_{ext} = -4,69 - 0,0264 (-361,88) = +4,86 \text{ MPe}$$

$$\delta_{int} = -4,69 - 0,0264 (338,12) = -13,62 \text{ MPe}$$

$$\delta_s = 6,21 (-4,69 - 0,0264 (288,12)) = -76,39 \text{ MPe}$$

$$\delta_{cp} = -4,69 - 0,0264 (238,12) = -10,98 \text{ MPe}$$

$$\delta_p = 1400 + 6,21 (-10,98) = 1331,81 \text{ MPe}$$

$$\Delta\delta(y) = \frac{613,8}{12370} y = 0,0496 y$$

$$\Delta\delta_{ext} = 0,0496 (-361,88) = -17,96 \text{ MPe}$$

$$\Delta\delta_{int} = 0,0496 (338,12) = 16,78 \text{ MPe}$$

$$\Delta\delta_s = 6,21 \cdot 0,0496 (288,12) = 88,78 \text{ MPe}$$

$$\Delta\delta_{cp} = 0,0496 (238,12) = 11,81 \text{ MPe}$$

$$\delta_p = 6,21 \cdot 0,0496 (238,12) = 73,37 \text{ MPe}$$

lungo termine:

$$A_c = 400 \cdot 700 - 980 - 1407 = 277613 \text{ mm}^2$$

$$S_c = 400 \cdot 700 \cdot 350 - 980 \cdot 100 - 1407 \cdot 50 = 97831650 \text{ mm}^3$$

$$y_c = 352,40 \text{ mm} \quad h_c = 347,6 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{400}{3} (352,40^3 + 347,6^3) - 980 \cdot 252,40^2 - 1407 \cdot 302,4^2 = 1,1243 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$\delta_{cp} = 0,83 \text{ MPe}$$

$$\delta_p = 1405,18 \text{ MPe}$$

Es 2 29 Gennaio 2013

materiali

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa} \rightarrow f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$$

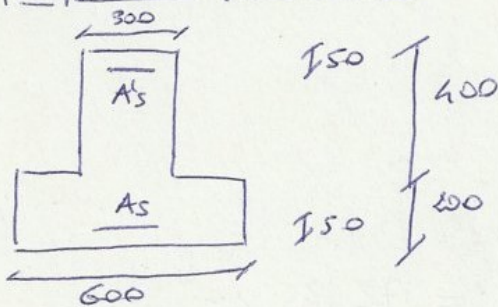
$$E_c = 32837 \text{ N/mm}^2$$

$$B450C \rightarrow f_{yd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$$

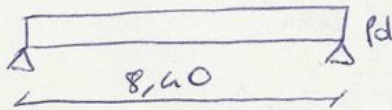
$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha_E = 6,09$$

proprietà geometriche



azioni



$$g_k = 22 \text{ kN/m}$$

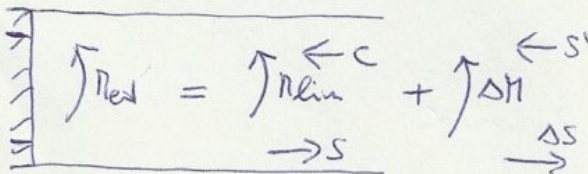
$$q_k = 18 \text{ kN/m}$$

$$P_d = 1,3 \cdot 22 + 1,5 \cdot 18 = 55,6 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{P_d l^2}{8} = \frac{55,6 \cdot 8,40^2}{8} = 490,39 \text{ kNm}$$

instabilità longitudinale

$$\mu = \frac{490,39 \cdot 10^6}{300 \cdot 550^2 \cdot 17} = 0,318 > 0,296 \text{ (lim)}$$

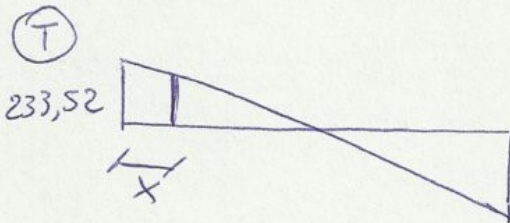


$$M_{ed} = G \epsilon_c + S' (d - d')$$

$$= 985,7 (550 - 0,416 \cdot 241,6) + 120,5 (550 - 50) = 503,32 \text{ kWm}$$

verificato

struttura trasversale



$$x = 0,20 + 0,55 = 0,75 \text{ m}$$

$$V_{ed,x} = 212,16 \text{ kW}$$

$$V_{red} = 0,345 \cdot V \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d$$

$$\text{coeff} = \frac{V_{ed}}{V \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{212,16 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 17 \cdot 300 \cdot 550} = 0,15150,345$$

calcoliamo solo staffe $\rightarrow \text{ctg} \theta = 2,5$

$$\frac{A_{sw}}{S_w} = \frac{V_{ed}}{f_{yd} \cdot z \cdot \text{ctg} \theta} = \frac{212,16 \cdot 10^3}{391,3 \cdot (0,9 \cdot 550) \cdot 2,5} = 0,438 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} = 438 \text{ mm}^2/\text{m}$$

condizioni minime:

$$S_w \leq 0,75 d = 412,5 \text{ mm}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ctk}}}{f_{yk}} = 0,97\%$$

$$\frac{A_{sw}}{S_w} \geq 1,5 \frac{b_w}{S_w} = 450 \text{ mm}$$

\rightarrow uso quest'ultima condizione $\frac{A_{sw}}{S_w} = 450 \text{ mm}^2/\text{m}$

staffe $2\phi 8 \rightarrow 100 \text{ mm}^2$

$$S_w = \frac{100}{450} = 0,22 \rightarrow 20 \text{ cm}$$

ovvero $2\phi 8 / 20 \text{ cm}$

Torino, 18 settembre 2012

TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

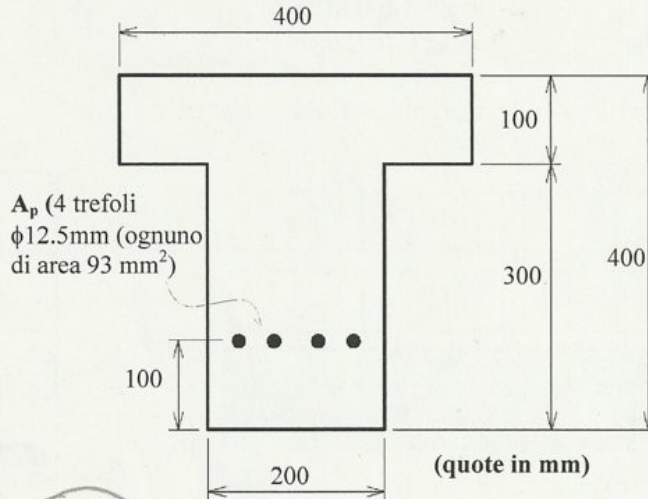
Esercizio n. 1

OK

Data la sezione di figura di una trave prefabbricata a cavi pre-tesi, soggetta ad un momento pari a 100 kNm dovuto alla combinazione quasi-permanente delle azioni, calcolare le tensioni a fenomeni reologici esauriti.

Assumere:

- tensione di tesatura: $\sigma_{p0} = 1350 \text{ MPa}$
- coefficiente di viscosità: $\varphi(t_0; t_\infty) = 2.0$
- deformazione di ritiro: $\epsilon_{cs}(t_0; t_\infty) = -0.3\text{‰}$
- rilassamento: $\Delta\sigma_{pr}/\sigma_{p0} = 6.0\%$
- coefficiente di omogeneizzazione: $\alpha_e = 6$



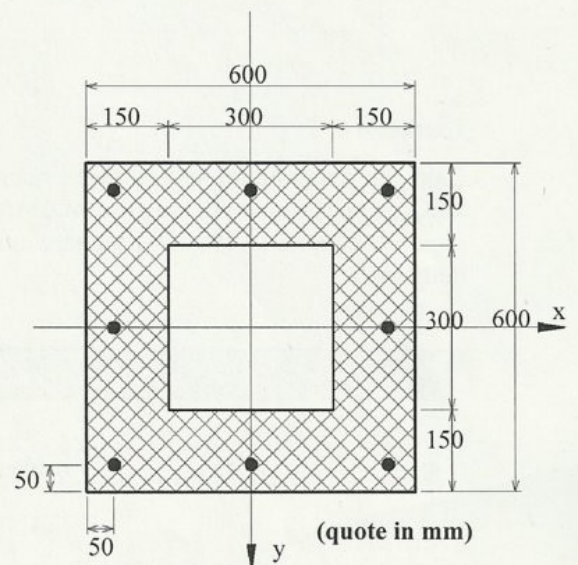
Esercizio n. 2

OK

Data la sezione di figura di una colonna cava di calcestruzzo armato, soggetta ad uno sforzo normale di compressione $N_{Ed} = -2800 \text{ kN}$, calcolare il momento flettente resistente $M_{Rd,x}$.

