CORSO DI LAUREA IN ING. ELETTRICA

CORSO DI “MECCANICA E TECNICA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE”

VERIFICA INTERMEDIA DEL 10/02/05

AVVERTENZE

La prova è organizzata in 4 Quesiti, ciascuno dei quali, se svolto senza errori, consente il conseguimento del punteggio riportato vicino al titolo (in 30esimi).
Per il Quesito 2 vengono proposte 2 alternative (2a e 2b), di diverso punteggio e difficoltà. **Svolgere, a propria scelta, una sola delle due alternative.**

Quesito 1 (Punti 10)

Data la travatura reticolare mostrata nella Figura 1, determinare le forze agenti in tutte le aste e le reazioni vincolari.

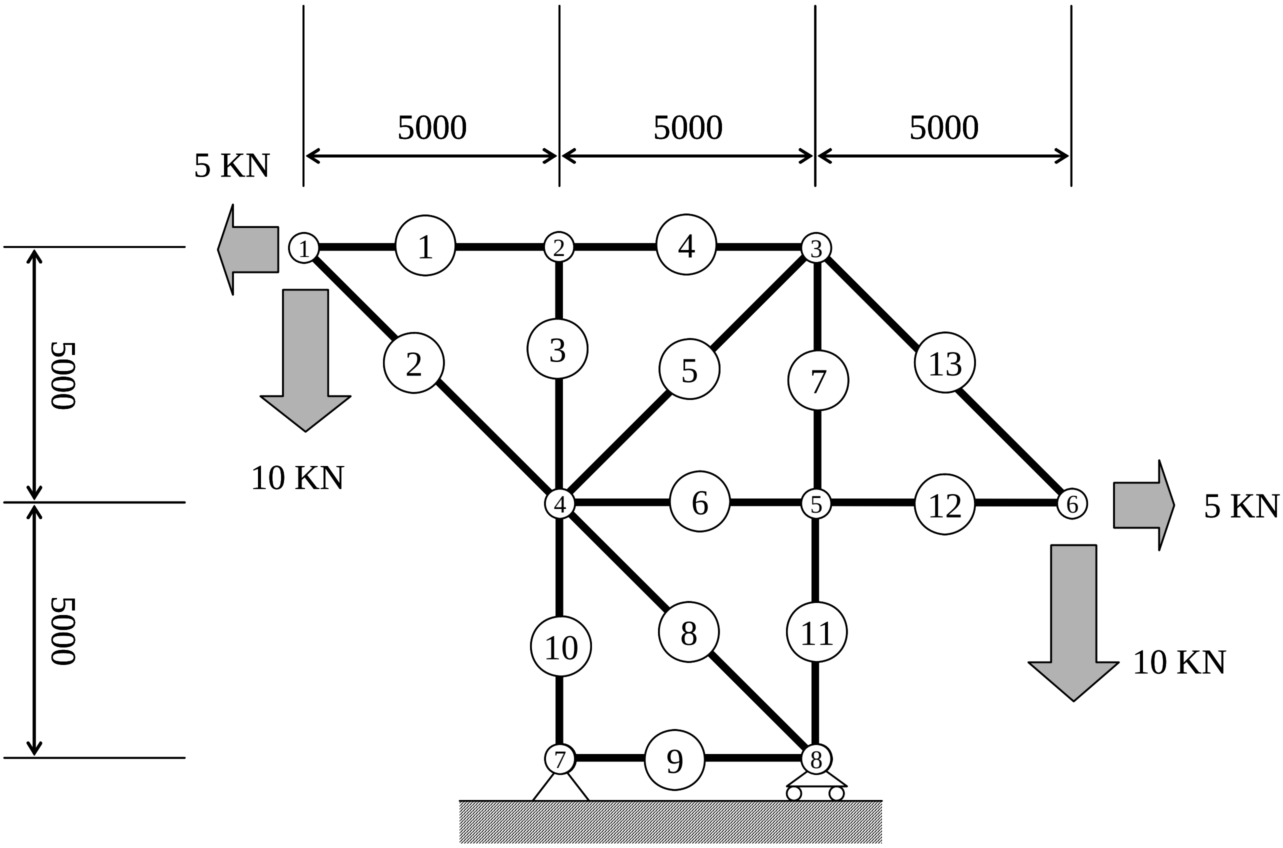


Figura 1

Quesito 2a (Punti 14)
Dato l'albero con ruota dentata mostrato in assonometria in Figura 2A ed in proiezione ortogonale in Figura 2B, determinare le reazioni vincolari e l'andamento delle caratteristiche di sollecitazione. Per il tracciamento di queste ultime è possibile servirsi del modulo riportato in Fig. 3.

