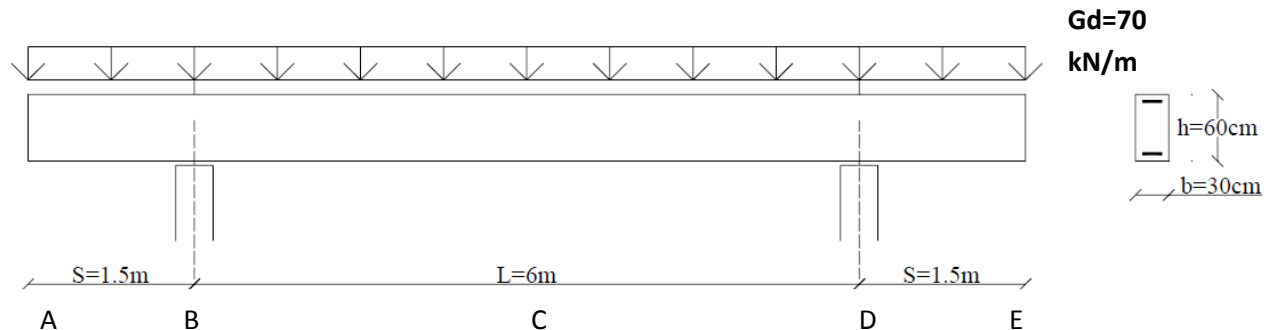


Corso di Tecnica delle Costruzioni (Canale B)

Esercitazione n.3 - SLU Flessione



Data la struttura in figura:

1. Disegnare i diagrammi delle sollecitazioni.
2. Progettare le armature a trazione e compressione delle sezioni di campata AB e di appoggio BC.
3. Verificare la sezione di campata AB allo Stato Limite Ultimo

Geometria

$$d' = 3\text{ cm}$$

$$d = h - d' = 57\text{ cm}$$

Dati materiali

CLS $R_{ck} = 25\text{ MPa}$

$$f_{ck} = 0,83R_{ck} = 20,75\text{ MPa}$$

Acciaio B450C

Svolgimento

1) **Caratteristiche materiali**

CLS

$$f_{cd} = 0,85 \frac{f_{ck}}{1,5} = 11,76\text{ MPa} = 1,176\text{ kN/cm}^2 \quad \text{Resistenza del calcestruzzo a compressione di calcolo}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 28,75\text{ MPa}$$

$$E_c = 22.000 (f_{cm}/10)^{0,3} = 30200\text{ MPa}$$

Modulo elastico del CLS

ACCIAIO

$$f_{yd} = 391\text{ MPa} = 39,1\text{ kN/cm}^2$$

$$E_s = 200.000 \text{ MPa} = 20.000 \text{ kN/cm}^2$$

2) Statica

Reazioni vincolari

$$Y_B = 315 \text{ kN}$$

$$Y_D = 315 \text{ kN}$$

Calcolo sollecitazioni

Tratto DE

$$T_{DE}(x) = 70x$$

$$M_{DE}(x) = -35x^2$$

$$M_{DE}(1,5) = M_{Dmax} = -78,75 \text{ kNm}$$

Tratto BD

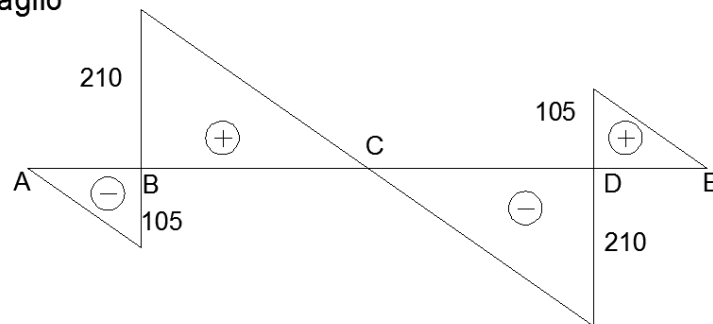
$$T_{BD}(x) = 70x - 210$$

$$M_{BD}(x) = 210x - 78,75 - 35x^2$$

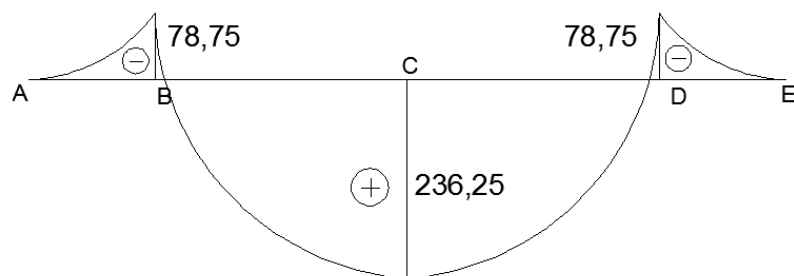
$$M_{BD}(3) = M_{Cmax} = +236,25 \text{ kNm}$$