Altri dati:

- calcestruzzo: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- acciaio: B450C
- armatura longitudinale: 8 barre $\varnothing 20 \text{ mm}$.



$$G(y) = \frac{-502,2}{101,86} + \frac{-64,10}{1474} y + \frac{100}{1474} y$$

$$= -4,93 + 0,0244 \cdot y$$

$$G_{estria} = -4,93 + 0,0244 (-172,37) = -9,14 \text{ NRe}$$

$$G_{intre} = -4,93 + 0,0244 (227,63) = 0,62 \text{ NRe}$$

$$G_{cp} = -4,93 + 0,0244 (127,63) = -1,82 \text{ NRe}$$

$$G_p = 1350 + 6 (-1,82) = 1339,11 \text{ NRe}$$

$$A_c = 400 \cdot 100 + 200 \cdot 300 - 372 = 99628 \text{ m}^2$$

$$S_c = 400 \cdot 100 \cdot 350 + 200 \cdot 300 \cdot 150 - 372 \cdot 100 = 22962800 \text{ m}^3$$

$$y_c = 230,49 \text{ m} \quad h_c = 169,51 \text{ m}$$

$$I_c = \frac{400}{3} 169,51^3 - \frac{200}{3} 69,81^3 + \frac{200}{3} 230,49^3 - 372 \cdot 130,49^2$$

$$= 1437023061 \text{ m}^4$$

$$\Delta G_{cst+tr} = \frac{-\frac{0,8}{1000} 200000 - 1,82 \cdot 6 \cdot 2 - 0,8 \cdot 1350 \cdot 0,06}{146 \cdot \frac{372}{99628} \left(1 + \frac{99628 \cdot 130,49^2}{1437023061}\right) (1 + 0,8 \cdot 2)} = -130,4 \text{ NRe}$$

$$G_p(t_0) = 1339,11 - 130,4 = 1209 \text{ NRe}$$

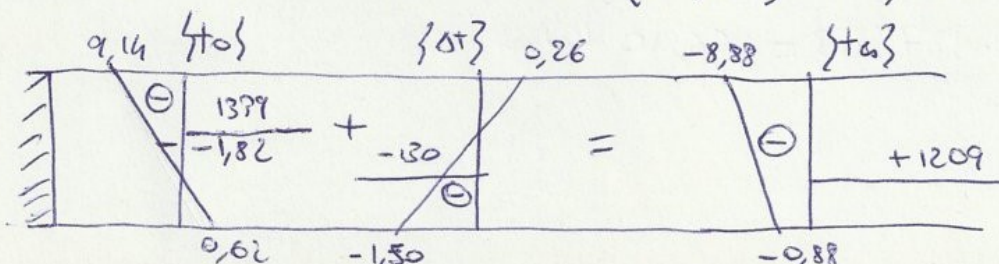
$$\Delta P = -130,4 \cdot 372 = -48,40 \text{ kW}$$

$$\Delta G(y) = \frac{-48,40}{99,628} + \frac{-48,40 \cdot 130,49}{1437023} y$$

$$= -0,4858 - 4,395 \cdot 10^{-3} y$$

$$\Delta G_{estria} = -0,4858 - 4,395 \cdot 10^{-3} (-169,51) = 0,26 \text{ NRe}$$

$$\Delta G_{intre} = -0,4858 - 4,395 \cdot 10^{-3} (230,49) = -1,50 \text{ NRe}$$



$$C_1 = 0,8095 \cdot 600 \cdot 450 \cdot 17 = \ominus 3715,61 \text{ kW}$$

$$\frac{3,5}{450} = \frac{\epsilon_c}{300} \rightarrow \epsilon_c = 2,33 \%$$

	β_1
2,30	0,7101
2,33	<u>0,7137</u>
2,40	0,7222

$$C_2 = 0,7137 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 17 = \oplus 1091,96 \text{ kW}$$

$$N = -2991,75 > 2800 \text{ eccetto compensare}$$

$$X_u = 432 \text{ mm}$$

$$\frac{3,5}{432} = \frac{\epsilon_{s/2}}{150} \rightarrow \epsilon_{s/2} = 1,22 \%$$

$$S_{u/2} = 1,22 \cdot 200 \cdot 628 = \ominus 153,23 \text{ kW}$$

$$S^1 = \ominus 368,6 \text{ kW}$$

$$\frac{3,5}{432} = \frac{\epsilon_s}{118} \rightarrow \epsilon_s = 0,98 \%$$

$$S = 0,98 \cdot 200 \cdot 942 = \oplus 180,86 \text{ kW}$$

$$C_1 = 0,8095 \cdot 600 \cdot 432 \cdot 17 = 3566,98 \text{ kW}$$

$$\frac{3,5}{432} = \frac{\epsilon_c}{300} \rightarrow \epsilon_c = 2,43 \%$$

	β_1	β_2
2,40	0,7222	0,3878
2,43	0,7255	0,3887
2,50	0,7333	0,3909

$$C_2 = 0,7233 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 17 = 1110,08 \text{ kW}$$

$$N = \cancel{4208,74} - 2797,93 \text{ kW} \sim 2800 \text{ kW}$$

Torino, 26 giugno 2012

TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

Esercizio n. 1

GA

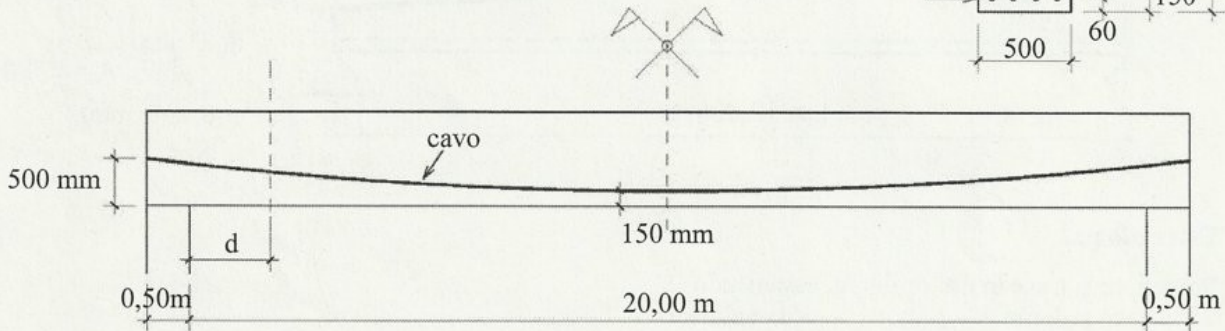
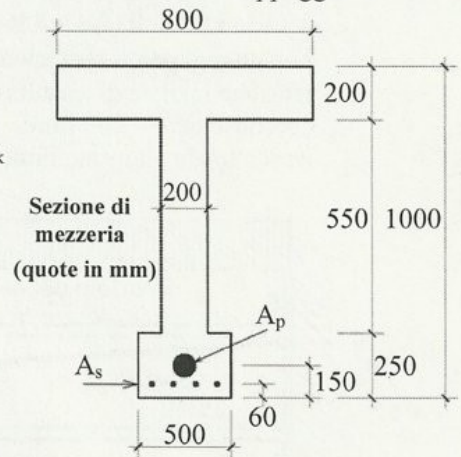
Si consideri la trave parzialmente precompressa di figura, di sezione costante, con tracciato parabolico del cavo formato da 12 trefoli, ciascuno di diametro 15,7 mm e area 150 mm².

Calcolare l'armatura ordinaria longitudinale da disporre in mezzeria per la verifica allo s.l.u. per flessione e mantenerla costante su tutta la lunghezza della trave.

Calcolare l'armatura d'anima nella sezione posta a distanza d dal filo interno dell'appoggio e disegnare la disposizione dell'armatura nella stessa sezione.

Altri dati:

- calcestruzzo: $f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
- acciaio da c.a.p.: $f_{pk} = 1860 \text{ N/mm}^2$
tensione di tesatura = $0,75 \cdot f_{pk}$
- perdite totali di precompressione 15%
- diametro della guaina: $\varnothing_{\text{guaina}} = 80 \text{ mm}$
- peso proprio: da valutare
- carico permanente portato: $g_k = 12 \text{ kN/m}$
- carico variabile: $q_k = 16 \text{ kN/m}$



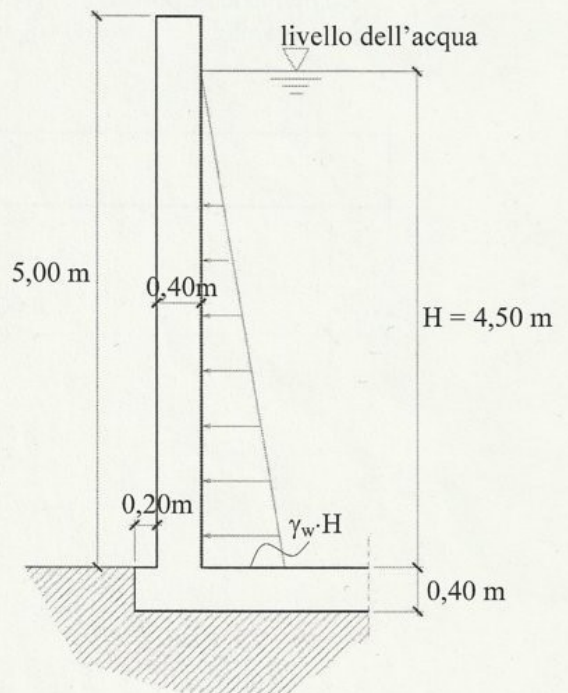
Esercizio n. 2

GA

Si consideri la parete in c.a. di una vasca contenente acqua con sezione trasversale rappresentata in figura.

Calcolare l'armatura prevedendo un'armatura compressa pari al 50% di quella tesa. Calcestruzzo di classe C25/30. Calcolare il momento di fessurazione e verificare, in caso di fessurazione, che l'apertura della fessura sia non maggiore di 0,1 mm.