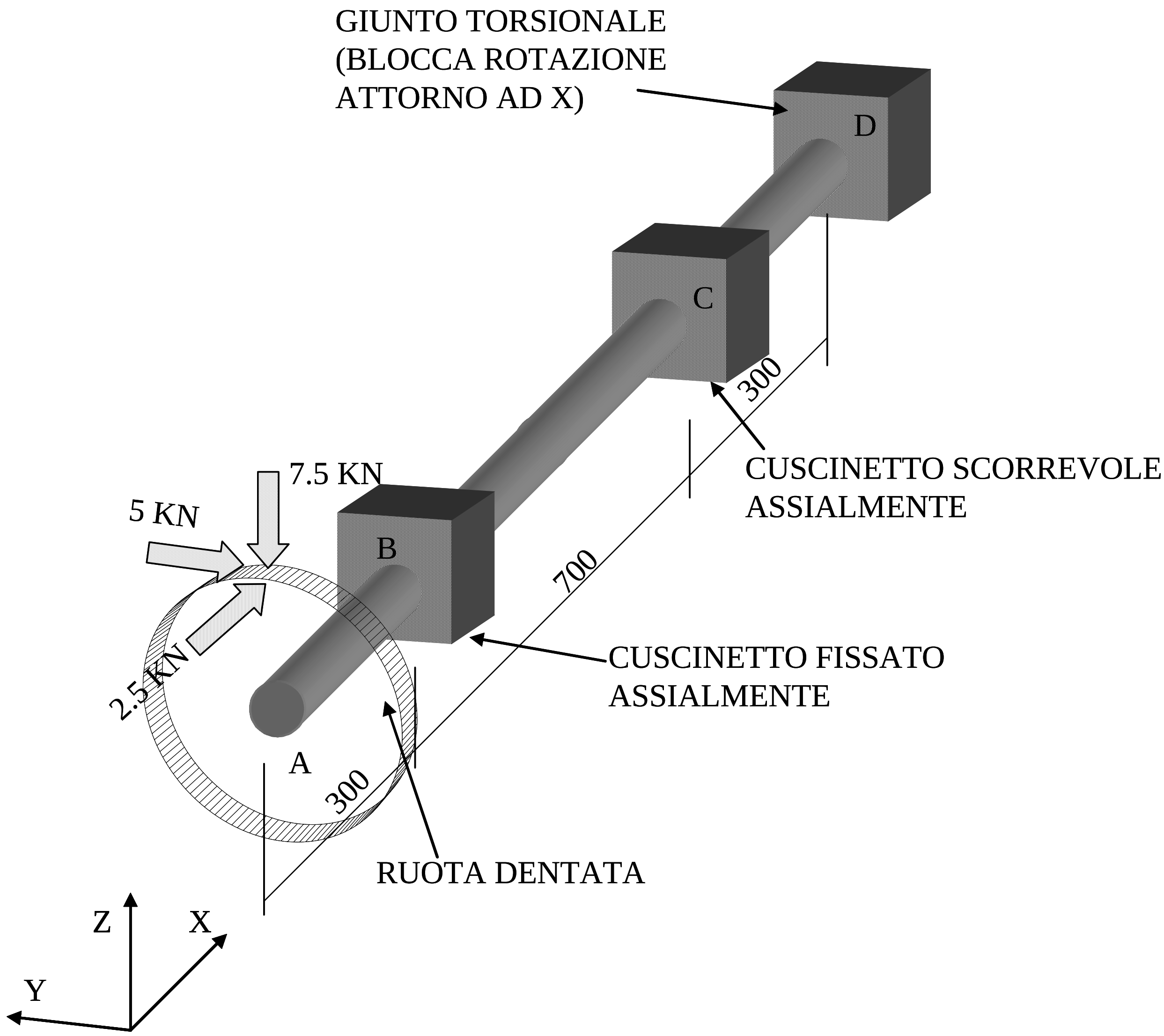


Figura 2A

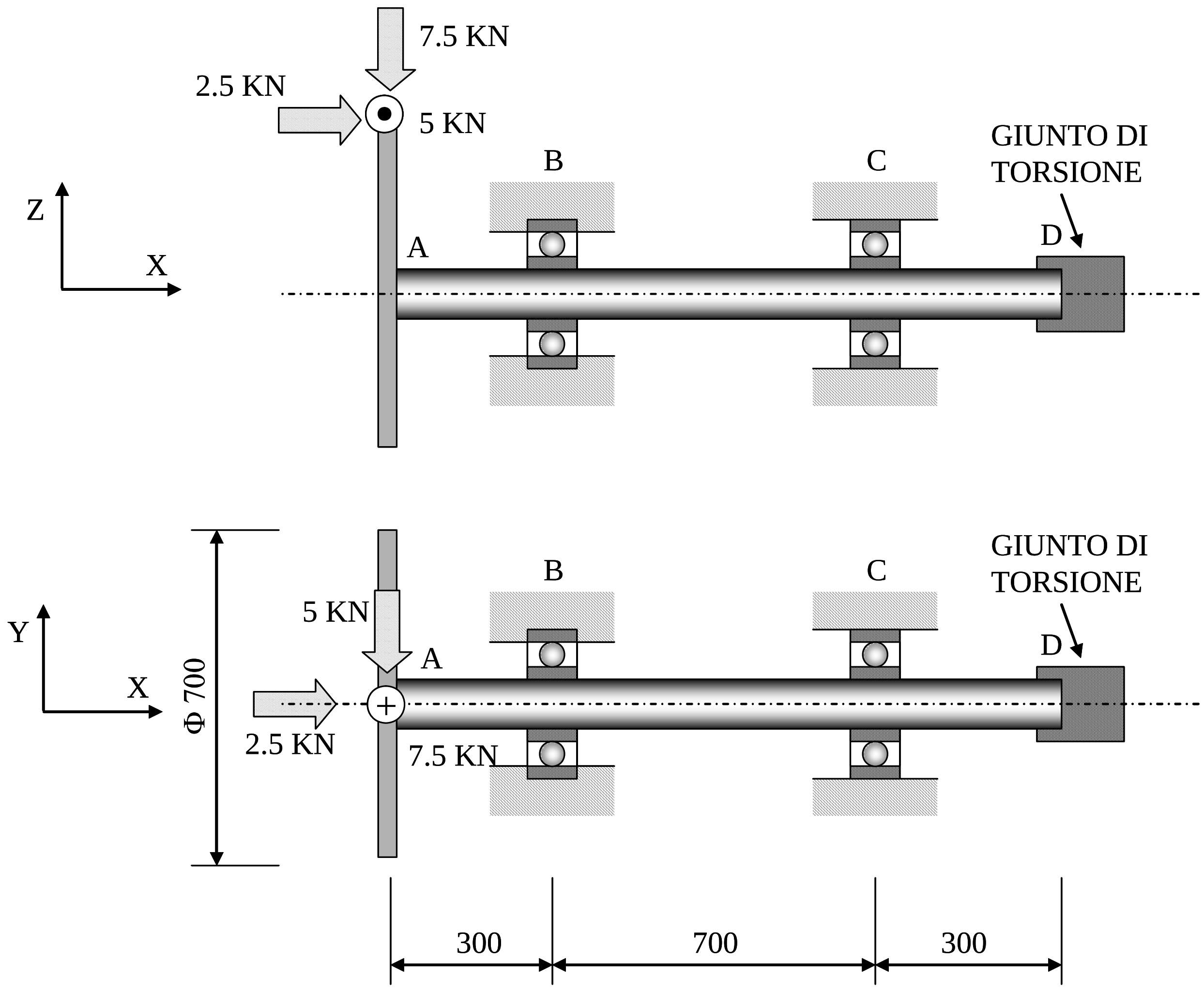

7.5 KN
2.5 KN
5 KN
B
C
GIUNTO DI
TORSIONE
Z
X
A
D
GIUNTO DI
TORSIONE
B
C
5 KN
Y
A
D
X
Φ 700
2.5 KN
7.5 KN
300
700
300

Figura 2B

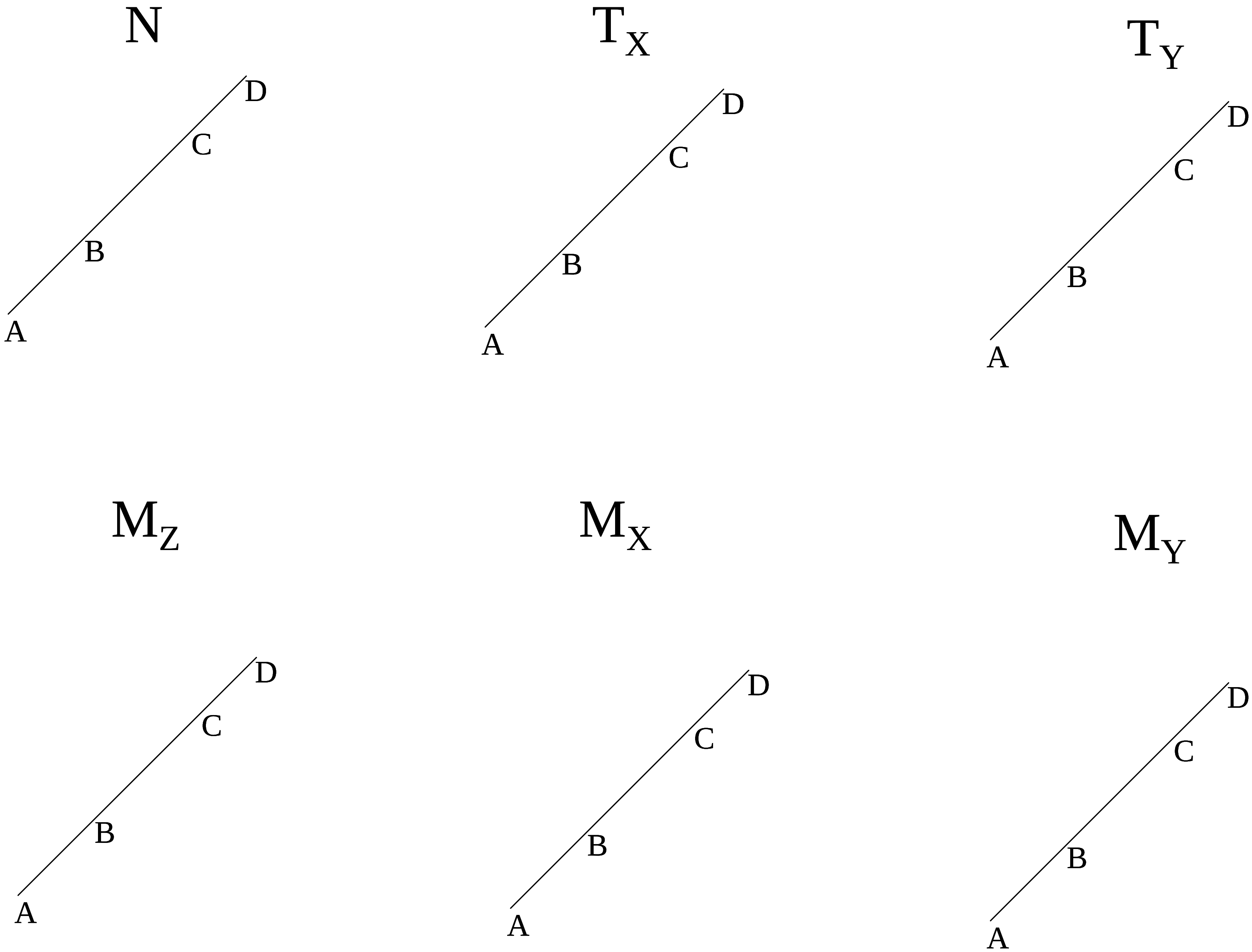
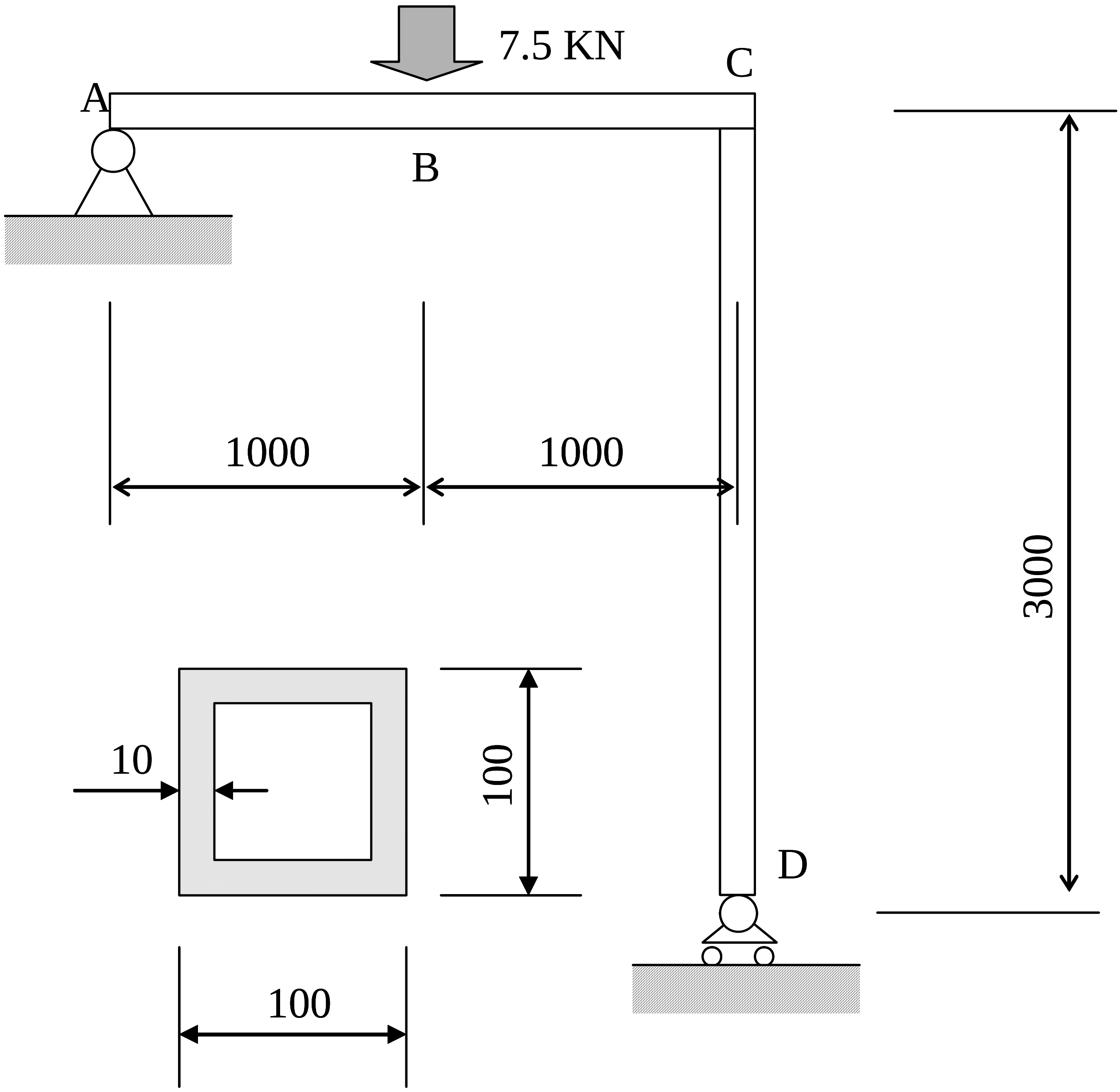


Figura 3

Quesito 2b (alternativo al quesito 2a) (Punti 12)
Data la struttura mostrata in Figura 4, determinare le reazioni vincolari e l’andamento delle caratteristiche di sollecitazione, sotto l’azione della forza di 7.5 KN mostrata in Figura e del peso proprio. Per il tracciamento di queste ultime è possibile servirsi del modulo riportato in Fig. 5.



