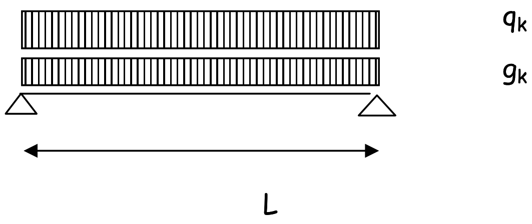
Verifica allo SLU per tensioni normali di una trave a sezione trapezia

Si consideri la trave semplicemente appoggiata rappresentata nel seguito.



I valori numerici delle grandezze considerate sono i seguenti:

g_k= 20.0 kN/m L= 6.00 m
q_k= 30.0 kN/m

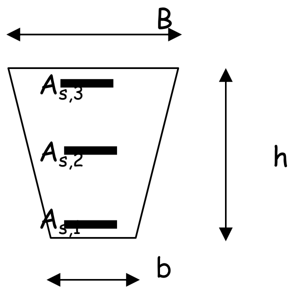
I materiali che si ntende utilizzare hanno le seguenti caratteristiche meccaniche:

FeB44k
f_{sk}= 435.0 MPa f_{sd}= 378.3 MPa

Calcestruzzo C20/25

R_{ck}= 25.0 MPa f'_{cd}= 11.0 MPa

<u>Dati sezione</u>



B=	500	mm
h=	600	mm
b=	300	mm
d'=	30	mm
$A_{s,1}$=	1884	mm^2
$A_{s,2}$=	628	mm^2
$A_{s,3}$=	1256	mm^2

Calcolo delle sollecitazioni di progetto

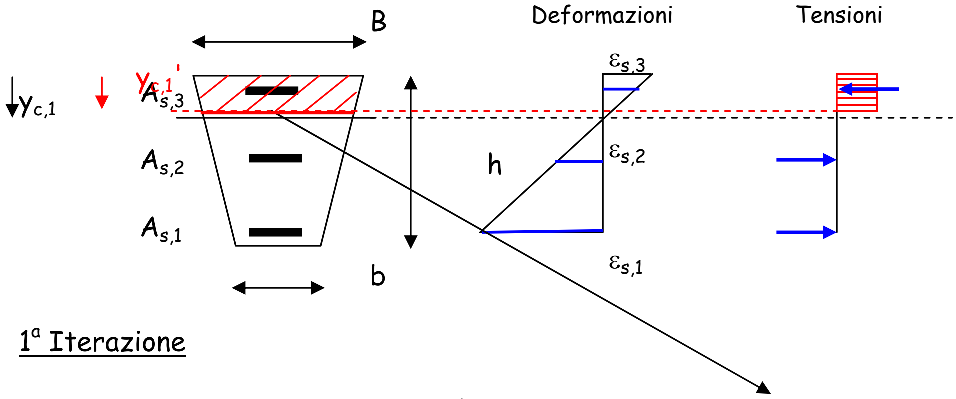
q_d= 73.0 kN/m
M_{Sd}= 328.5 kNm

Determinazione della posizione dell'asse neutro

Si applica un metodo numerico per la valutazione della posizione dell'asse neutro trovando il valore di y_c che annulla la funzione di equilibrio F(y). Il valore di primo tentativo di y_c viene posto pari a $y_{2,3}$:

Si adotta il modello semplificato dello *Stress-Block*

$y_{c,1}$= 147.63 mm



1^a Iterazione

$y_{c,1}=$	147.63	mm	$y_{c,1}'=$	118.10	mm	$b(y_{c,1})=$	460.63	mm
$A_{c,0.8yc,1}=$	56727.2	mm^2				$N_{c,1}=$	625329	N
$\varepsilon_{s,1}^{(1)}=$	-0.01		$\sigma_{s,1}^{(1)}=$	-378.3	MPa	$N_{s,1}^{(1)}=$	-712643	N
$\varepsilon_{s,1}^{(2)}=$	-0.00361		$\sigma_{s,1}^{(2)}=$	-378.3	MPa	$N_{s,1}^{(2)}=$	-237548	N
$\varepsilon_{s,1}^{(3)}=$	0.00278		$\sigma_{s,1}^{(3)}=$	378.3	MPa	$N_{s,1}^{(3)}=$	475096	N
						$\Delta N_1=$	150234	N

Correzione del valore utilizzato nella prima iterazione:

$$\Delta N = -0.8 \cdot b \cdot \Delta y_{c,i} \cdot f_{cd}' \Rightarrow \Delta y_{c,1} = -\frac{\Delta N_1}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}'} = \frac{150234}{0.8 \cdot 460.63 \cdot 11} = \quad -36.98 \text{ mm}$$

2^a Iterazione

$y_{c,2}=$	110.65	mm	$y_{c,2}'=$	88.52	mm	$b(y_{c,2})=$	470.49	mm
$A_{c,0.8yc,2}=$	42952.8	mm^2				$N_{c,2}=$	473487	N
$\varepsilon_{s,2}^{(1)}=$	-0.01		$\sigma_{s,2}^{(1)}=$	-378.3	MPa	$N_{s,2}^{(1)}=$	-712643	N
$\varepsilon_{s,2}^{(2)}=$	-0.00412		$\sigma_{s,2}^{(2)}=$	-378.3	MPa	$N_{s,2}^{(2)}=$	-237548	N
$\varepsilon_{s,2}^{(3)}=$	0.00176		$\sigma_{s,2}^{(3)}=$	368.7	MPa	$N_{s,2}^{(3)}=$	463072	N
						$\Delta N_2=$	-13631.8	N