Disegnare la disposizione delle armature nel muro in c.a. e nel nodo con la platea di base.



$$C = 9,8095 \cdot 800 \cdot 200 \cdot 22,67 = 2936,22 \text{ kW}$$

$$G_{p0} = 9,75 \cdot 1860 = 1395 \text{ N/m}^2$$

$$G_{pi} = 1395 (1 - 0,15) = 1185,75 \text{ N/m}^2$$

$$\epsilon_{p0} = \frac{1185,75}{200} = 5,93\%$$

$$\frac{3,5}{200} = \frac{\epsilon_p}{650} \rightarrow \epsilon_p = 11,38\%$$

$$\epsilon_{p_{TOT}} = 17,31\% > 7,28\%$$

$$P = 1456 \cdot 1800 = 2620,8 \text{ kW}$$

$$S = C - P = 2936,22 - 2620,8 = 315,42 \text{ kW}$$

$$\Pi_{net} : A_p \uparrow 2936,22 (850 - 0,416 \cdot 200) + 315,42 \cdot 90 = 2279,88 < \Pi_{ed}$$

$$x_c = 300 \text{ m}$$

$$C_1 = 9,8095 \cdot 800 \cdot 300 \cdot 22,67 = 4404,33 \text{ kW}$$

$$C_2 = 0,4708 \cdot 600 \cdot 100 \cdot 22,67 = 640,38 \text{ kW}$$

$\frac{3,5}{300} = \frac{\epsilon_c}{100} \Rightarrow 1,17 \rightarrow$	β_1	β_2
	0,4492	1,10
	<u>0,4708</u>	1,17
	0,4800	1,20
		<u>0,3520</u>
		0,3535
		<u>0,3542</u>

$$P = 2620,8 \text{ kW}$$

$$S = 1143,15 \text{ kW}$$

$$\Pi_{net} : A_p \uparrow 4404,33 (850 - 0,416 \cdot 300) - 640,38 \cdot (650 - 0,3535 \cdot 100) + 1143,15 \cdot 90 = 2903,29 > 2872,15 \text{ kW m}$$

$$A_{s_{net}} = \frac{1143,15}{391,3} = 2921,42 \text{ m}^2$$

$$\text{Scelgo } 8 \phi 22 \rightarrow A_{s_{prov}} = 3060 \text{ m}^2$$

$$\underline{P} = 1185,75 \cdot 1800 = 2134,35 \text{ kW}$$

$$A_c = 800 \cdot 200 + 200 \cdot 550 + 500 \cdot 250 - 1800 - 1608 = 391592 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{cp} = \frac{2134,35}{391592} = 5,45 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 22,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} = \frac{5,45}{22,67} = 0,24 \sim 0,25 \quad \alpha_{cw} = 1,25$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$V_{rd, \max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot \nu \cdot f_{cd} \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$\text{Suppongo } \cot \theta = 2,5$$

convenire z in mm:

$$b_w \rightarrow b_{w, \text{min}} : \frac{200}{8} = 25 \text{ mm}$$

$$\phi_g > \frac{b_w}{8} = b_{w, \text{min}} = b_w - 0,5 \cdot \phi = 200 - 0,5 \cdot 80 = 160 \text{ mm}$$

$$V_{rd, \max} = 1,25 \cdot 160 \cdot 0,9 \cdot 960 \cdot 0,5 \cdot 22,67 \frac{2,5}{1 + 2,5^2} = 661,36 \text{ kW}$$

$$V_{rd} > V_{ed}$$

$$\frac{A_{sw}}{s_w} = \frac{V_{ed}}{z \cot \theta f_{ywd}} = \frac{508,89}{0,9 \cdot 960 \cdot 2,5 \cdot 391,3} = 9,61490 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

normative:

$$- s_w \leq 0,75d = 0,75 \cdot 960 = 705 \text{ mm}$$

$$- \rho_{\text{min}} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,08 \frac{\sqrt{40}}{450} = 1,12 \%$$

$$- \frac{A_{sw}}{s_w} \geq 1,5 \cdot \frac{b_w}{\text{mm}} = 1,5 \cdot 200 = 300 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

Es 2 - 26 giugno 2012

materiali

cls : C25/30 $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$

acciaio : B450C $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{pd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$

$f_{ctm} = 0,30 \sqrt[3]{25^2} = 2,56 \text{ N/mm}^2$

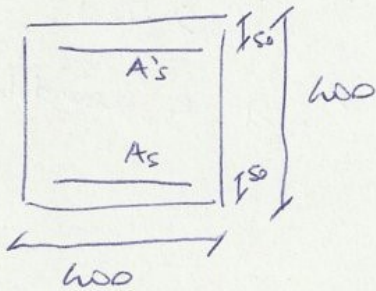
acqua : $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

$E_c = 22000 \left(\frac{25+8}{10} \right)^{1,3} = 31676 \text{ N/mm}^2$

$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$

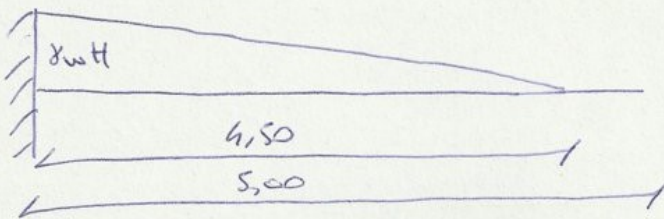
$\alpha_e = 6,35$

proprietà geometriche



$A_s = 50 \geq A'_s$

azioni



$P_{H20} = (10 \cdot 4,50) \cdot 0,40 = 18 \text{ kN/m}$

$P_p = 25 (0,4 \cdot 0,4) = 4 \text{ kN/m}$

$P_d = 1,3 \cdot 4 + 1,5 \cdot 18 = 32,2 \text{ kN/m}$

$M_{max} = M_{ed} = \frac{q l^2}{6} = \frac{32,2 \cdot 4,5^2}{6} = 108,68 \text{ kNm}$

$$S' = 924 \cdot 391,3 = \textcircled{+} 361,56 \text{ kN} \\ + 32,37 \text{ eccesso trazione}$$

$$x_c = 64 \text{ mm}$$

$$C = 0,8095 \cdot 400 \cdot 64 \cdot 14,17 = \textcircled{-} 293,65 \text{ kN}$$

$$\frac{3,5}{64} = \frac{\varepsilon_s}{14} \rightarrow \varepsilon_s = 9,77 \rightarrow S = 0,77 \cdot 200 \cdot 462 = \textcircled{+} 71,15 \text{ kN}$$

$$S = \textcircled{+} 361,56 \text{ kN} \\ \underline{\hspace{1.5cm}} \\ - 3,24 \sim 0$$

$$M_{red} : S' \downarrow 293,65 (350 - 9416 \cdot 64) + 71,15 \cdot 300 = 116,30 \text{ kNm} > M_{red} \\ \underline{\hspace{1.5cm}} \text{ verificato}$$

momento di inerzia

$$A_{om} = 400 \cdot 400 + 5,35 (924 + 462) = 167415,10 \text{ mm}^2$$

$$S_{om} = 400 \cdot 400 \cdot 200 + 5,35 (924 \cdot 350 + 462 \cdot 50) = 33853775 \text{ mm}^3$$

$$y_{om} = 202,21 \text{ mm} \quad h_{om} = 197,79 \text{ mm}$$

$$I_{om} = \frac{400}{3} (202,21^3 + 197,79^3) + 5,35 (924 \cdot 147,79^2 + 462 \cdot 152,21^2) \\ = 2299352018 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = I_{ctn} \frac{I_{om}}{y_{inf}} = 3,56 \frac{2299352018}{197,79} = 29,76 \text{ kNm}$$

Sì, la sezione si fessura.

Apertura della fessura

$$S_{om,II} = 0$$

$$200 x_{c,II}^2 + x_{c,II} (6,35 \cdot 924 + 5,35 \cdot 462) - [6,35 \cdot 924 \cdot 300 + 5,35 \cdot 462 \cdot 50] = 0$$

$$200 x_{c,II}^2 + 8389,1 x_{c,II} - 1883805 = 0$$

Torino, 21 febbraio 2012

TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

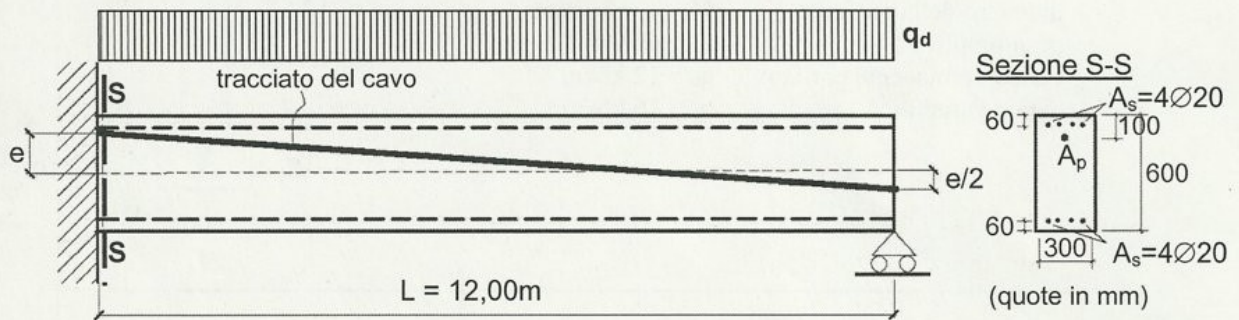
Esercizio n. 1 OK

Data la trave iperstatica precompressa di figura,

- ⇒ effettuare il calcolo elastico delle sollecitazioni allo stato limite ultimo;
- ⇒ verificare la sezione S-S allo stato limite ultimo per flessione.

