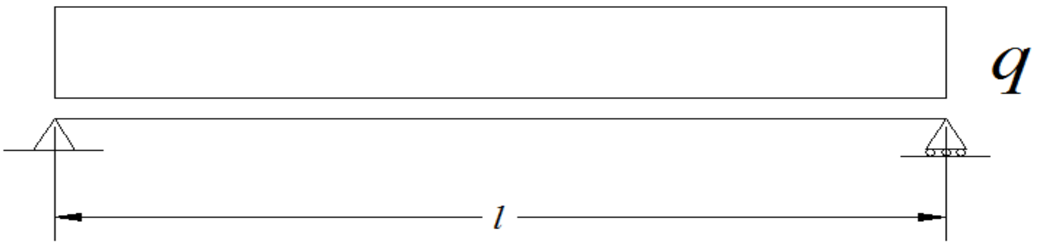
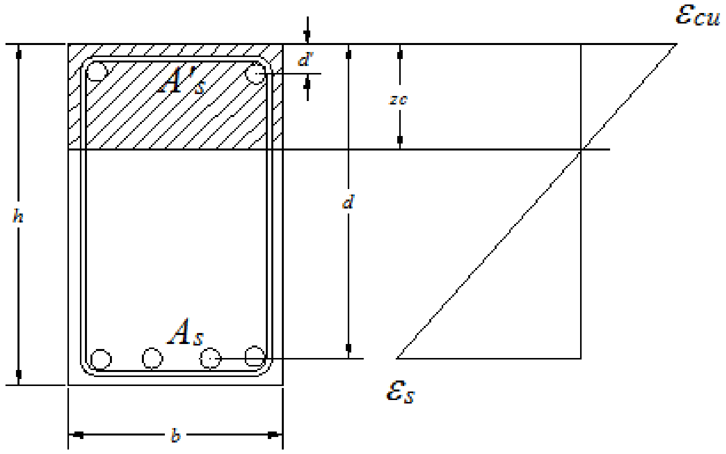
Cemento armato: flessione e taglio, esercizio N3





Per la trave in figura, di luce $l := 4.5 \cdot m$ soggetta ad un carico di esercizio $q := 40 \cdot \frac{kN}{m}$ con una sezione rettangolare di altezza $h := 50 \cdot cm$ e base $b := 25 \cdot cm$, armatura tesa di $n_s := 4$ barre $\phi := 20 \cdot mm$ e armatura compressa di $n_{s1} := 2$ barre $\phi_1 := 16 \cdot mm$, distanza dai bordi $d_1 := 4 \cdot cm$, calcolare:

1) le sollecitazioni massime,
2) le tensioni nel calcestruzzo e nell'acciaio prodotte dal momento massimo,
3) il momento ultimo della sezione

Calcestruzzo: $f_{cd} := 18 \cdot MPa$

Acciaio $f_{yd} := \frac{450}{1.15} \cdot MPa$ $E_s := 200000 \cdot MPa$ $n := 15$

$\varepsilon cu := 3.5 \cdot 10^{-3}$

Calcolo delle sollecitazioni

$M_{mx} := \frac{q \cdot l^2}{8}$ $\qquad M_{mx} = 101.25 \cdot kN \cdot m$

$V_{mx} := q \cdot \frac{l}{2}$ $\qquad V_{mx} = 90 \cdot kN$

Caclolo delle tensioni

$A_s := n_s \cdot \pi \cdot \frac{\phi^2}{4}$ $\qquad A_s = 12.566 \cdot cm^2$

$A_{s1} := n_{s1} \cdot \pi \cdot \frac{\phi_1^{\,2}}{4}$ $\qquad A_{s1} = 4.021 \cdot cm^2$

$d := h - d_1$ $\qquad d = 46 \cdot cm$

$A_{st} := A_s + A_{s1}$ $\qquad A_{st} = 16.588 \cdot cm^2$

$d_G := \frac{A_s \cdot d + A_{s1} \cdot d_1}{A_{st}}$ $\qquad d_G = 35.818 \cdot cm$

$z_c := \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d_G}{n \cdot A_{st}}} - 1 \right) \cdot \frac{n \cdot A_{st}}{b}$ $\qquad z_c = 18.543 \cdot cm$

$J_n := \frac{b \cdot z_c^{\,3}}{3} + n \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(z_c - d_1 \right)^2 + A_s \cdot \left(z_c - d \right)^2 \right]$ $\qquad J_n = 2.08 \times 10^5 \cdot cm^4$

$\sigma_c := \frac{M_{mx}}{J_n} \cdot z_c$ $\qquad \sigma_c = 9.027 \cdot MPa$

$\sigma_s := n \cdot \frac{M_{mx}}{J_n} \cdot \left(d - z_c \right)$ $\qquad \sigma_s = 200.485 \cdot MPa$

$\varepsilon_y := \frac{f_{yd}}{E_s}$ $\qquad \alpha := \frac{\varepsilon cu}{\varepsilon_y}$

$\sigma s(\varepsilon) := if\left(\left| \varepsilon \right| < \varepsilon_y, E_s \cdot \varepsilon, f_{yd} \cdot signum(\varepsilon) \right)$

Caclolo del momento ultimo

Percentuale meccanica delle armature

$\mu_s := A_s \cdot \frac{f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}}$ $\qquad \mu_s = 0.238$

$$\mu_{s1} := \overrightarrow{\frac{A_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}}} \qquad \mu_{s1} = 0.076$$

Percentuale meccanica armatura bilanciata

$$Kb := \frac{\varepsilon cu}{\varepsilon cu + \varepsilon_y} \qquad Kb = 0.641$$

$$\varepsilon s1 := \overrightarrow{\frac{Kb \cdot d - d_1}{Kb \cdot d}} \cdot \varepsilon cu \qquad \varepsilon s1 = 3.026 \times 10^{-3}$$

$$\mu sb := 0.8 \cdot Kb - \overrightarrow{\frac{A_{s1} \cdot \sigma s(\varepsilon s1)}{b \cdot d \cdot f_{cd}}} \qquad \mu sb = 0.437$$

$$z_c := d \cdot \frac{\left(\mu_s - \mu_{s1}\right)}{0.8} \qquad z_c = 9.288 \cdot cm$$

$$\varepsilon_{s1} := \varepsilon cu \cdot \frac{\left(z_c - d_1\right)}{z_c} \qquad \varepsilon_{s1} = 1.993 \times 10^{-3}$$

$$z_{c2} := d \cdot \frac{\left[\mu_s - \mu_{s1} \cdot \alpha + \sqrt{\left(\mu_s - \mu_{s1} \cdot \alpha\right)^2 + 3.2 \cdot \mu_{s1} \cdot \alpha \cdot \frac{d_1}{d}}\right]}{1.6} \qquad z_{c2} = 9.229 \cdot cm$$

$$z_c := \mathrm{if}\left(\varepsilon s1 < \varepsilon_y, z_{c2}, z_c\right) \qquad z_c = 9.288 \cdot cm$$

$$\varepsilon_{s1} := \varepsilon cu \cdot \frac{\left(z_c - d_1\right)}{z_c} \qquad \varepsilon_{s1} = 1.993 \times 10^{-3}$$

$$M_u := A_s \cdot f_{yd} \cdot \left(d - 0.4 \cdot z_c\right) + A_{s1} \cdot \sigma s\left(\varepsilon_{s1}\right) \cdot \left(0.4 \cdot z_c - d_1\right) \qquad M_u = 207.478 \cdot kN \cdot m$$