3) Diagrammi sollecitazioni

Taglio



Momento



4) Progetto armature

Area minima - Sezione B e D - appoggio

$$M_{dB} = -78,75 \text{ kNm} = -7.875 \text{ kNcm}$$

Area minima armatura tesa (superiore)

$$A_{sbmin} = \frac{|M_d|}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = 3,92 \text{ cm}^2$$

Area minima - Sezione C - Campata

$$M_{dC} = 236,25 \text{ kNm} = 23.625 \text{ kNcm}$$

Area minima armatura tesa (inferiore)

$$A_{sbmin} = \frac{|M_d|}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = 11,8 \text{ cm}^2$$

Scelgo ferri $\phi 14$ e $\phi 20$

$$A1 \phi 14 = 1,53 \text{ cm}^2$$

$$A1 \phi 20 = 3,14 \text{ cm}^2$$

Numero ferri - Sezione C - campata

$$A_{sC \text{ inf}} = A3 \phi 20 + A2 \phi 14 = 12,5 \text{ cm}^2$$

Numero ferri - Sezione B o D - appoggio

$$A_{sB} = A3 \phi 14 = 4,62 \text{ cm}^2$$

Momenti resistenti

$$M_{res} = 0,9 \cdot A_s \cdot d \cdot f_{yd}$$

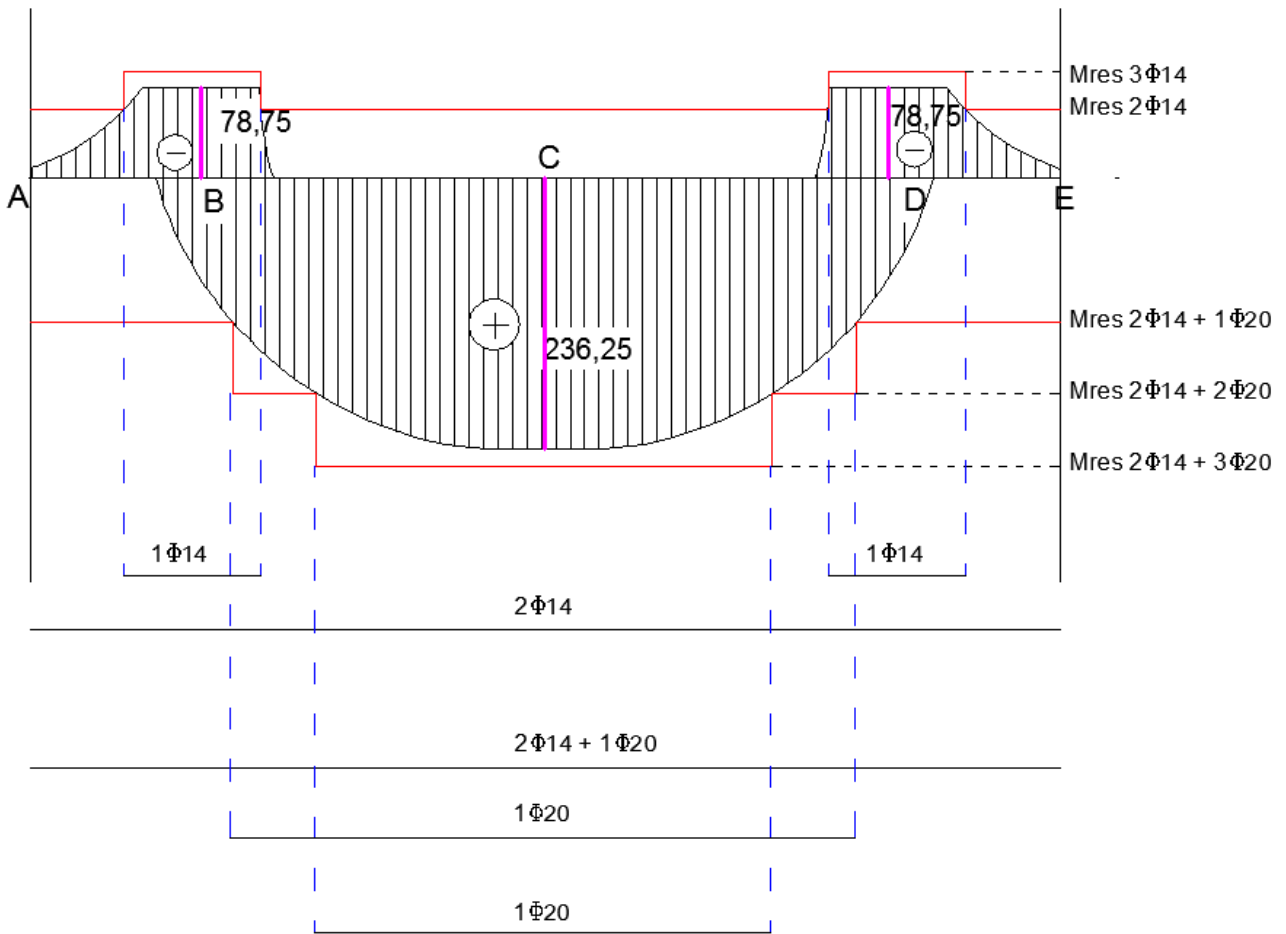
Tabella progetto

Sezione	Md (kNm)	Md (kNcm)	Td (kN)	Md/0,9df yd	ϕ	Ares (cm ²)	Mres (kNcm)	Mres (kNm)
C inf	236.25	23625		11.78	2 $\phi 14$ +3 $\phi 20$	12.5	20234	202
Bsup	78.75	7875		3.93	3 $\phi 14$	4.62	7479	75
Binf	-	-	210		2 $\phi 14$ +1 $\phi 20$	6.22	10069	101

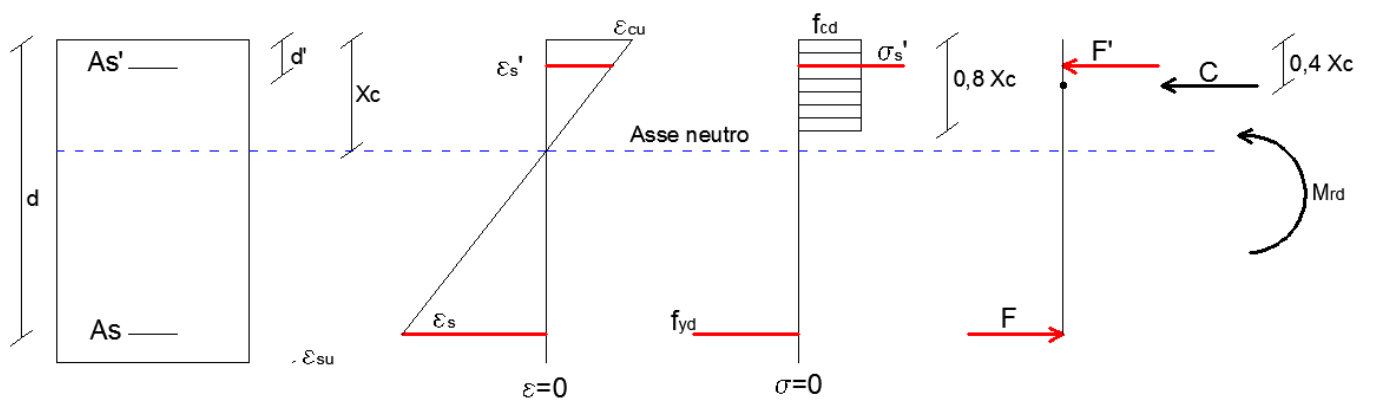
Traslazione del diagramma di 0,9d

$0,9d = 0,9 \times 57 = 51,3 \text{ cm}$

Diagramma dei momenti resistenti



5) Verifica sezione in campata C



Dati

$A_s = 12,5 \text{ cm}^2$

$A_s' = 3,06 \text{ cm}^2$