MATERIALE: ACCIAIO
$\rho = 7.8$ Kg/dm^3

Figura 4

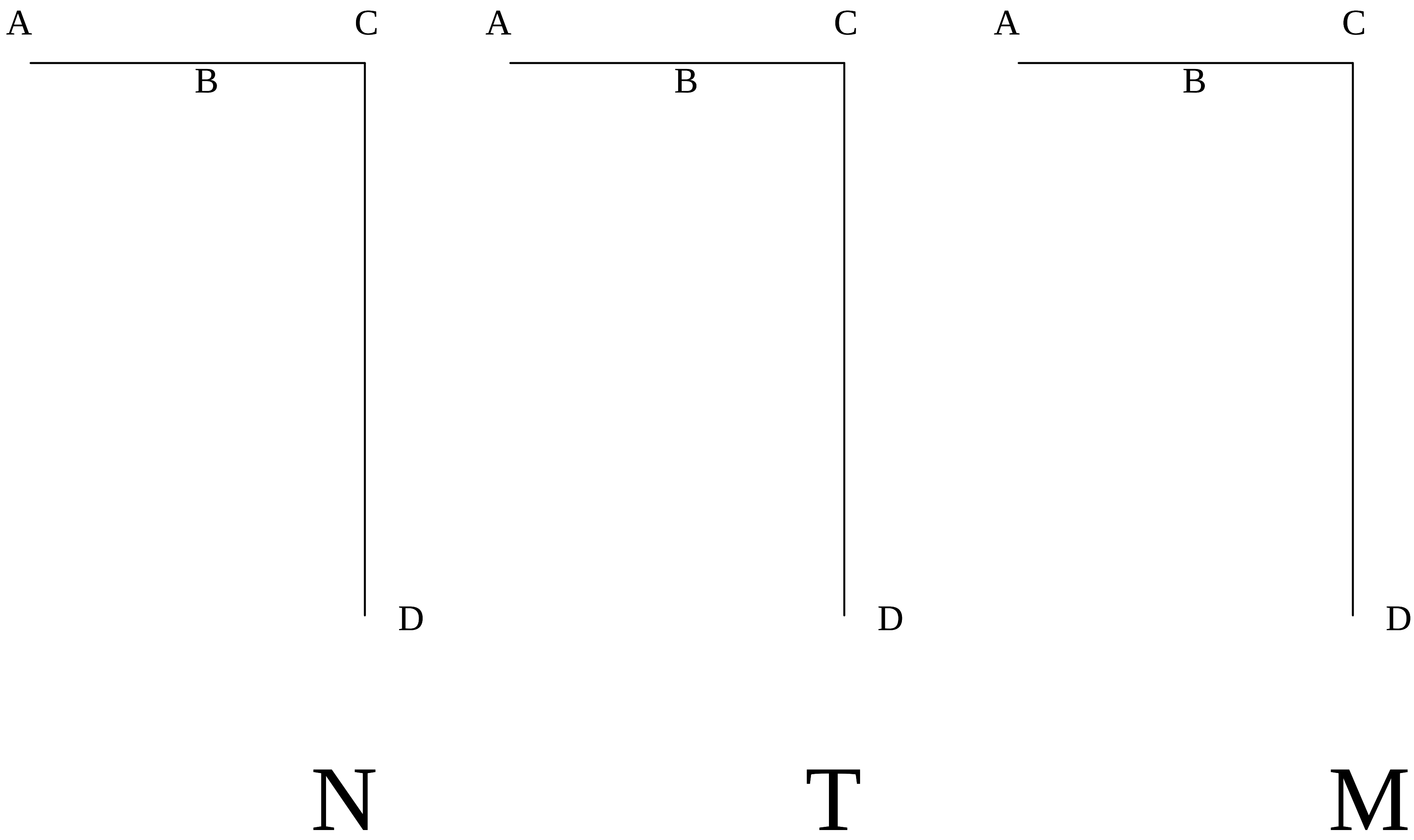


Figura 5

Quesito 3 (Punti 3)
Calcolare il valore dei momenti di inerzia rispetto agli assi principali centrali della sezione mostrata in Figura 6.

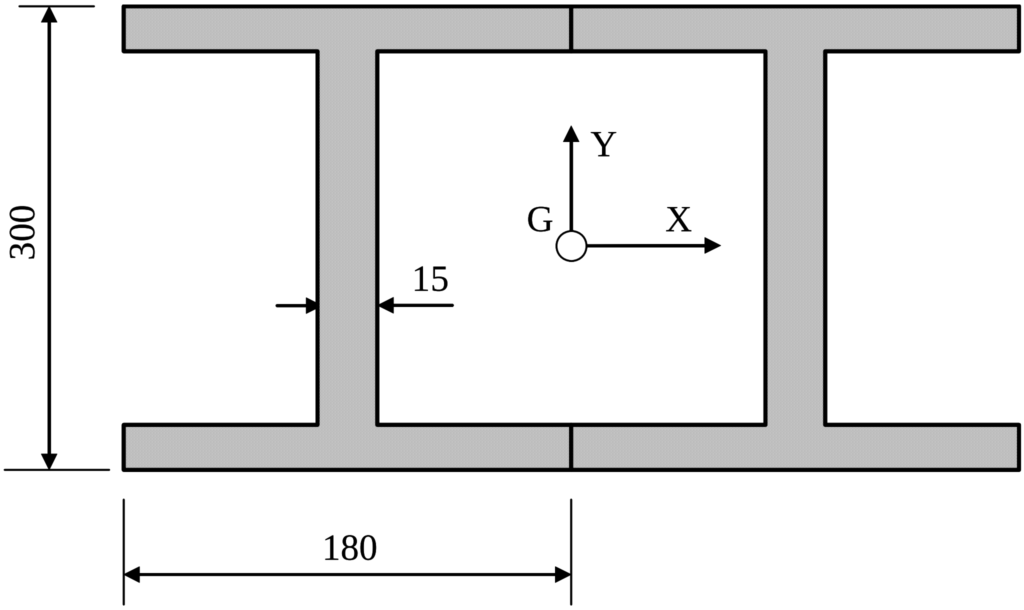


Figura 6

Quesito 4 (Punti 3)
Calcolare le tensioni (espresse in MPa) prodotte da ciascuna delle seguenti caratteristiche di sollecitazione e mostrarne l'andamento indicando i valori massimi e minimi:
M_X = 100 KNm; M_Y = 125 KNm; T_y = 50 KN
Sono date le seguenti proprietà della sezione, mentre la posizione del baricentro è indicata nella Figura (valutare le ulteriori proprietà ritenute necessarie):
$J_X = 4.280\ 10^6\ mm^4$; $J_Y = 1.667\ 10^6\ mm^4$

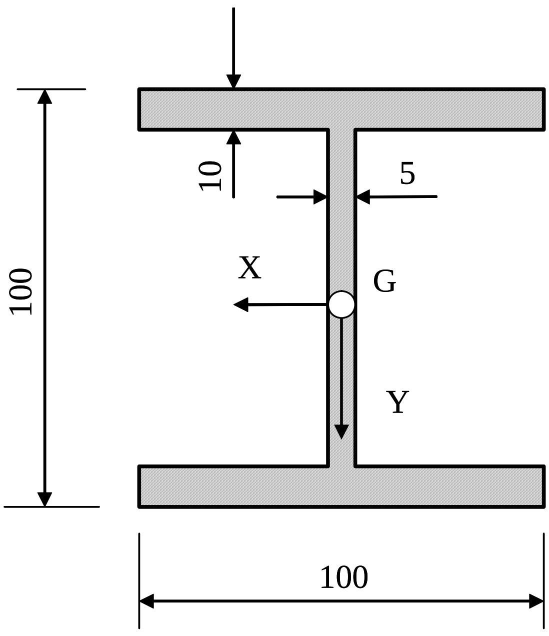


Figura 7

CORSO DI LAUREA IN ING. ELETTRICA

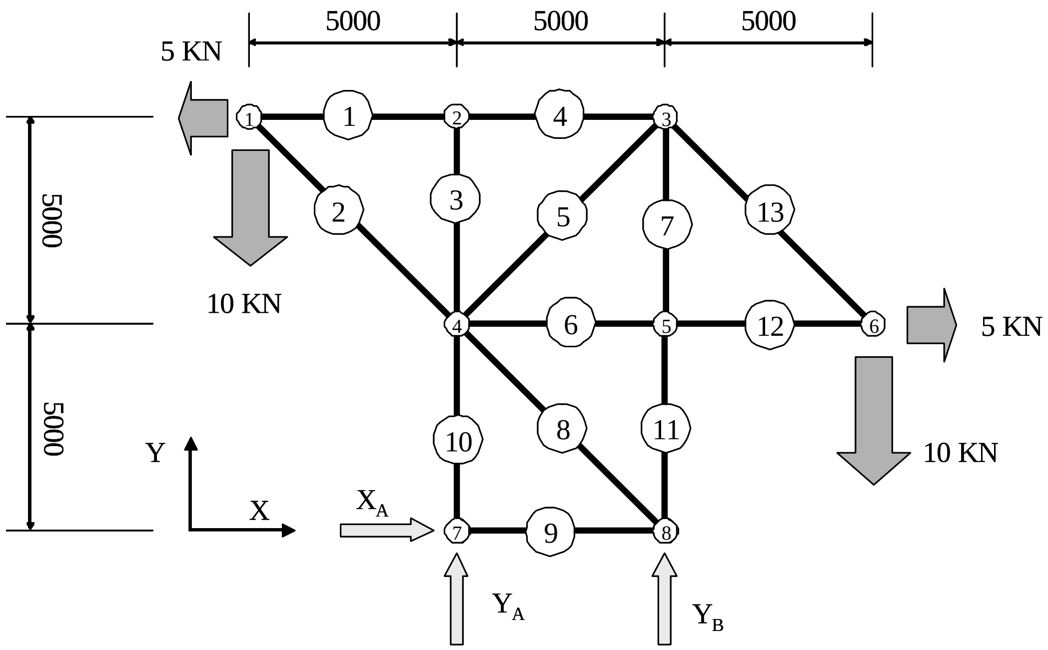
CORSO DI MECCANICA E TECNICA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE

VERIFICA INTERMEDIA DEL 10/02/2005

Quesito 1

Calcolo reazioni vincolari esterne

La struttura è esternamente isostatica. Per il calcolo delle reazioni vincolari esterne si impiegano le equazioni cardinali della statica. Si fissa preliminarmente un sistema di riferimento cartesiano ortogonale e si traccia un diagramma di corpo libero sostituendo i vincolri con le relative reazioni vincolari incognite



Dalle Equazioni di equilibrio si ottiene (forze in KN, lunghezze in mm):

$X_A := 0$ $\quad Y_A := 0$ $\quad Y_B := 0$

Given

Rx = 0 ---> $X_A - 5 + 5 = 0$

Ry = 0 ---> $Y_A + Y_B - 10 - 10 = 0$

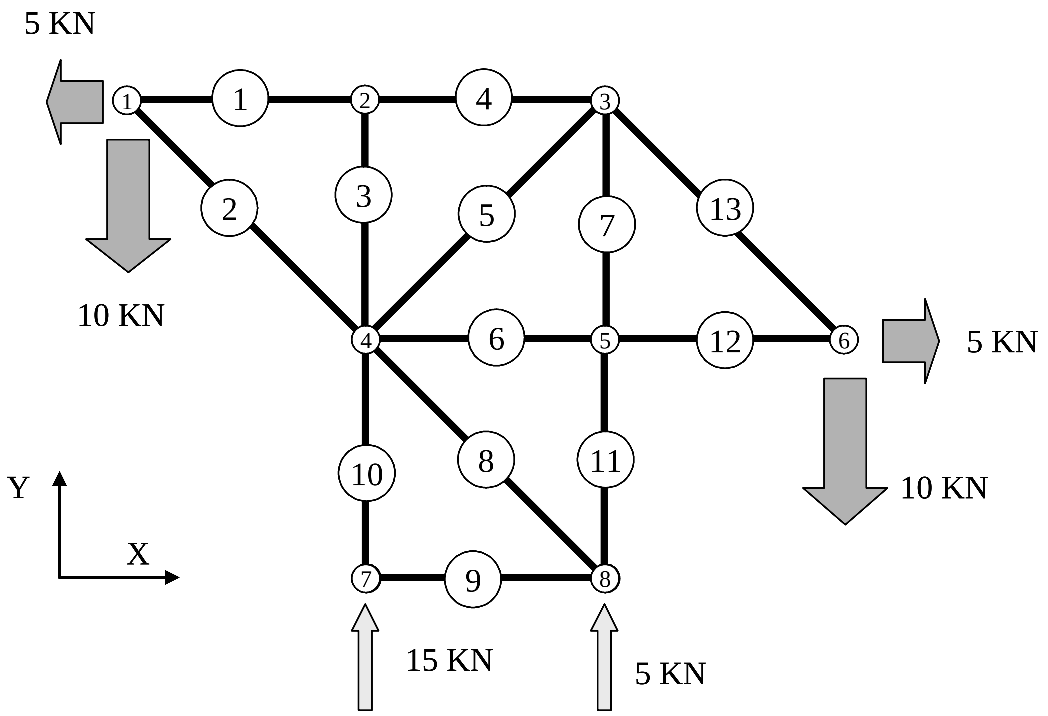
MzA = 0 ---> $Y_B \cdot 5000 - 10 \cdot 10000 - 5 \cdot 5000 + 10 \cdot 5000 + 5 \cdot 10000 = 0$

$$\begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Y_B \end{pmatrix} := \text{Find}(X_A, Y_A, Y_B)$$

Ottenendo i seguenti valori delle reazioni vincolari (in KN):

$X_A = 0$ $Y_A = 15$ $Y_B = 5$

Si ottiene in tal modo il seguente diagramma di corpo libero dell'intera struttura, con tutte le forze esterne applicate



Calcolo delle forze normali nelle aste

Il calcolo delle forze normali agenti nelle aste viene condotto con il metodo dei nodi. Nella procedura è possibile partire da un qualsiasi nodo in cui convergano non più di 2 aste le cui forze normali siano incognite. Convenzionalmente, si assume per le forze normali incognite un verso corrispondente a quello di un'asta tesa.

Nodo 1

Sistema di equazioni

$N_1 := 0$ $\quad N_2 := 0$

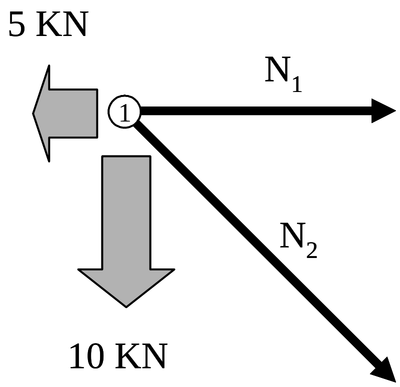
Given

$$N_1 + N_2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) - 5 = 0$$

$$-N_2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4.}\right) - 10 = 0$$

$$\begin{pmatrix} N_1 \\ N_2 \end{pmatrix} := \mathrm{Find}(N_1, N_2)$$

$N_1 = 15$ $\quad N_2 = -14.142$



Nodo 2

Sistema di equazioni

$N_3 := 0$ $\quad N_4 := 0$

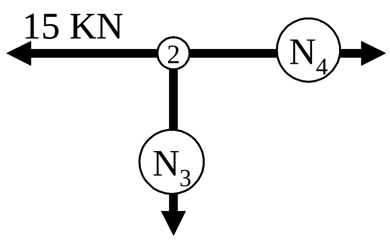
Given

$$N_4 - 15 = 0$$

$$N_3 = 0$$

$$\begin{pmatrix} N_3 \\ N_4 \end{pmatrix} := \mathrm{Find}(N_3, N_4)$$

$N_3 = 0$ $\quad N_4 = 15$



Nodo 6

Sistema di equazioni

$N_{13} := 0$ $\qquad N_{12} := 0$

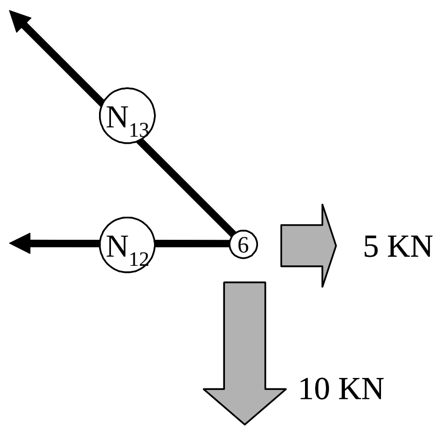
Given

$$-N_{12} - N_{13}\cdot\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) + 5 = 0$$

$$N_{13}\cdot\sin\left(\frac{\pi}{4.}\right) - 10 = 0$$

$$\begin{pmatrix} N_{12} \\ N_{13} \end{pmatrix} := \mathrm{Find}(N_{12}, N_{13})$$

$N_{12} = -5$ $\qquad N_{13} = 14.142$



Nodo 3

Sistema di equazioni

$N_5 := 0$ $\qquad N_7 := 0$

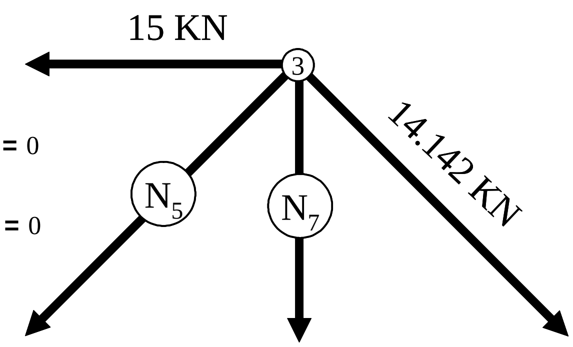
Given

$$-N_5\cdot\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) + 14.142\cdot\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) - 15 = 0$$

$$-N_5\cdot\sin\left(\frac{\pi}{4.}\right) - N_7 - 14.142\cdot\sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = 0$$

$$\begin{pmatrix} N_5 \\ N_7 \end{pmatrix} := \mathrm{Find}(N_5, N_7)$$

$N_5 = -7.071$ $\qquad N_7 = -5$



Nodo 5

Sistema di equazioni

$N_6 := 0 \qquad N_{11} := 0$

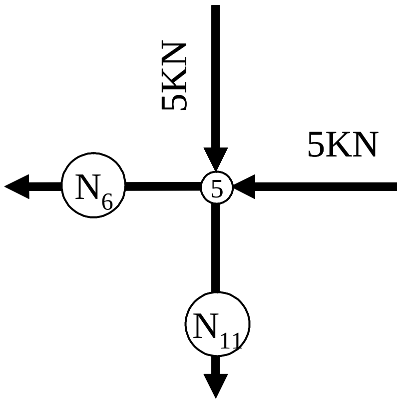
Given

$$-N_6 - 5 = 0$$

$$-N_{11} - 5 = 0$$

$$\begin{pmatrix} N_6 \\ N_{11} \end{pmatrix} := \mathrm{Find}(N_6, N_{11})$$

$N_6 = -5 \qquad N_{11} = -5$



Nodo 8

Sistema di equazioni

$N_8 := 0 \qquad N_9 := 0$

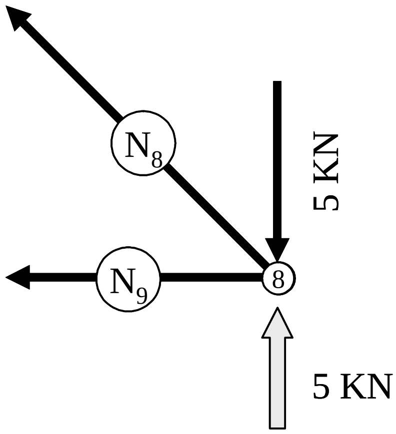
Given

$$-N_9 - N_8 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) = 0$$

$$N_8 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4.}\right) - 5 + 5 = 0$$

