

Esercitazione n.4

Utilizzando il Metodo Semplificato, si tracci il dominio di resistenza in pressoflessione (M,N) allo Stato Limite Ultimo della colonna composta acciaio-calcestruzzo la cui sezione retta è riportata in figura:

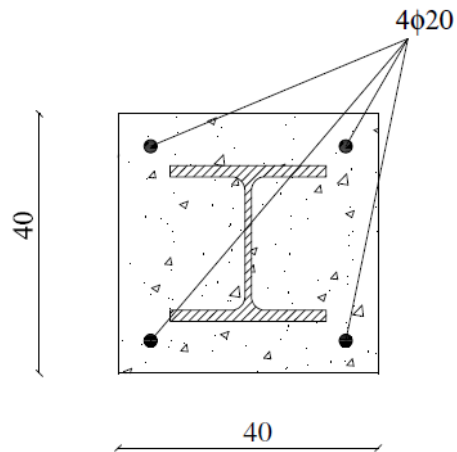


Fig. 1 - Sezione della colonna composta

Caratteristiche dei materiali:

Calcestruzzo: C 30/37;

Acciaio per barre di armatura: B 450 C;

Acciaio per carpenteria metallica: S 275;

profilato: HE 280 B;

copriferro: 3 cm.

1. Caratteristiche meccaniche e geometriche

La parte in calcestruzzo presenta:

- Resistenza cubica caratteristica: $R_{ck} = 37 \text{ MPa}$;
- Resistenza di progetto: $f_{cd} = \frac{0,83 \cdot 0,85 \cdot R_{ck}}{\gamma_c} = 16,6 \text{ MPa}$ ($\gamma_c = 1,5$);
- Dimensioni della colonna:
 $b_c = 400 \text{ mm}$;
 $h_c = 400 \text{ mm}$.
- Area di calcestruzzo, al netto della parte metallica:
 $A_c = b_c \cdot h_c - A_s - A_a = 145603 \text{ mm}^2$.

Per l'armatura metallica si ha:

- Modulo elastico: $E_s = 210000 \text{ MPa}$
- Resistenza caratteristica di snervamento delle barre: $f_{sk} = 450 \text{ MPa}$;
- Resistenza di progetto delle barre: $f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s} = 391,3 \text{ MPa}$ ($\gamma_s = 1,15$);
- Area della singola barra ($\phi 20$): $A_{s1} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314,16 \text{ mm}^2$.
- Area totale delle armature: $A_s = 4 \cdot A_{s1} = 1256,64 \text{ mm}^2$.
- Copriferro: $d' = 30 \text{ mm}$.

Il profilo metallico ha le seguenti caratteristiche:

- Modulo elastico dell'acciaio da carpenteria: $E_a = 210000 \text{ MPa}$.
- Resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio strutturale: $f_{ak} = 275 \text{ MPa}$;
- Resistenza di progetto dell'acciaio strutturale: $f_{ad} = \frac{f_{ak}}{\gamma_s} = 261,9 \text{ MPa}$ ($\gamma_a = 1,05$);
- Area del profilo: $A_a = 13140 \text{ mm}^2$;
- Modulo di resistenza plastico: $W_{y,Pl} = 1534 \text{ cm}^3$;
- Altezza: $h = 280 \text{ mm}$;
- Base del profilo: $b_f = 280 \text{ mm}$;
- Spessore della flangia: $t_f = 18,0 \text{ mm}$;
- Spessore dell'anima: $t_w = 10,5 \text{ mm}$.

2. Costruzione del domino di resistenza N/M

Per sezioni caratterizzate da doppia simmetria si può utilizzare un procedimento di verifica a pressoflessione semplificato basato sulla costruzione di un dominio definito da soli quattro punti così come esposto nei successivi paragrafi.

Punto A – Sezione completamente compressa

In questo caso si ipotizza una posizione dell'asse neutro a $y \Rightarrow +\infty$ e, quindi, la sezione risulta completamente compressa.