Correzione del valore utilizzato nella seconda iterazione:

$$\Delta y_{c,2} = -\frac{\Delta N_2}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}'} = \frac{30604.3}{0.8 \cdot 470.49 \cdot 11} = \quad 3.29 \text{ mm}$$

3^a Iterazione

$y_{c,3}=$	113.93	mm	$y_{c,3}'=$	91.15	mm	$b(y_{c,3})=$	469.62	mm
$A_{c,0.8yc,3}=$	44188.3	mm^2				$N_{c,3}=$	487106	N

$\varepsilon_{s,3}^{(1)}=$	-0.01	$\sigma_{s,3}^{(1)}=$	-378.3	MPa	$N_{s,3}^{(1)}=$	-712643	N
$\varepsilon_{s,3}^{(2)}=$	-0.00408	$\sigma_{s,3}^{(2)}=$	-378.3	MPa	$N_{s,3}^{(2)}=$	-237548	N
$\varepsilon_{s,3}^{(3)}=$	0.00184	$\sigma_{s,3}^{(3)}=$	378.3	MPa	$N_{s,3}^{(3)}=$	475096	N
					$\Delta N_3=$	12010.8	N

Correzione del valore utilizzato nella seconda iterazione:

$$\Delta y_{c,3} = -\frac{\Delta N_3}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}'} = \frac{11614.2}{0.8 \cdot 472.46 \cdot 11} = \quad -2.90 \quad \text{mm}$$

Poiché risulta

$$\frac{|\Delta y_{c,3}|}{h} = \frac{2.79}{600} = \quad 0.0048 \quad < \quad 1/100$$

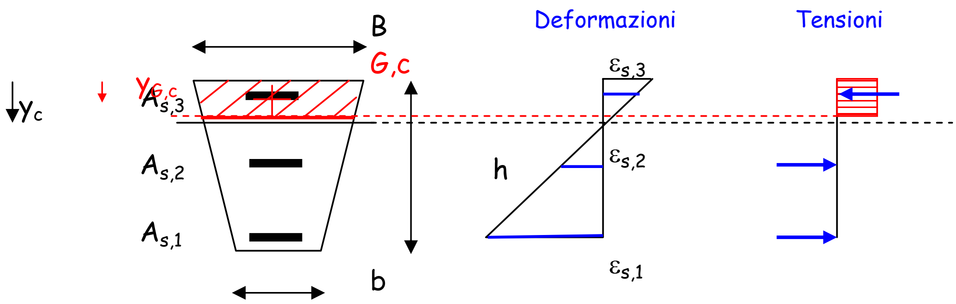
Il procedimento di ricerca dell'asse neutro può arrestarsi alla terza iterazione assumendo:

$$y_c = \quad 113.93 \quad \text{mm}$$

Calcolo del momento ultimo

Il momento ultimo della sezione può essere determinare come somma dei momenti prodotti dalle tensioni interne; poiché si analizza un caso di flessione, tale momento può essere valutato rispetto ad un punto qualsiasi della sezione. Il calcolo si effettua rispetto all'armatura inferiore.

Per valutare il contributo del calcestruzzo è necessario conoscere la posizione $y_{G,c}$ del baricentro della parte compressa della sezione:



Risulta:

$$y_{G,c} = \frac{B \cdot y_c'^2/2 - [B - b(y_c')] \cdot y_c'^2/3}{B \cdot y_c' - [B - b(y_c')] \cdot y_c'/2} = \quad 46.05 \quad \text{mm}$$

y_c	113.93	mm	$y_c'=$	91.15	mm	$b(y_c)=$	469.62	mm			
$A_{c,0.8yc}=$	44188.3	mm^2				$N_c=$	487106	N	$M_c=$	2.552E+08	Nm
$\varepsilon_s^{(1)}=$	-0.01		$\sigma_s^{(1)}=$	-378.3	MPa	$N_s^{(1)}=$	-712643	N	$M_s^{(1)}=$	0	Nm
$\varepsilon_s^{(2)}=$	-0.00408		$\sigma_s^{(2)}=$	-378.3	MPa	$N_s^{(2)}=$	-237548	N	$M_s^{(2)}=$	-6.414E+07	Nm

$\varepsilon_s^{(3)}=$ 0.00184 $\sigma_s^{(3)}=$ 378.3 MPa $N_s^{(3)}=$ 475096 N $M_s^{(3)}=$ 2.708E+08 Nm

$M_{Rd}=$ 4.619E+08 Nm

In definitiva, allora, si ottiene:

$$M_{Rd} = 461.9 \text{ kNm}$$

e la trave risulta verificata allo stato limite ultimo per tensioni normali poiché risulta:

$$M_{Sd} < M_{Rd}$$