$$\begin{pmatrix} N_8 \\ N_9 \end{pmatrix} := \mathrm{Find}(N_8, N_9)$$

$N_8 = 0 \qquad N_9 = 0$



Nodo 7

Sistema di equazioni

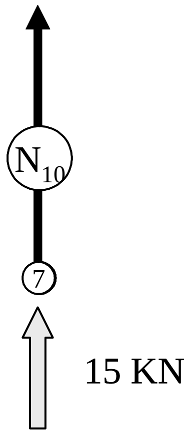
$N_{10} := 0$

Given

$$N_{10} + 15 = 0$$

$N_{10} := \mathrm{Find}(N_{10})$

$N_{10} = -15$

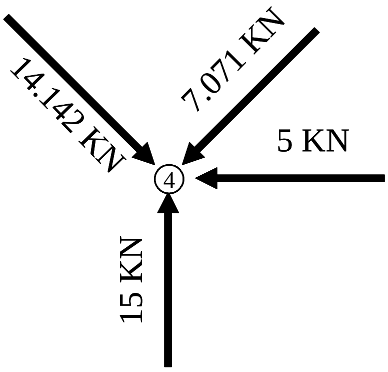


Verifica finale equilibrio nodo 4

Si verifica l'equilibrio del nodo 4, sotto l'azione di tutte le forze ad esso applicate, calcolando le risultanti in direzione "x" ed "y" e verificando la loro uguaglianza a 0.

$$14.142\cdot\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) - 7.071\cdot\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) - 5 = 0$$

$$-14.142\cdot\sin\left(\frac{\pi}{4}\right) - 7.071\cdot\sin\left(\frac{\pi}{4}\right) + 15 = 0$$



CORSO DI LAUREA IN ING. ELETTRICA

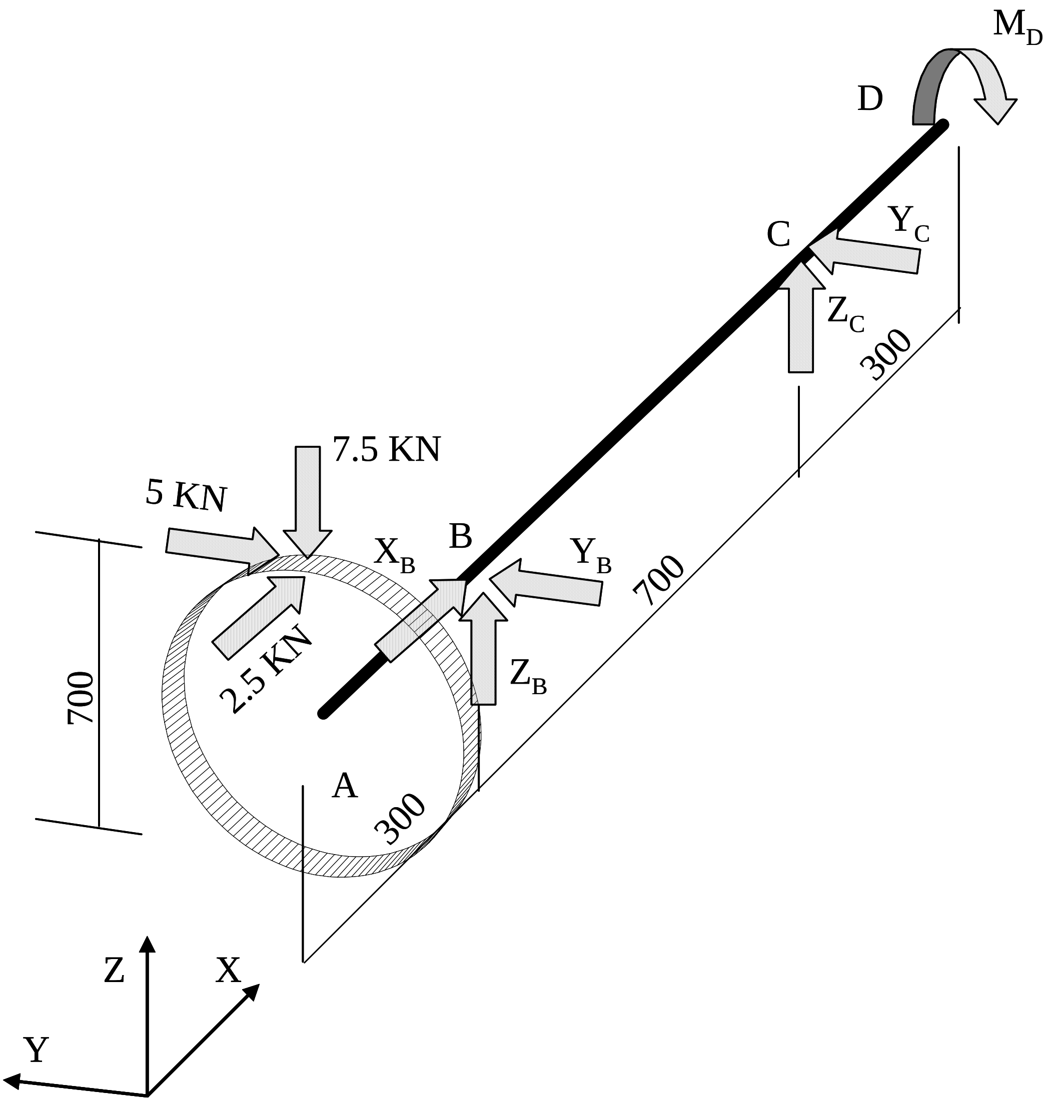
CORSO DI MECCANICA E TECNICA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE

VERIFICA INTERMEDIA DEL 10/02/2005

Quesito 2a

Calcolo delle reazioni vincolari

La struttura è esternamente isostatica, per cui le reazioni vincolari possono essere valutate tramite le 6 equazioni cardinali della statica.
A tale scopo, fissato preliminarmente un sistema di riferimento cartesiano generale "X-Y-Z", si procede in primo luogo a classificare i vincoli, sostituendoli quindi con le relative reazioni vincolari incognite. Si ottiene così lo schema di calcolo riportato nella Figura.



Dalle Equazioni di equilibrio si ottiene (forze in KN, lunghezze in mm, momenti calcolati rispetto al polo B):

$X_B := 0$ $\quad Y_B := 0$ $\quad Z_B := 0$ $\quad Y_C := 0$ $\quad Z_C := 0$ $\quad M_D := 0$

Given

$R_x = 0$ ---> $\quad X_B + 2.5 = 0$

$R_y = 0$ ---> $\quad Y_B + Y_C - 5 = 0$

$R_z = 0$ ---> $\quad Z_B + Z_C - 7.5 = 0$

$M_{xB} = 0$ ---> $\quad M_D + 5 \cdot 350 = 0$

$M_{yB} = 0$ ---> $\quad -Z_C \cdot 700 + 2.5 \cdot 350 - 7.5 \cdot 300 = 0$

$M_{zB} = 0$ ---> $\quad Y_C \cdot 700 + 5 \cdot 300 = 0$

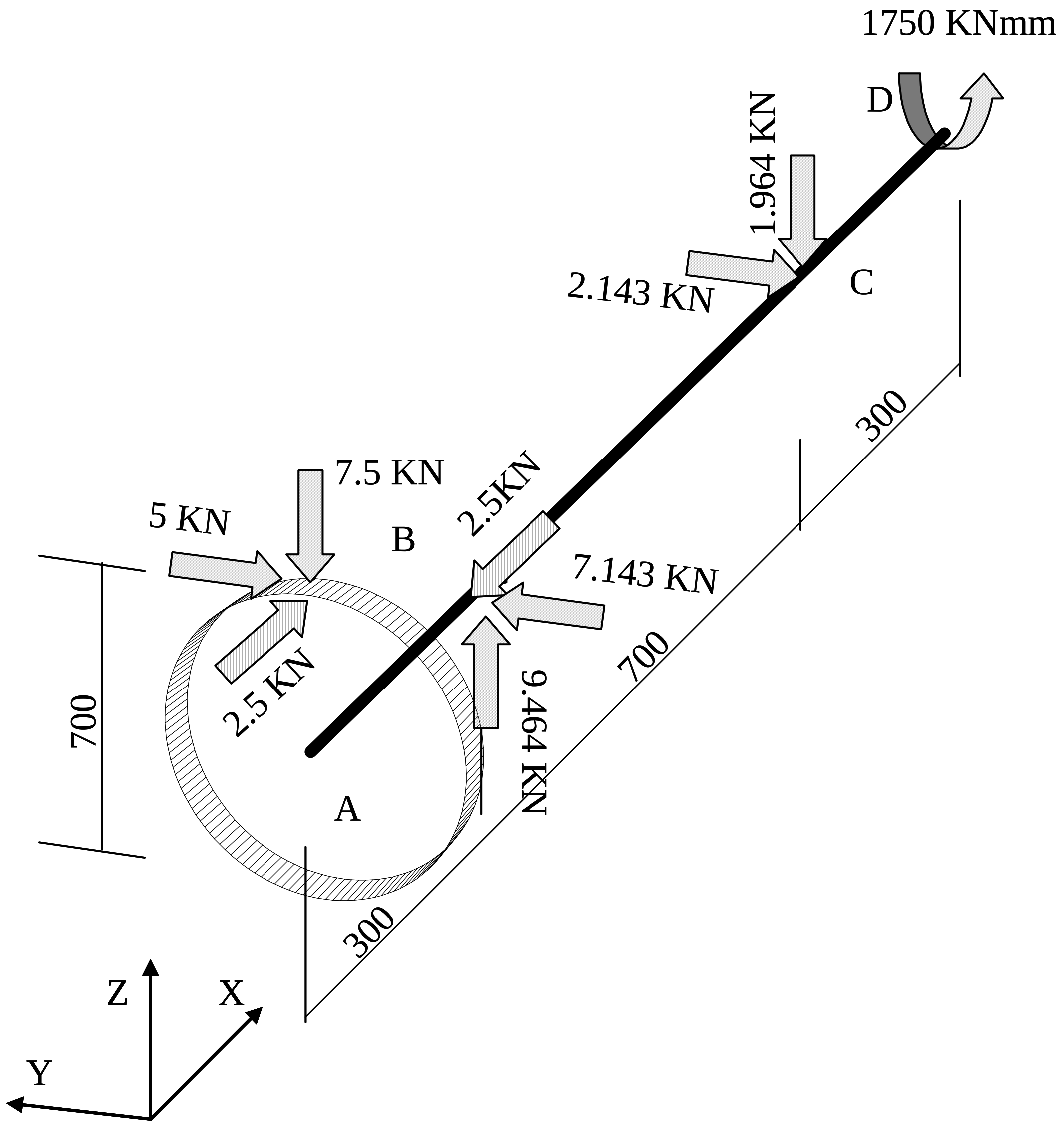
$$\begin{pmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \\ Y_C \\ Z_C \\ M_D \end{pmatrix} := \mathrm{Find}(X_B, Y_B, Z_B, Y_C, Z_C, M_D)$$