Altri dati:

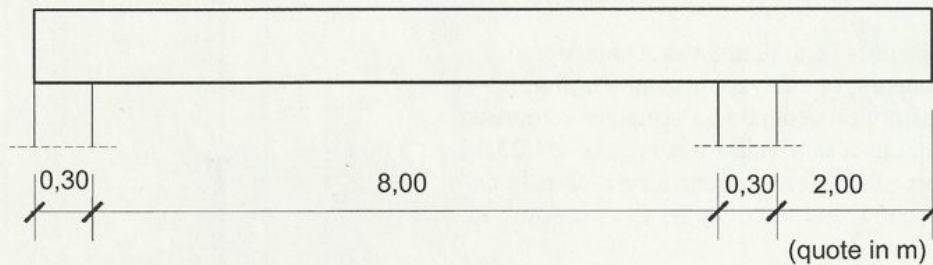
- calcestruzzo ($f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$), acciaio ordinario (B450C), acciaio in trefoli ($f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_{uk} = 3,5\%$);
- armatura di precompressione $A_p = 600 \text{ mm}^2$ (4 trefoli $\varnothing = 15\text{mm}$);
- tensione iniziale di tesatura del cavo: $\sigma_{p0} = 1300 \text{ N/mm}^2$;
- eccentricità: $e = 200 \text{ mm}$;
- carico totale allo stato limite ultimo: $q_d = 25 \text{ kN/m}$.



Esercizio n. 2 OK

Progettare la trave in c.a. di figura, assumendo

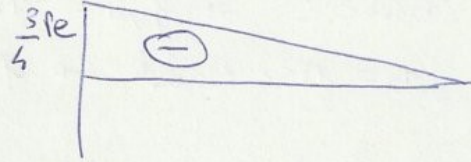
- peso proprio: (da valutare)
- carico permanente portato: $g_{k1} = 16 \text{ kN/m}$;
- carico variabile: $q_k = 10 \text{ kN/m}$.



$$\int M_0 M_{op} dz = \frac{L}{6} \left[P_e(-1) + 4 \frac{P_e}{4} \left(-\frac{1}{2}\right) + \phi \right] = -\frac{P_e L}{4}$$

$$\int M_0^2 dz = \frac{L}{3} \cdot 1 \cdot 1 = \frac{L}{3}$$

$$x_p = -\frac{-\frac{P_e L}{4}}{\frac{L}{3}} = \frac{3}{4} P_e$$



Combinazione S.U. : $\gamma_p = 1$

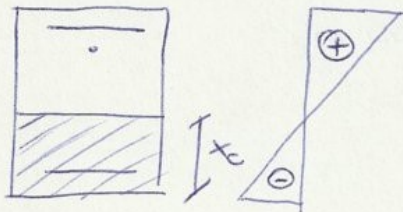
Somma momento dei carichi al punto iperstatico

$$\text{Sezione S-S} : M_{ed} = \frac{q l^2}{8} + \frac{3}{4} P_e$$

$$P = \gamma_{po} \cdot A_p = 1300 \cdot 600 = 780 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = \frac{25 \cdot 12^2}{8} + \frac{3}{4} 780 \cdot (0,2) = 557 \text{ kNm}$$

momento resistente



$$x_c = 300 \text{ mm}$$

$$\frac{3,5}{300} = \frac{\epsilon'_s}{260} \rightarrow \epsilon'_s = 2,8 \text{ ‰} \text{ plasticizzato}$$

$$S = S' = 391,3 \cdot 1256 = 491,47 \text{ kN} \rightarrow S + S' = \phi$$

$$\epsilon_{pt} = \epsilon_o + \epsilon_p$$

$$L_0 \frac{1300}{200000} = 6,5 \text{ ‰}$$

$$\frac{3,5}{300} = \frac{\epsilon_p}{200} \rightarrow \epsilon_p = 2,33 \text{ ‰} \quad \epsilon_{pt} = 8,83 \text{ ‰} > 7,28 \text{ ‰}$$

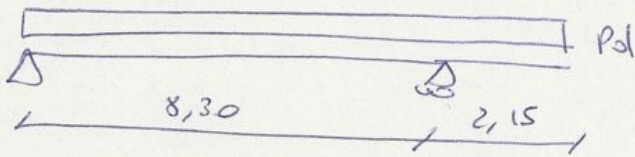
Es 2 - 21 Febbraio 2012

materiali

$$f_{ck} = 25/30 \rightarrow f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 391,3 \text{ N/mm}^2$$

azioni



$P_p = \text{valutare}$

$$q_{k1} = 16 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 10 \text{ kN/m}$$

predimensionamento

→ capata finale di trave continua:

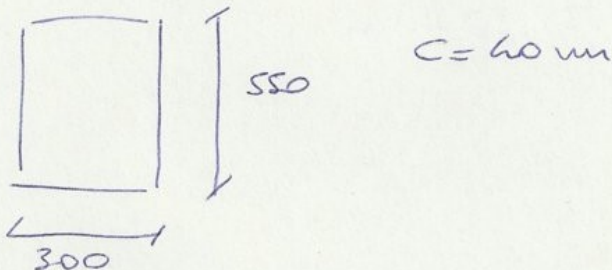
$$\frac{L}{d} \leq 18 \rightarrow L = 8,30 \text{ m} ; d \geq \frac{8,30}{18} = 0,461 \text{ m}$$

→ capata mensola

$$\frac{L}{d} \leq 7 \rightarrow L = 2,15 \text{ m} ; d \geq \frac{2,15}{7} = 0,307 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} d_{prov} = 45 \text{ cm} \\ C = 35 - 40 \text{ cm} \end{array} \right\} \begin{array}{l} H = 55 \text{ cm} \\ B = 30 \text{ cm} \end{array}$$

proprietà geometriche



$$P_p = 25 (0,3 \cdot 0,55) = 4,13 \text{ kN/m}$$

$$P_d = 1,3 \cdot 4,13 + 1,5 \cdot 16 + 1,5 \cdot 10 = 44,37 \text{ kN/m}$$

$$A_{s,lim} = 0,364 \cdot b \cdot d \cdot \frac{1 \text{cd}}{f_{yd}}$$

$$= 0,364 \cdot 300 \cdot 510 \cdot \frac{14,17}{391,3} = 2016,75 \text{ mm}^2$$

$$4 \varnothing 26 \rightarrow A_{s,max} = 2124 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow A_{s,sup} = 2 \varnothing 14 = 308 \text{ mm}^2$$

considero l'acciaio teso e cemento plasticizzato

$$C + S' + S = 0$$

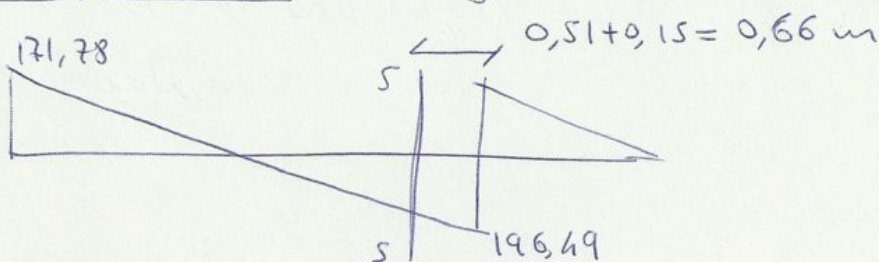
$$0,8095 \cdot 14,17 \cdot 300 \cdot x_u + 391,3 \cdot 308 - 391,3 \cdot 2124 = 0$$

$$x_u = \frac{391,3 (2124 - 308)}{0,8095 \cdot 14,17 \cdot 300} = 206,50 \text{ mm}$$

$$\frac{3,5}{206,5} = \frac{\epsilon_s'}{156,5} \rightarrow \epsilon_s' = 2,65 > 1,96 \%$$

$$M_{red} = A_{s,d} \left[0,8095 \cdot 14,17 \cdot 300 \cdot 206,50 (550 - 0,216 \cdot 206,50) + 391,3 \cdot 308 \cdot 470 \right] = 386,43 \text{ kNm} > M_{ed}$$

Verifica SCU - Taglio



$$(171,78 + 196,49) : 2 = 8,30 = V_{ed} : (8,30 - 0,66)$$

$$V_{ed} = 338,99 - 171,78 = 167,21 \text{ kN}$$

$$\text{coeff. taglio} = \frac{196,49 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 14,17 \cdot 300 \cdot 0,9 \cdot 510} = 0,201 < 0,345$$

Torino, 7 febbraio 2012

TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

Esercizio n. 1

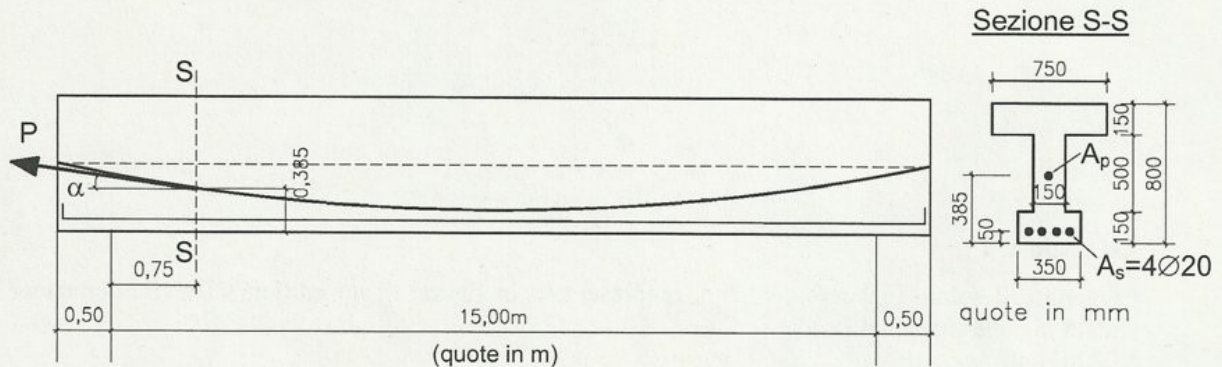
OK

Data la trave precompressa semplicemente appoggiata:

- calcolare l'armatura trasversale nella sezione S-S;
- verificare la resistenza allo S.L.U. per taglio della sezione S-S;
- disegnare le armature trasversali nella sezione.