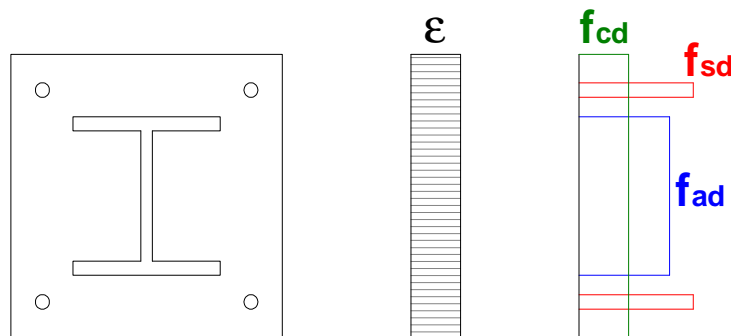


Fig. 2 – Diagramma delle deformazioni e tensioni nel punto A

Ipotizzando i materiali in condizioni ultime si hanno i seguenti valori dello sforzo normale e del momento resistente:

$$N_{Rd}^A = A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{sd} + A_a \cdot f_{ad} = 6350,17 \text{ kN};$$

$$M_{Rd}^A = 0,00 \text{ kNm}.$$

Punto D – Asse neutro baricentrico

Ne punto D, essendo l'asse neutro baricentrico ($y = h_c / 2$), la sezione risulta metà tesa metà compressa quindi lo sforzo normale ed il momento risultano:

$$N_{Rd}^D = \frac{A_c \cdot f_{cd}}{2} = 1208,51 \text{ kN};$$

$$M_{Rd}^D = \frac{W_{Pl,c}^*}{2} \cdot f_{cd} + W_{s,Pl} \cdot f_{sd} + W_{y,Pl} \cdot f_{ad} = 603,76 \text{ kNm}.$$

Dove:

$$W_{s,Pl} = 4 \cdot A_{si} \cdot \left(\frac{h_c}{2} - d' \right) = 213628 \text{ mm}^3;$$

$$W_{Pl,c}^* = \frac{b_c \cdot h_c^2}{4} - W_{s,PL} - W_{y,PL} = 14410372 \text{ mm}^3 \text{ (momento plastico del calcestruzzo)}$$

ipotizzando il materiale resistente ugualmente a compressione e trazione).

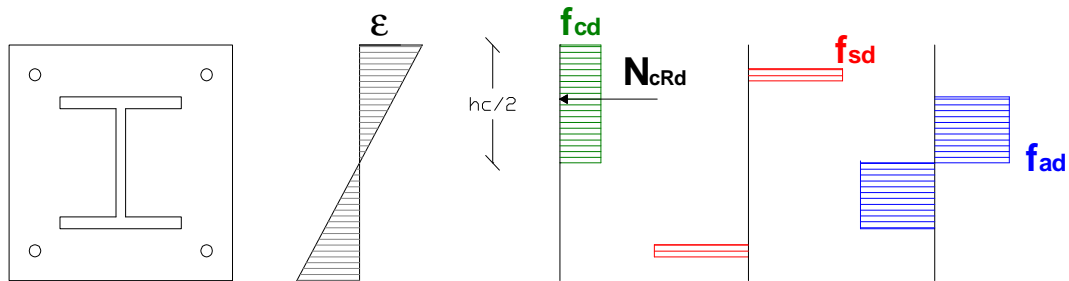


Fig. 3 - Diagramma delle deformazioni e tensioni nel punto D

Punto B - Sezione in pura flessione

In questo caso l'asse neutro viene alzato, a partire dalla posizione baricentrica, di una quantità Δy fino a che lo sforzo normale resistente si annulla e quindi la sezione è inflessa.

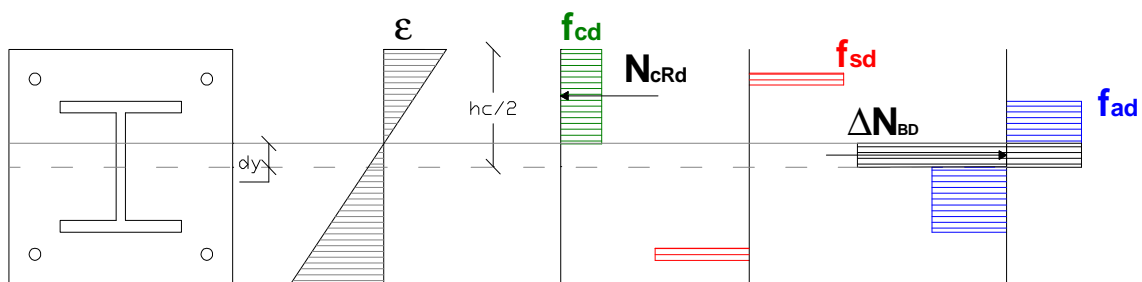


Fig. 4 - Diagramma delle deformazioni e tensioni nel punto B

Dall'equilibrio alla traslazione si trova che l'asse neutro deve essere alzato di una quantità:

$$\Delta y = \frac{A_c \cdot f_{cd}}{2 \cdot [2 \cdot f_{ad} \cdot t_w + (b_c - t_w) \cdot f_{cd}]} = 101 \text{ mm.}$$

La variazione di sforzo normale risultante tra il punto D e il punto B vale:

$$\Delta N_{BD} = 2 \cdot f_{ad} \cdot \Delta y \cdot t_w = \frac{A_c \cdot f_{cd}}{2} - (b_c - t_w) \cdot \Delta y \cdot f_{cd} = 555,49 \text{ kN.}$$

Lo sforzo normale ed il momento quindi risultano:

$$N_{Rd}^B = 0,00 \text{ kN ;}$$

$$M_{Rd}^B = M_{Rd}^D - N_{RD}^D \cdot \frac{\Delta y}{2} = 555,49 \text{ kNm .}$$

Punto C – Sezione con momento resistente doppio del caso di pura flessione

In questo caso l'asse neutro viene abbassato, a partire dalla posizione baricentrica, della quantità Δy precedentemente definita.

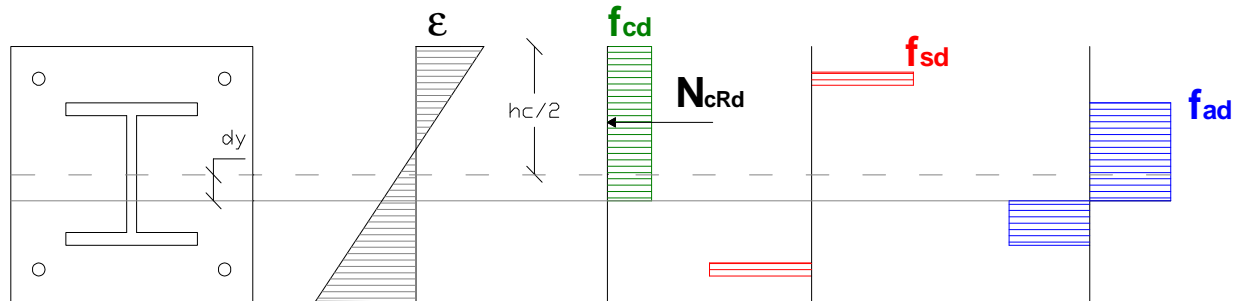


Fig. 5 - Diagramma delle deformazioni e tensioni nel punto C

Lo sforzo normale ed il momento risultano:

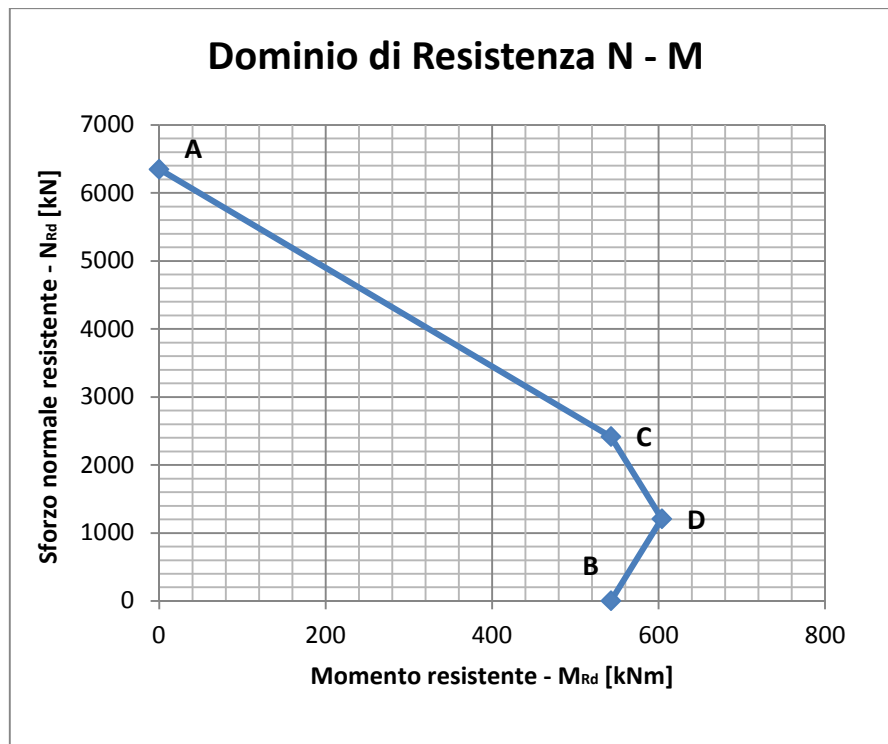
$$N_{Rd}^C = 2 \cdot N_{Rd}^D = 2417,02 \text{ kN} ;$$