$$f_{cd}=1,176 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{yd}=39,1 \text{ kN/cm}^2$$

$$d=57 \text{ cm}$$

$$b=30 \text{ cm}$$

$$d'=3 \text{ cm}$$

Ipotesi 1: Rottura in Regione 3

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{sy} \quad \sigma_s = f_{yd}$$

Ipotesi 2: $\varepsilon_s' = \varepsilon_{sy}$, $\sigma_s' = f_{yd}$

a) Equilibrio alla traslazione

$$F - C - F' = 0$$

$$F = A_s \cdot f_{yd}$$

$$C = 0,8 \cdot b \cdot x_c \cdot f_{cd}$$

$$F' = A_s' \cdot f_{yd}$$

$$A_s \cdot f_{yd} - 0,8 \cdot b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s' \cdot f_{yd} = 0$$

Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso

$$x_c = \frac{f_{yd}(A_s - A_s')}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = 13,07 \text{ cm}$$

Verifica dello snervamento dell'armatura

$$\varepsilon_s' = \varepsilon_{cu} \cdot \frac{(x_c - d)}{x_c} = 0,0035 \cdot \frac{(13,07 - 3)}{13,07} = 2,7 \cdot 10^{-3} > \varepsilon_{sy} = 1,96 \cdot 10^{-3}$$

L'armatura è snervata, dunque l'ipotesi è verificata: l'asse neutro si trova a $x_c=13,7$ cm dal lembo compresso.

Calcolo del momento resistente ultimo

Equilibrio alla rotazione rispetto ad un polo qualsiasi. Scelgo il polo su cui agisce la risultante delle tensioni di trazione nell'acciaio (armatura inferiore):

$$M_{rd} = 0,8 \cdot b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot (d - 0,4x_c) + A_s' \cdot \sigma_s' \cdot (d - d') = 25.558 \text{ kNcm} = 255,58 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} > M_d = 236,25 \text{ kNm}$$