Ottenendo i seguenti valori delle reazioni vincolari (in KN):

$X_B = -2.5$ $\quad Y_B = 7.143$ $\quad Z_B = 9.464$

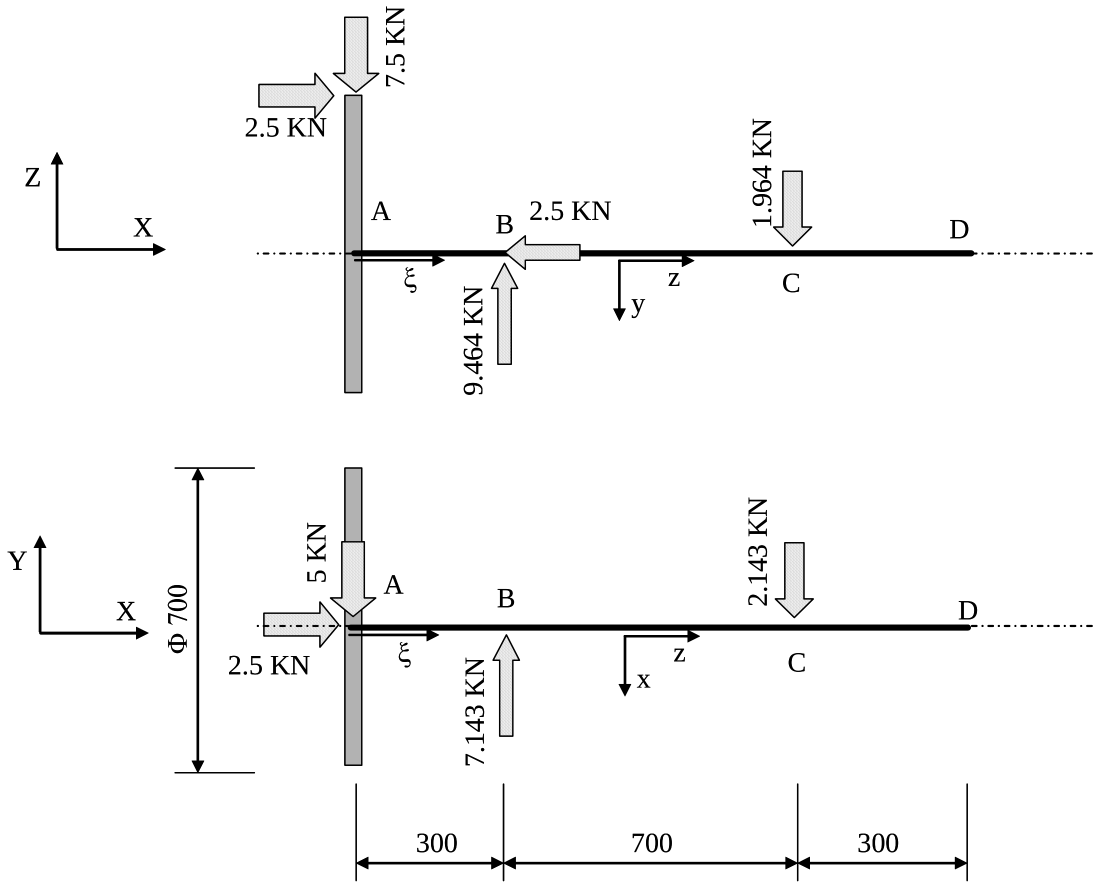
$Y_C = -2.143$ $\quad Z_C = -1.964$ $\quad M_D = -1.75 \times 10^3$

Si ottiene in tal modo il seguente diagramma di corpo libero dell'intera struttura, con tutte le forze esterne applicate



Tracciamento diagrammi caratteristiche di sollecitazione

Ai fini del tracciamento dei diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione, si ritiene utile riportare lo schema di corpo libero della struttura visto nei piani "XY" e "XZ".
Si introduce quindi la coordinata curvilinea ξ (origine nel punto A) e si fissa sulla generica sezione il sistema di riferimento corrente x-y-z per il calcolo della caratteristiche di sollecitazione, con l'asse z orientato nella direzione delle ξ positive e l'asse y verso il basso, come mostrato in figura



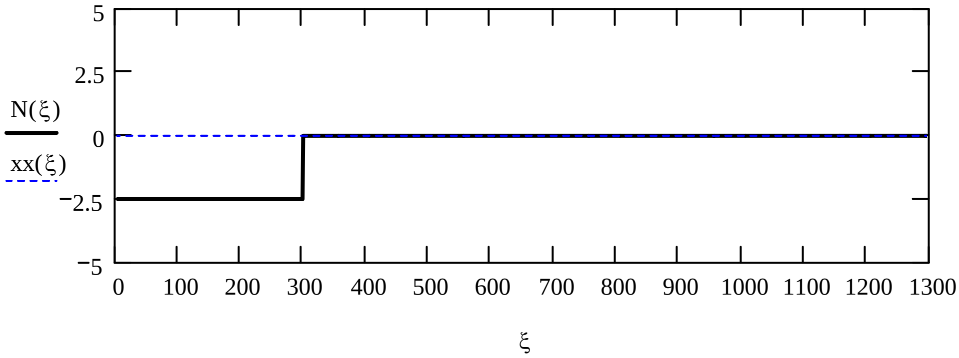
Forza Normale

La forza normale è data da:

$\xi := 0, 1 .. 1300$

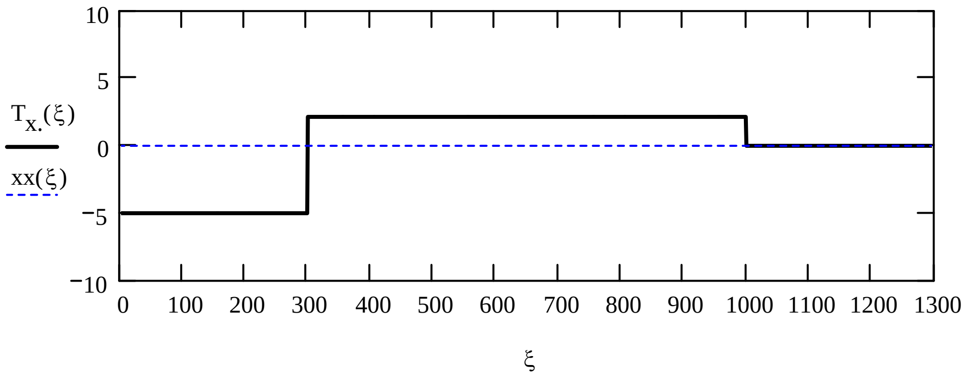
$xx(\xi) := 0$ (questa variabile fittizia ha il solo scopodi far comparire sui diagrammi la linea corrispondente al valore 0)

$$N(\xi) := \begin{cases} -2.5 & \text{if } 0 \le \xi \le 300 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



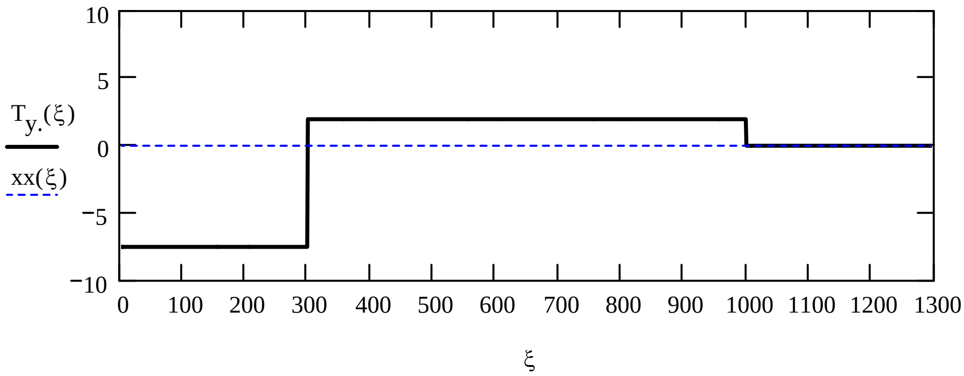
Taglio T_X

$$T_{x.}(\xi) := \begin{cases} -5 & \text{if } 0 \le \xi \le 300 \\ 2.143 & \text{if } 300 \le \xi \le 1000 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