$$M_{Rd}^C = M_{Rd}^B = 542,73 \text{ kNm} .$$

Ricapitolando, i punti del dominio sono:

Punto	M_{Rd} (KNm)	N_{Rd} (kN)
B	542,73	0,00
D	603,76	1208,51
C	542,73	2417,02
A	0	6350,17

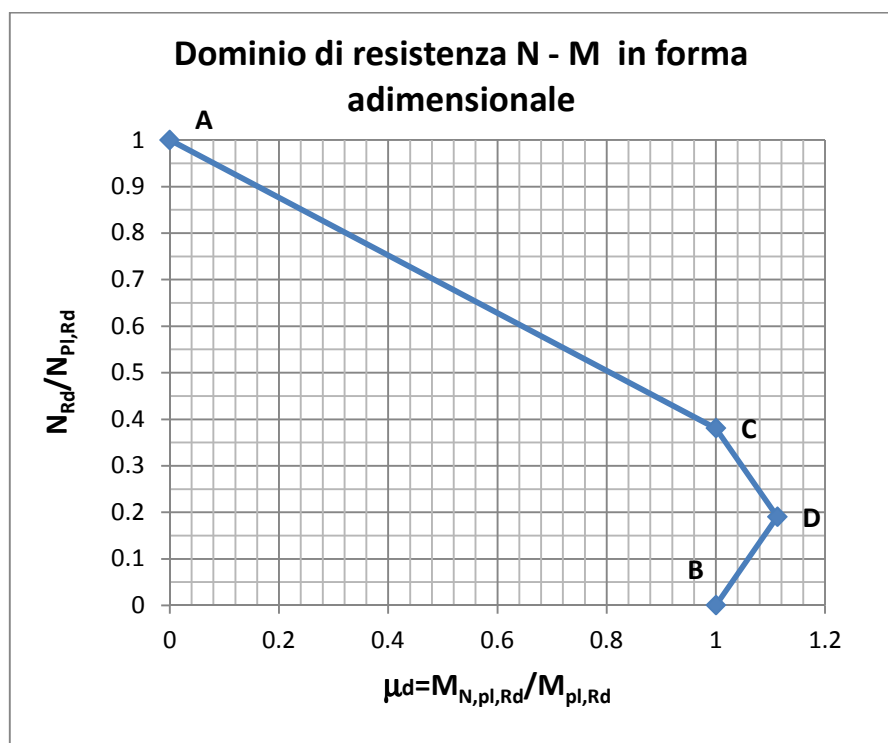
Si riporta il diagramma del dominio di resistenza, calcolato con il metodo semplificato visto.



Il dominio può essere rappresentato anche adimensionalizzando lo sforzo normale rispetto allo sforzo normale plastico del calcestruzzo e il momento rispetto al momento resistente plastico in pura flessione:

- $N_{c,pl,Rd} = N_{Rd}^A$;
- $M_{pl,Rd} = M_{Rd}^D$.

Si ottiene il seguente dominio:



Infine si riporta il confronto tra il dominio ottenuto con il metodo semplificato esposto e il dominio ottenuto invece per costruzione analitica, al variare della posizione dell'asse neutro.