Assumere $\alpha = 6.8^\circ$. Altri dati:

- calcestruzzo (C40/50), acciaio in trefoli ($f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_{uk} = 3,5\%$)
- armatura di precompressione $A_p = 1800 \text{ mm}^2$ (12 trefoli $\varnothing = 15\text{mm}$), $\varnothing_{guaina} = 60\text{mm}$,
- tensione nel cavo per la verifica allo S.L.U.: $\sigma_{pi} = 1350 \text{ N/mm}^2$;
- azioni: peso proprio della trave, peso della struttura portata (24kN/m), peso delle finiture (12kN/m), carico variabile (25kN/m).

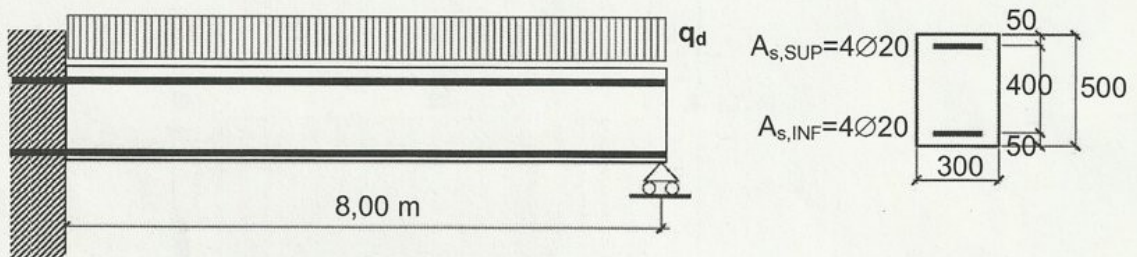


Esercizio n. 2

OK

Calcolare il massimo valore di calcolo, q_d , del carico uniformemente distribuito che può portare la trave in c.a. per flessione. Indicare il metodo di calcolo scelto.

Materiali: calcestruzzo $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$; acciaio B450C.



Armatura trasversale

$$A_c = 750 \cdot 150 + 500 \cdot 150 + 380 \cdot 150 - \frac{\pi 60^2}{2} - 1256 = 233089,13 \text{ cm}^2$$

$$f_{cp} = \frac{f}{A_c} = \frac{2430}{233,089} = 10,4 \text{ N/cm}^2$$

$$\frac{f_{cp}}{f_{cd}} = \frac{10,4}{22,67} = 0,459 \rightarrow \text{grafico } \alpha_{cw} = 1,25$$

$$\frac{b_w}{s} = \frac{150}{8} = 18,75 \quad \phi > \frac{b_w}{s}$$

$$b_{w, \text{non}} = 150 - 0,5 \cdot 60 = 120 \text{ mm}$$

considero $d = 0$

$$\cotg \theta = 2,5 \quad (\text{rotura lato acciaio})$$

$$\begin{aligned} V_{el, \text{max}} &= \alpha_{cw} \cdot b_{w, \text{non}} \cdot z \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cotg \theta}{1 + \cotg^2 \theta} \\ &= 1,25 \cdot 120 \cdot (0,9 \cdot 750) \cdot 0,5 \cdot 22,67 \cdot \frac{2,5}{1 + 2,5^2} = 395,75 \text{ kN} \\ &> V_{ed} \end{aligned}$$


$$\frac{A_{sw}}{S_w} = \frac{382,56}{0,9 \cdot 750 \cdot 2,5 \cdot 391,3} = 0,579 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} = 579 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Verifica:

$$S_w \leq 975 \cdot 750 = 582,5 \text{ mm}$$

$$P_{r, \text{min}} = 0,08 \frac{\sqrt{40}}{450} = 1,12 \%$$

$$\frac{A_{sw}}{S_w} \geq 1,5 \frac{b_w}{s} = 1,5 \cdot 150 = 225 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Considero armatura doppia d'ordine  $2\phi 8 = 100 \text{ mm}^2$

$$\frac{A_{sw}}{S_w} \geq 579 \rightarrow S_w \leq \frac{100}{579} \leq 0,173 \text{ m}$$

Scelgo $2\phi 8$ passo 15 cm

Es 2 07 Febbraio 2012

materiali

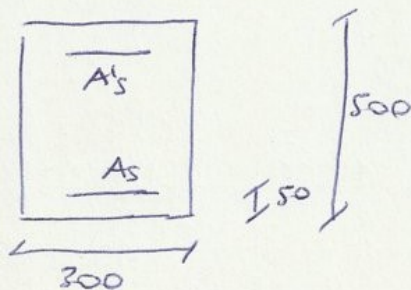
cls: $f_{ck} = 30 \text{ N/m}^2 \rightarrow f_{cd} = 17 \text{ N/m}^2$

$E_c = 22000 \left(\frac{30+8}{10} \right)^{0.3} = 32837 \text{ N/m}^2$

acciaio: B450 C $\rightarrow f_{yd} = 391,3 \text{ N/m}^2$

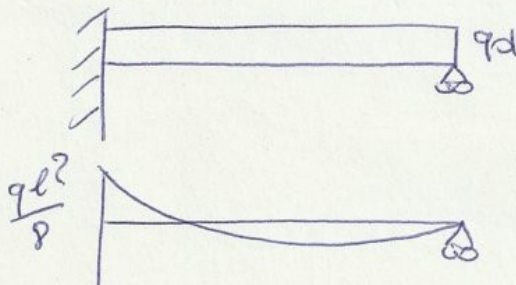
$E_s = 200000 \text{ N/m}^2$

proprietà geometriche



$A'_s = A_s = 1256 \text{ mm}^2$

analisi strutturale



$P_d = 1,3 \cdot g_{ko} + 1,5 q_d$

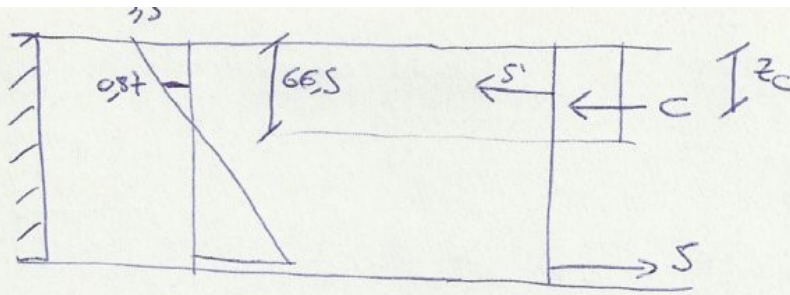
$g_{ko} = 25 (300 \cdot 500) = 3,75 \text{ kN/m}$ (peso proprio)

momento resistente massimo

$x_m = 250 \text{ m}$

$S = S' = 391,3 \cdot 1256 = 491,5 \text{ kN}$

$C \neq 0$ eccesso compressione



carico massimo

$$M_{rd} = \frac{p_d e^2}{8} \rightarrow p_d = \frac{8 \cdot 203,21}{8^2} = 25,40 \text{ kW/m}$$

$$q_d = \frac{25,40 - 1,3 \cdot 3,75}{1,5} = 13,68 \text{ kW/m}$$

Es 1 - 19 Settembre 2011

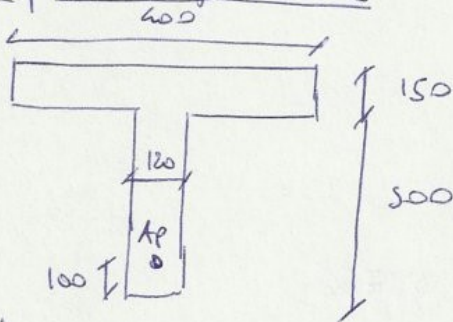
materiali

$f_{ck} = 45 \text{ N/m}^2 \rightarrow f_{cd} = 25,5 \text{ N/m}^2$

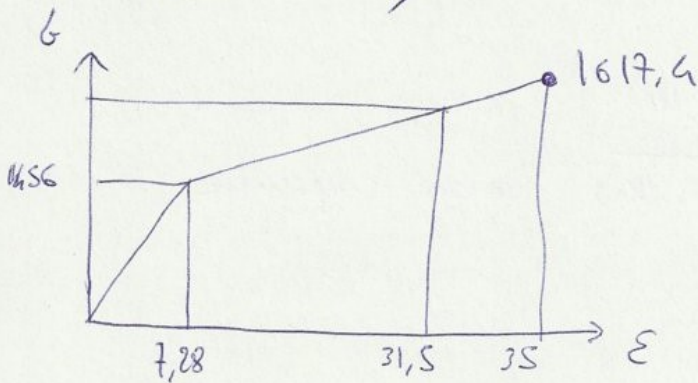
$f_{ptk} = 1860 \text{ N/m}^2 \rightarrow f_{pzd} = 1456 \text{ N/m}^2$