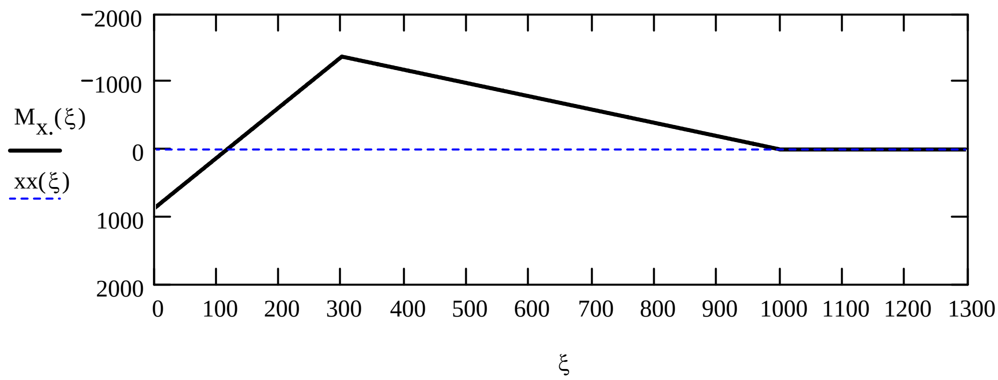
Taglio T_Y

$$T_{y.}(\xi) := \begin{cases} -7.5 & \text{if } 0 \le \xi \le 300 \\ 1.964 & \text{if } 300 \le \xi \le 1000 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



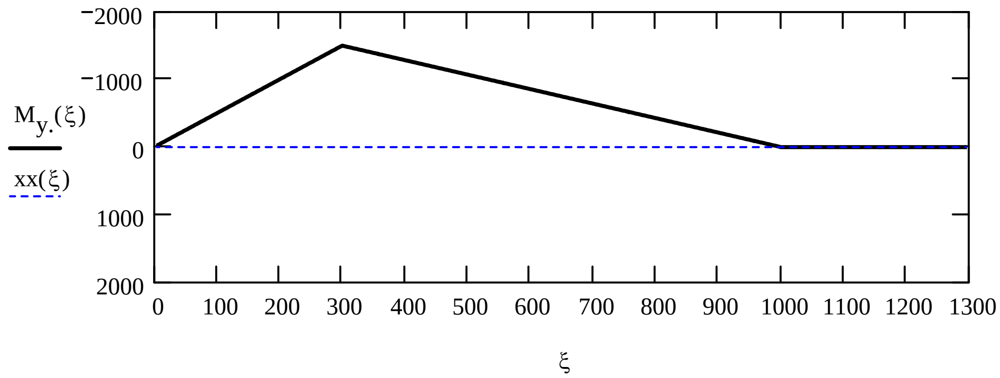
Momento M_X

$$M_{x.}(\xi) := \begin{cases} 2.5\cdot 350 - 7.5\cdot\xi & \text{if } 0 \le \xi \le 300 \\ -1.964\cdot(1000-\xi) & \text{if } 300 \le \xi \le 1000 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



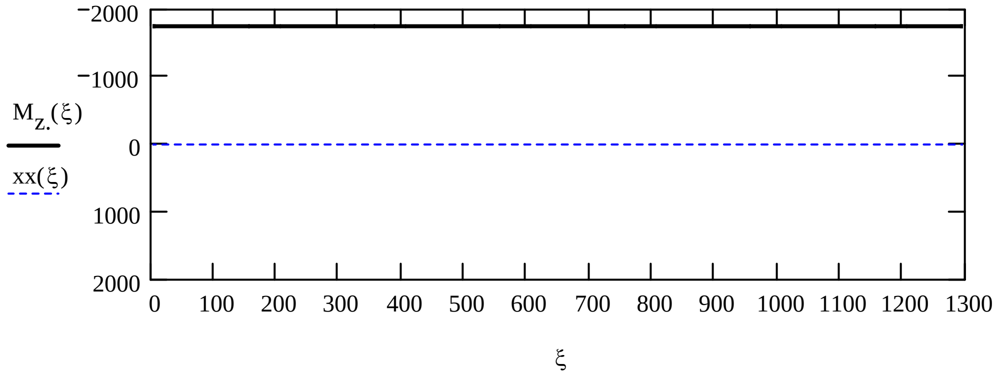
Momento M_Y

$$M_{y.}(\xi) := \begin{cases} -5\cdot\xi & \text{if } 0 \le \xi \le 300 \\ -2.143\cdot(1000-\xi) & \text{if } 300 \le \xi \le 1000 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



Momento M_Z

$$M_{z.}(\xi) := \begin{cases} -1750 & \text{if } 0 \le \xi \le 1300 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



CORSO DI LAUREA IN ING. ELETTRICA

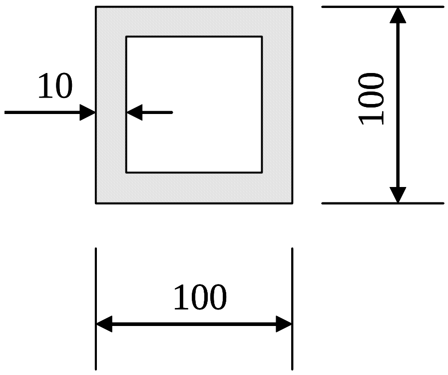
CORSO DI MECCANICA E TECNICA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE

VERIFICA INTERMEDIA DEL 10/02/2005

Quesito 2b

Calcolo del valore del carico distribuito dovuto al peso proprio

La struttura ha una sezione quadrata, mostrata in Figura. Il carico distribuito dovuto al peso proprio è, per definizione, la forza dovuta alla gravità applicata ad un tratto di trave di lunghzza unitaria. Nel seguito tale carico viene calcolato in N/mm.



MATERIALE: ACCIAIO
$\rho = 7.8$ Kg/dm^3

Area

$A := 100^2 - 80^2 \qquad A = 3.6 \times 10^3$ mm^2

Densità

$\rho := 7.8$ Kg/dm^3

$\rho := 7.8 \cdot 10^{-6}$ Kg/mm^3

Massa di un tratto di lunghezza unitaria

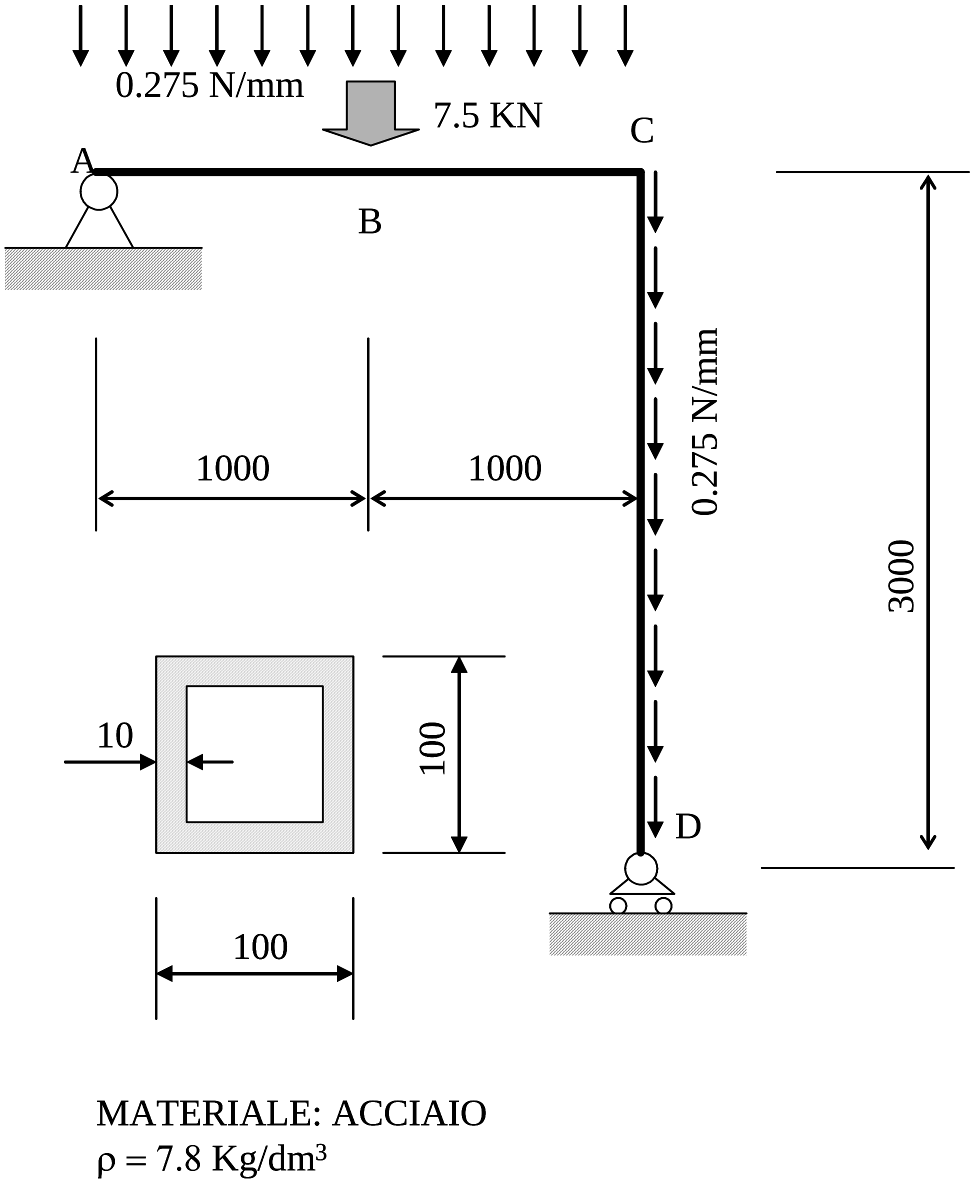
$m := \rho \cdot A \qquad m = 0.028$ Kg/mm