$\epsilon_{uk} = 3,5 \text{ ‰} \quad \epsilon_{uk} = 7,28 \text{ ‰}$

proprietà geometriche



$A_p = 1000 \text{ mm}^2$
 $G_p = 1400 \text{ N/m}^2$



$G_p(3,5 \text{ ‰}) = \frac{1860}{1,15} = 1617,4 \text{ N/m}^2$

$\epsilon_{p0} = \frac{1400}{E_s} = 7 \text{ ‰}$

$\epsilon_p = \epsilon_{p0} + \Delta\epsilon_p$

Configurazione SCU

$x_u = 150 \text{ mm}$

$\frac{3,5}{150} = \frac{\Delta\epsilon_p}{400} \rightarrow \Delta\epsilon_p = 9,33 \text{ ‰}$

$\epsilon_p = 9,33 + 7 = 16,33 \text{ ‰}$

Da grafico:

$G_p = 1456 + \frac{(1617,4 - 1456)}{(35 - 7,28)} (16,33 - 7,28) = 1508,69 \text{ N/m}^2$

POLITECNICO DI TORINO
TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

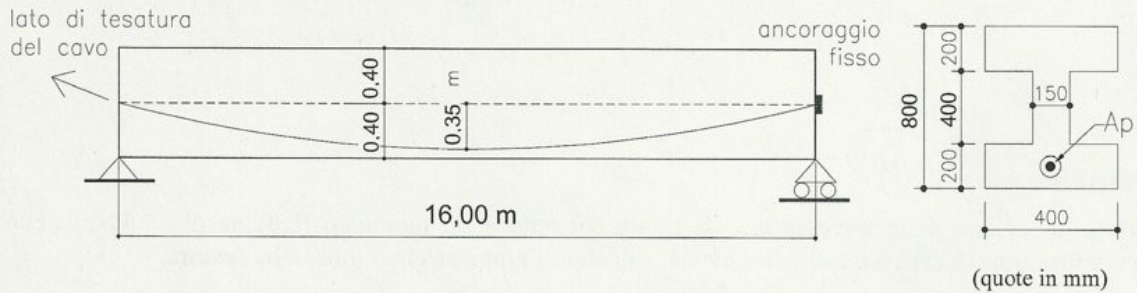
Torino, 19 luglio 2011

Esercizio n. 1 OK!

Determinare le tensioni iniziali nella sezione di mezzeria della trave precompressa a cavi post-tesi, a perdite scontate, e il valore del carico uniformemente distribuito che produce la fessurazione della stessa sezione.

Dati:

- materiali: calcestruzzo ($R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$), acciaio in trefoli ($f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$);
- tesatura iniziale del cavo $\sigma_{pi} = 1400 \text{ N/mm}^2$;
- armatura di precompressione $A_p = 785 \text{ mm}^2$; area della guaina $A_{guaina} = 1600 \text{ mm}^2$;
- rientro degli ancoraggi $a = 5 \text{ mm}$;
- coefficiente di attrito cavo-guaina $f = 0,19$;
- deviazione angolare di serpeggiamento del cavo $\beta = 0,01 \text{ rad/m}$;



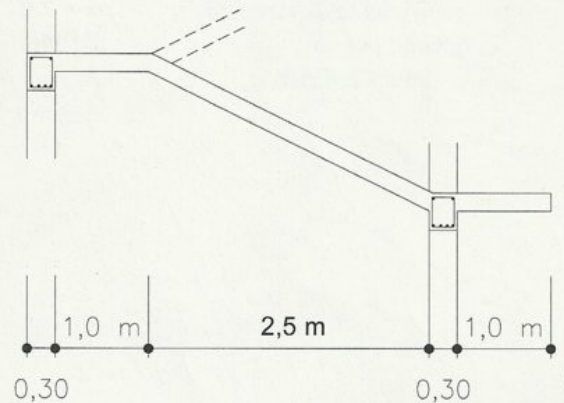
Esercizio n. 2

Progettare la rampa di scala e disegnare la disposizione delle armature.

Azioni: peso proprio,
 ulteriori carichi permanenti ($1,5 \text{ kN/m}^2$),
 carichi variabili ($4,0 \text{ kN/m}^2$).

Materiali:

calcestruzzo $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
 acciaio **B450C**.



Stato tensionale (σ)

perdite per attrito

$$\delta_{AB} = \frac{8 \cdot e}{L} = \frac{8 \cdot 0,35}{16} = 0,175 \text{ rad}$$

$$\sigma_p(B) = 1400 \cdot \exp(-0,19(0,175 + 0,01 \cdot 16)) = 1313,67 \text{ NPe}$$

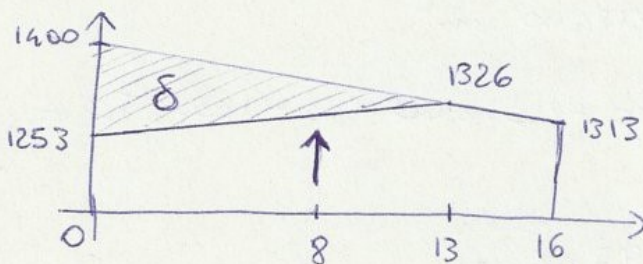
$$P = \frac{\sigma_A - \sigma_B}{L} = \frac{1400 - 1313,67}{16} = 5,40$$

$$L_R = \sqrt{\frac{E_P \cdot \delta}{P}} = \sqrt{\frac{200 \cdot 5}{5,40}} = 13,61 \text{ m}$$

$$\sigma_p(L_R) = 1400 - 5,40 \cdot 13,61 = 1326,51 \text{ N/m}^2$$

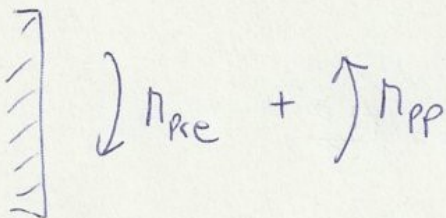
$$\sigma_p(A) = 1326,51 - 5,40 \cdot 13,61 = 1253,01 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_p\left(\frac{L}{2}\right) = 1253,01 + 5,40 \cdot 8 = 1296,21 \text{ N/m}^2$$



$$P = 1296,21 \cdot 785 = 1017,52 \text{ kW}$$

$$P \cdot e = 1017,52 \cdot 352,56 = 358,74 \text{ kWm}$$



$$\delta_c = \frac{N}{A_c} + \frac{P_e}{I_c} y + \frac{P_{pp}}{I_c} y$$

$$= \frac{N}{A_c} + \left(\frac{-P_e + P_{pp}}{I_c} \right) y$$

POLITECNICO DI TORINO
TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

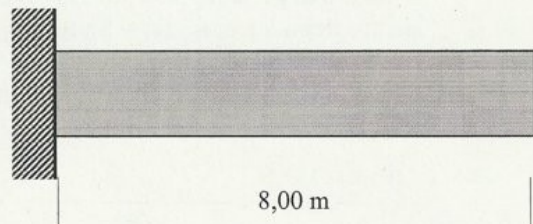
Torino, 28 giugno 2011

Esercizio n. 1

Dimensionare la trave in c.a.p. di figura, a cavi post-tesi, determinare l'area dell'armatura di precompressione e disegnare il tracciato del cavo (assumere $g_{k0}=5$ kN/m come carico di peso proprio). Calcolare inoltre le tensioni agenti nella sezione di incastro all'atto della tesatura del cavo di precompressione.

Altri dati:

- calcestruzzo: $f_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$
- acciaio in trefoli: $f_{pk} = 1860 \text{ N/mm}^2$
- carico permanente portato: $g_{k1} = 12 \text{ kN/m}$
- carico variabile: $q_k = 10 \text{ kN/m}$

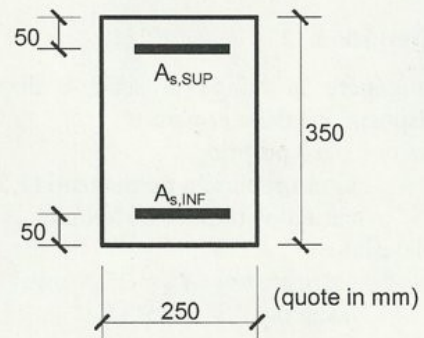


Esercizio n. 2 OK

Data la sezione della trave in c.a. di figura soggetta a un momento flettente di 50 kNm nella combinazione di carico quasi-permanente, calcolare l'ampiezza massima della fessura.

Altri dati:

- calcestruzzo: C25/30
- coefficiente di viscosità: $\phi = 2.0$
- acciaio per c.a.: B450C
- armatura ordinaria: $A_{s,INF} = 4\text{Ø}16$
 $A_{s,SUP} = 2\text{Ø}14$



$$M_{cr} = 2,56 \cdot \frac{1195367631}{164,59} = 18,61 \text{ kNm} < M_{qp}$$

$$S_{om,II} = 0$$

$$125 x_c^2 + (19,06 \cdot 804 + 18,06 \cdot 308) x_c - (19,06 \cdot 804 \cdot 300 + 18,06 \cdot 308 \cdot 50) = 0$$

$$125 x_c^2 + 20886,72 x_c - 4875396 = 0$$

$$x_{c,II} = 130,89 \text{ mm}$$

$$I_{om,II} = \frac{250 \cdot 130,89^3}{3} + 19,06 \cdot 804 (300 - 130,89)^2 + 18,06 \cdot 308 (130,89 - 50)^2 = 661511319,8 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{s,inf} = 19,06 - \frac{50 \cdot 10^6}{661,5 \cdot 10^6} (300 - 130,89) = 243,83 \text{ Mb}$$

apertura fessure

$$h_{eff} = \min \left(\begin{array}{l} 2,5 \cdot 50 = 125 \text{ mm} \\ \frac{1}{3} (350 - 130,89) = \boxed{73,04 \text{ mm}} \\ \frac{1}{2} \cdot 350 = 175 \text{ mm} \end{array} \right)$$

$$A_{c,eff} = 250 \cdot 73,04 = 18260 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,eff} = 804 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{eff} = 44 \text{ ‰}$$

$$w_k = S_{r,max} (E_{su} - E_{cm})$$

$$S_{r,max} = k_3 \cdot C + k_1 \cdot k_2 \cdot k_h \cdot \frac{\phi}{\rho}$$

$$C = 50 - 8 = 42 \sim 40 \text{ mm}$$

$$k_3 = 3,4 ; k_1 = 0,8 ; k_2 = 0,5 ; k_h = 0,425$$

POLITECNICO DI TORINO

TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

Torino, 13 settembre 2013

Esercizio n. 1

Su travi prefabbricate precomprese a cavi pre-tesi, di sezione costante riportata in figura, viene realizzata una soletta in c.a. di spessore 200 mm, resa collaborante con la trave. Il peso proprio della soletta induce sulla singola trave un carico pari a 20 kN/m, il carico permanente portato è di 10 kN/m, il carico variabile è di 20 kN/m. Le travi sono armate inferiormente con 4+4 trefoli disposti su due file (area del singolo trefolo 140 mm²). Considerare una larghezza efficace della zona compressa della trave $b_{eff} = 1500$ mm.

Calcolare le tensioni nella sezione di mezzzeria:

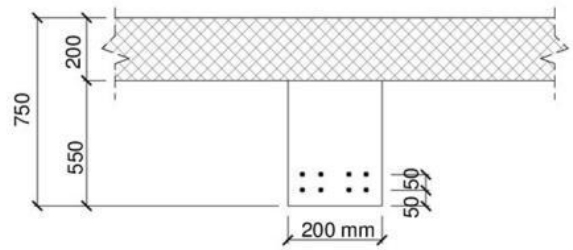
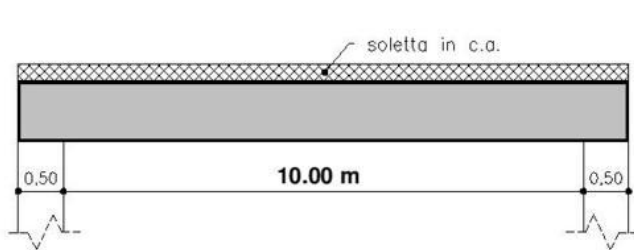
- al momento della realizzazione della soletta ($t = 0$);
- nella combinazione di carico quasi permanente, a lungo termine ($\psi_2 = 0,3$).

Materiali:

calcestruzzo: $f_{ck, trave\ c.a.p.} = 45\ N/mm^2$; $E_{c, trave\ c.a.p.} = 36\ 000\ N/mm^2$
 $f_{ck, soletta} = 25\ N/mm^2$; $E_{c, soletta} = 31\ 000\ N/mm^2$

acciaio da c.a.p.: $f_{ptk} = 1860\ N/mm^2$; $\sigma_{po} = 0.85 \cdot f_{p(0.1)k}$

proprietà reologiche: $\phi(\infty, t_0) = 2.0$; $\epsilon_{c,s}(\infty, t_0) = -0.20\ mm/m$; $\sigma_{pr}(\infty, t_0) / \sigma_{pi} = 7.5\%$



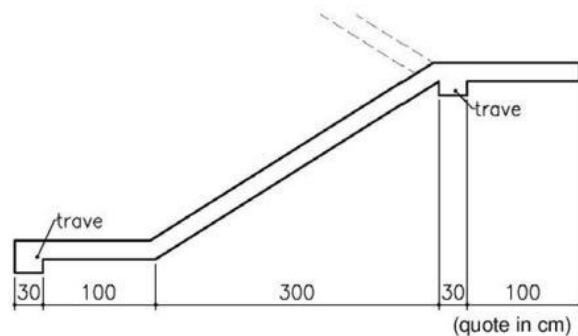
Esercizio n. 2

Progettare la rampa di scala e disegnare la disposizione delle armature.

Azioni: peso proprio, ulteriori carichi permanenti (1,5 kN/m²), carichi variabili (4,0 kN/m²).

Materiali:

calcestruzzo $f_{ck} = 25\ N/mm^2$
 acciaio **B450C.**



POLITECNICO DI TORINO
TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

Torino, 10 febbraio 2011

Esercizio n. 1

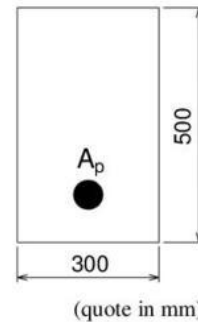
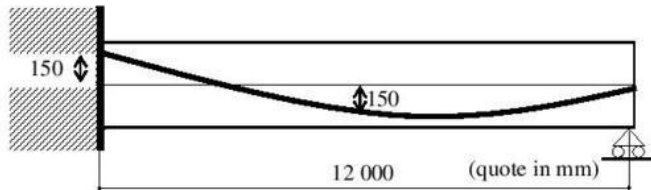
Data la trave precompressa a cavi pre-tesi, calcolare le tensioni nella sezione di incastro, all'istante iniziale t_0 dopo il rilascio dei cavi e l'applicazione dei carichi quasi-permanenti ($\psi_2=0,3$).

Materiali:

- calcestruzzo: $R_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$; $E_c = 35000 \text{ N/mm}^2$
- acciaio in trefoli: $f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$
 $A_p = 400 \text{ mm}^2$; $\sigma_{p0} = 1400 \text{ N/mm}^2$

Azioni:

- peso proprio: **da valutare**
- peso della struttura portata: $g_{k1} = 5,0 \text{ kN/m}$
- carico variabile: $q_k = 5,0 \text{ kN/m}$



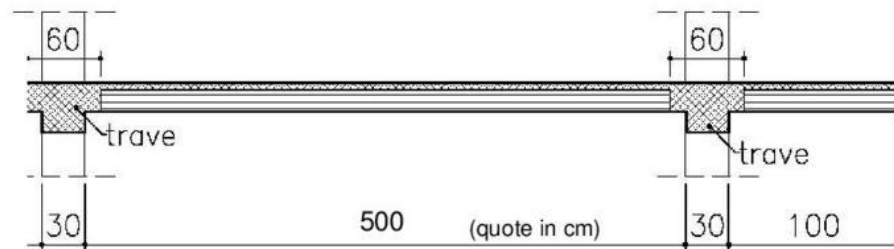
Esercizio n. 2

Progettare il solaio indicato in figura, destinato alla civile abitazione.

Disegnare la sezione trasversale e lo schema esecutivo delle armature (applicare i carichi di norma).

Dati:

- calcestruzzo: **C25/30**; acciaio: **B450C**
- classe di esposizione: **XC2**
- peso proprio da valutare
- carico permanente portato = 3.0 kN/m^2
- carico variabile = 2.0 kN/m^2



Torino, 20 luglio 2010

TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

Esercizio n. 1

Data la sezione precompressa a cavi post-tesi, a doppio T, determinare le dimensioni dell'ala inferiore e la posizione del cavo, al fine di ottenere il massimo rendimento della sezione, evitando tensioni di trazione nella sezione all'atto della messa in tensione (allo stesso istante considerare la presenza di un momento dovuto a peso proprio e altri carichi permanenti pari a 500 kNm).

Calcolare inoltre le tensioni all'istante iniziale indotte da un momento quasi-permanente pari al 50% del momento resistente di stato limite ultimo.

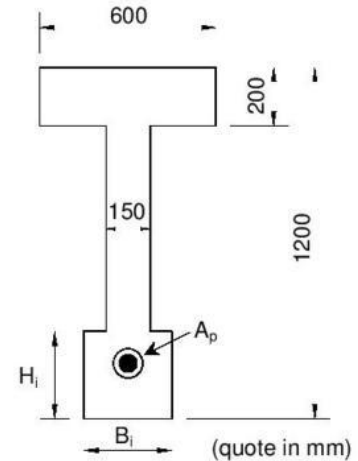
Materiali:

- calcestruzzo: **C40/50**
- acciaio da precompressione: $f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$

Altri dati:

$$A_p = 2000 \text{ mm}^2; A_{guaina} = 4000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{pi} = 1350 \text{ N/mm}^2$$



Esercizio n. 2

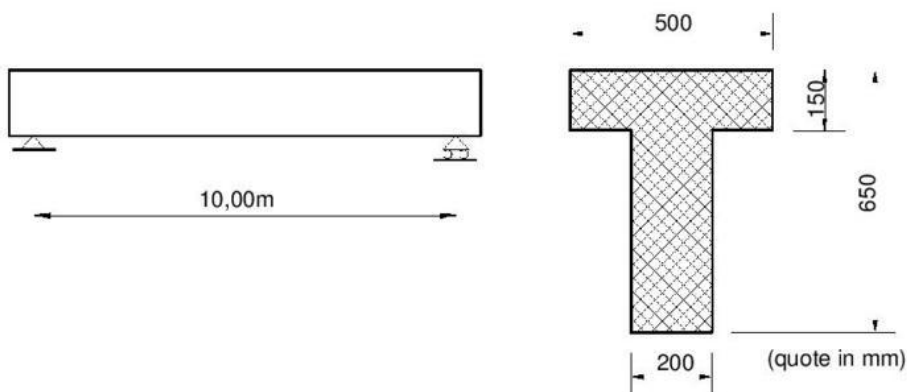
Data la trave indicata in figura di un edificio residenziale, soggetta ad un carico permanente di 16,0 kN/m (compreso il peso proprio), un carico variabile di 8,0 kN/m, calcolare l'armatura longitudinale ed effettuare la verifica a fessurazione nella sezione di mezzeria. Disegnare la disposizione delle armature (con quotature).

Materiali:

- calcestruzzo: **C30/37**
- acciaio: **B450C**

Altri dati:

- classe di esposizione ambientale: **XC3**



Torino, 16 febbraio 2010

TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

Esercizio n. 1

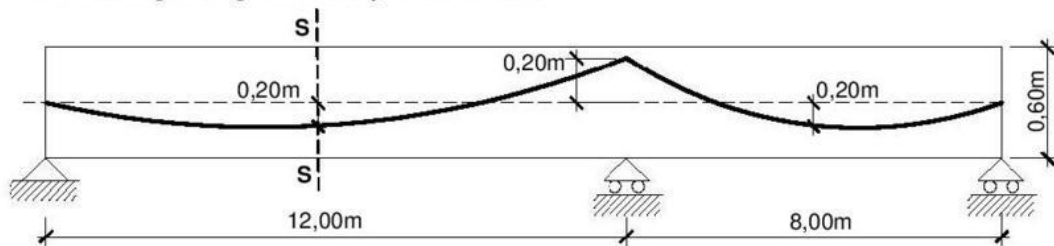
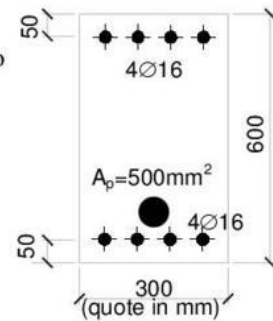
Data la trave parzialmente precompressa con tracciato schematico del cavo e sezione costante indicati in figura, determinare il massimo momento flettente di calcolo allo stato limite ultimo dovuto ai carichi esterni che è possibile applicare nella sezione di mezzeria S-S della prima campata (trascurare le perdite di tensione lungo cavo).

Materiali:

- calcestruzzo: **C30/37**
- acciaio ordinario: **B450C**
- acciaio da precompressione: $f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$

Altri dati:

- tensione di precompressione: $\sigma_p = 1400 \text{ N/mm}^2$



Esercizio n. 2

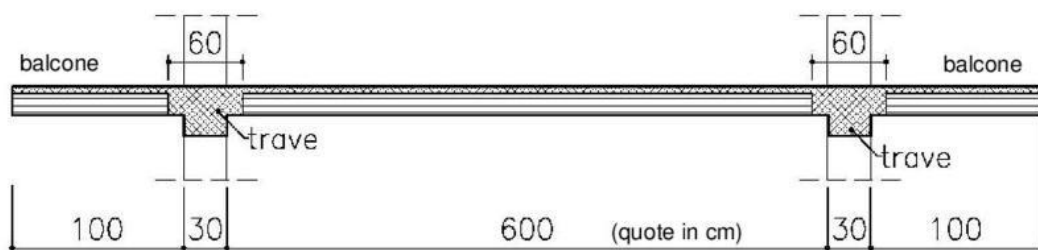
Progettare il solaio indicato in figura, destinato alla civile abitazione, e disegnare la sezione trasversale e lo schema esecutivo delle armature (applicare i carichi di norma).

Materiali:

- calcestruzzo: **C25/30**; acciaio: **B450C**

Altri dati:

- classe di esposizione: **XC2**



Torino, 9 settembre 2009

TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

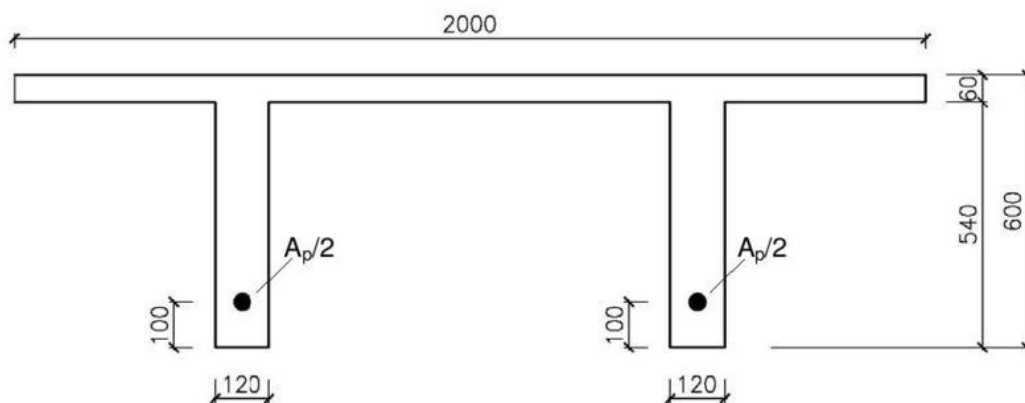
Prova scritta

Esercizio n. 1

Calcolare il momento di fessurazione per azioni di breve durata e il momento resistente della sezione di figura, precompressa con cavi pre-tesi di area $A_p = 1000 \text{ mm}^2$. Calcolare inoltre il taglio resistente $V_{Rd,max}$ e progettare l'area delle staffe.

Dati:

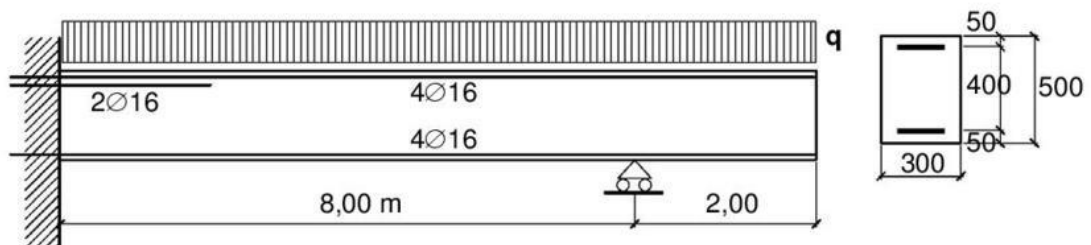
- calcestruzzo $f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$;
- acciaio da precompressione: $f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$
- tensione di precompressione iniziale: $\sigma_{pi} = 1400 \text{ N/mm}^2$



Esercizio n. 2

Calcolare il carico massimo q_{max} col teorema cinematico dell'analisi plastica.

Materiali: calcestruzzo $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$; acciaio B450C.



Torino, 30 giugno 2009

TEORIA E PROGETTO DELLE COSTRUZIONI IN C.A. E C.A.P.

Prova scritta

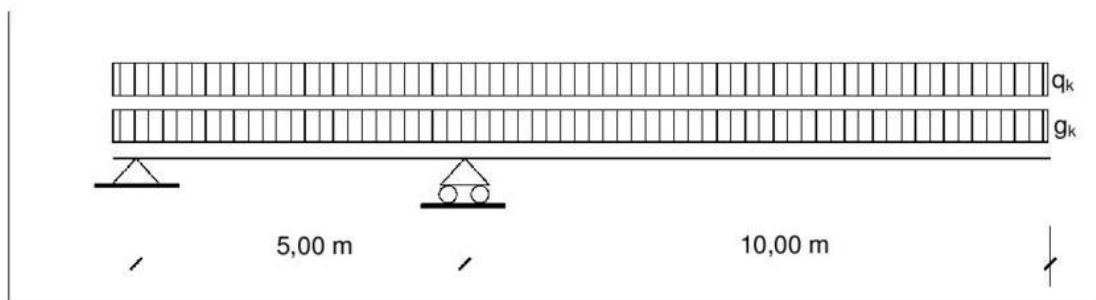
Esercizio n. 1

Con riferimento allo schema statico di figura, effettuare il dimensionamento di massima delle travi interamente precomprese, disposte con passo 3,00 m, su cui è appoggiata una copertura in lastre.

Azioni:

- peso proprio di ogni trave; peso delle lastre di copertura = $2,00 \text{ kN/m}^2$; peso di finiture e impermeabilizzazione = $1,00 \text{ kN/m}^2$; neve = $2,00 \text{ kN/m}^2$

Indicare i materiali scelti. Trascurare l'effetto del vento.



Esercizio n. 2

Data la trave di figura, verificare la struttura allo stato limite ultimo e calcolare l'armatura a taglio. Disegnare la disposizione delle staffe.

Materiali: calcestruzzo $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$; acciaio B450C.

Azioni: peso proprio $g_{k0} = 20 \text{ kN/m}$; permanente portato $g_{k1} = 10 \text{ kN/m}$; variabile $q_k = 15 \text{ kN/m}$