Forza peso su un tratto di lunghezza unitaria

$g := 9.81$ m/sec^2

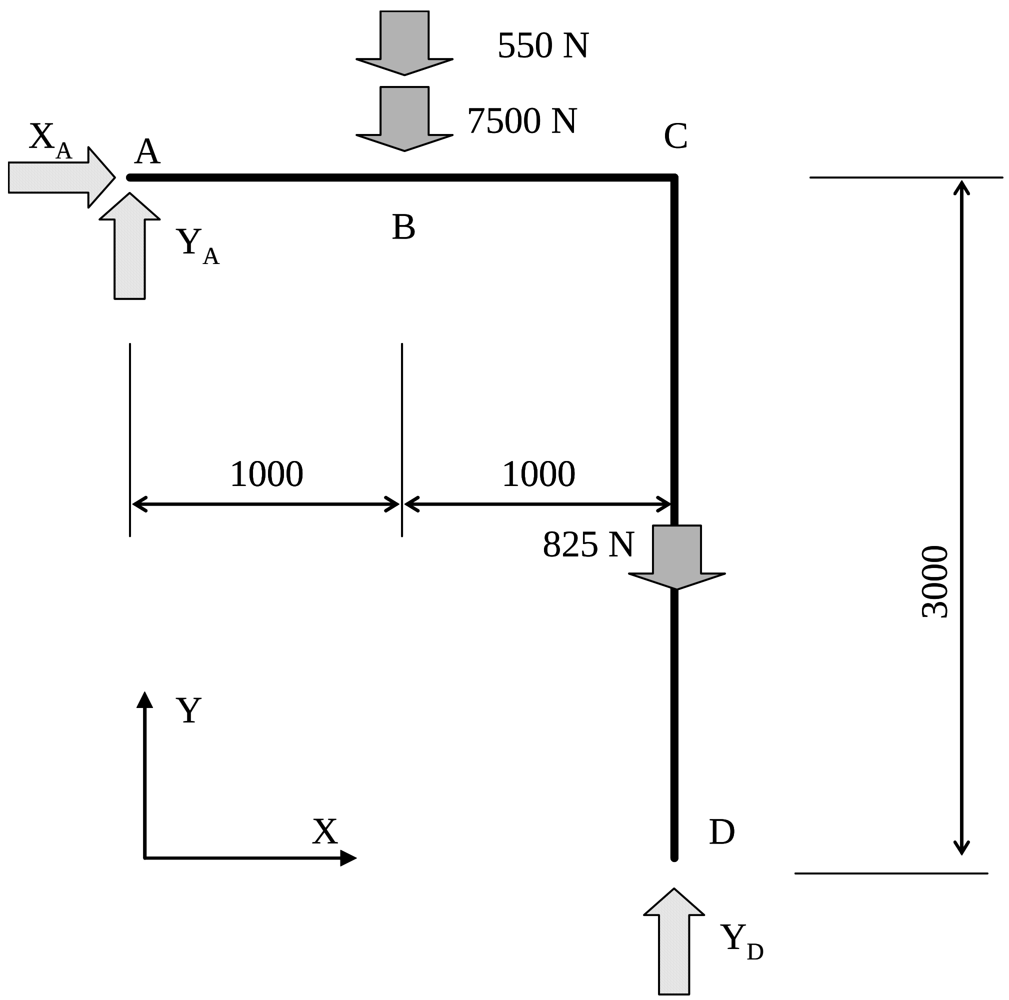
$p := m \cdot g \qquad p = 0.275$ N/mm

Si ottiene in tal modo il seguente schema della struttura.



Calcolo reazioni vincolari esterne

La struttura è esternamente isostatica. Per il calcolo delle reazioni vincolari esterne si impiegano le equazioni cardinali della statica. Si fissa preliminarmente un sistema di riferimento cartesiano ortogonale e si traccia un diagramma di corpo libero sostituendo i vincoli con le relative reazioni vincolari incognite. Ai fini del calcolo delle reazioni vincolari è possibile sostituire i carichi distribuiti sui tratti orizzontali e verticali della trave con carichi concentrati "staticamente equivalenti". Si ottiene in tal modo il seguente schema di calcolo



Dalle Equazioni di equilibrio si ottiene (forze in N, lunghezze in mm, momenti calcolati rispetto al polo A):

$X_A := 0 \qquad Y_A := 0 \qquad Y_D := 0$

Given

R_x = 0 ---> $\quad X_A = 0$

R_y = 0 ---> $\quad Y_A + Y_D - 7500 - 550 - 825 = 0$

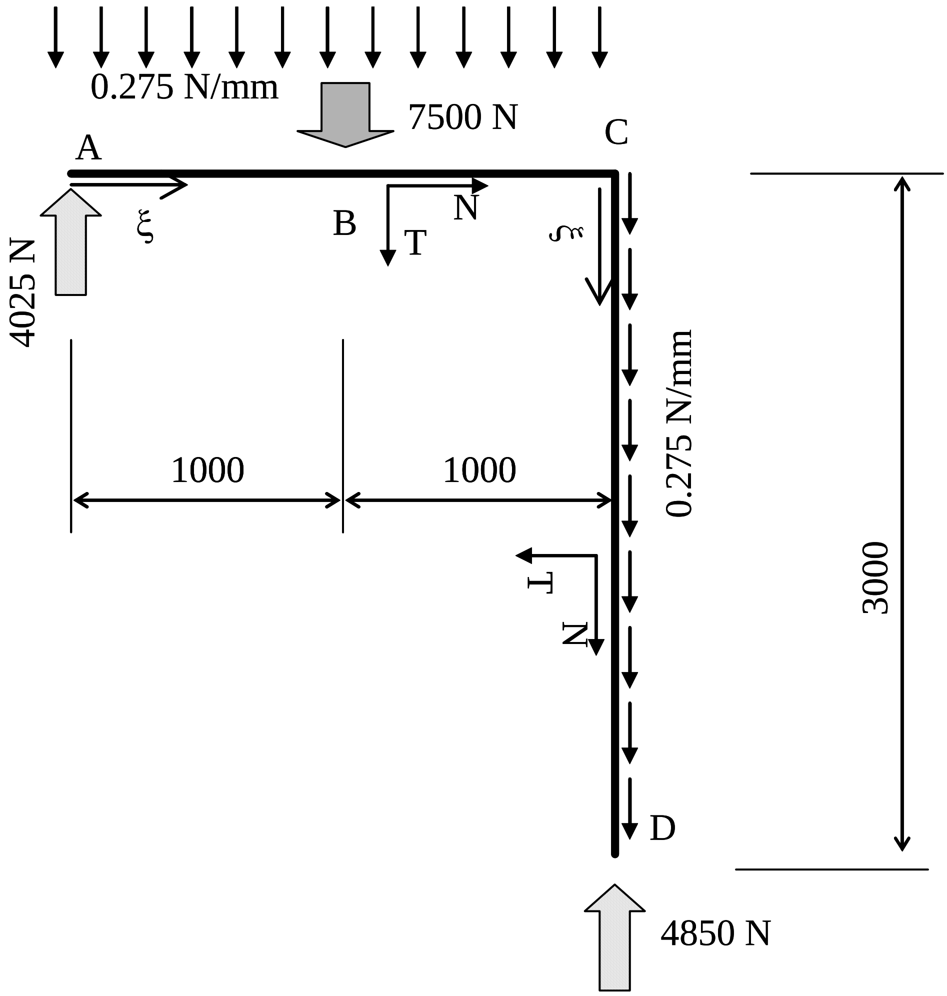
MzA = 0 ---> $\quad Y_D \cdot 2000 - 550 \cdot 1000 - 7500 \cdot 1000 - 825 \cdot 2000 = 0$

$$\begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Y_D \end{pmatrix} := \mathrm{Find}(X_A, Y_A, Y_D)$$

Ottenendo i seguenti valori delle reazioni vincolari (in KN):

$X_A = 0$ $\qquad Y_A = 4.025 \times 10^3$ $\qquad Y_D = 4.85 \times 10^3$

Si ottiene in tal modo il seguente diagramma di corpo libero dell'intera struttura, con tutte le forze esterne applicate



Tracciamento diagrammi caratteristiche di sollecitazione

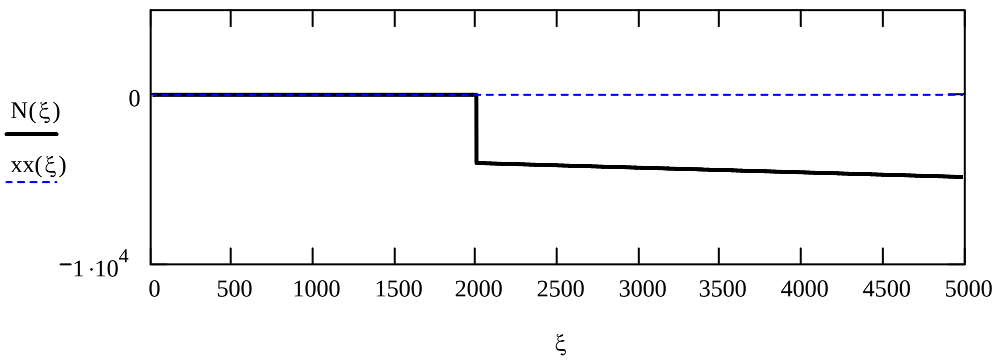
Ai fini del tracciamento dei diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione, si introduce la coordinata curvilinea ξ (origine nel punto A) e si fissa sulla generica sezione il sistema di riferimento corrente x-y-z, con l'asse z orientato nella direzione delle ξ positive e l'asse y come mostrato nella figura precedente.
Nelle figure seguenti, i diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione sono rappresentati per semplicità nella forma di diagramma cartesiano. Per comprenderli è sufficiente tenere presente che il punto C corrisponde alla quota ξ=2000.

Forza Normale

La forza normale è data da**:**

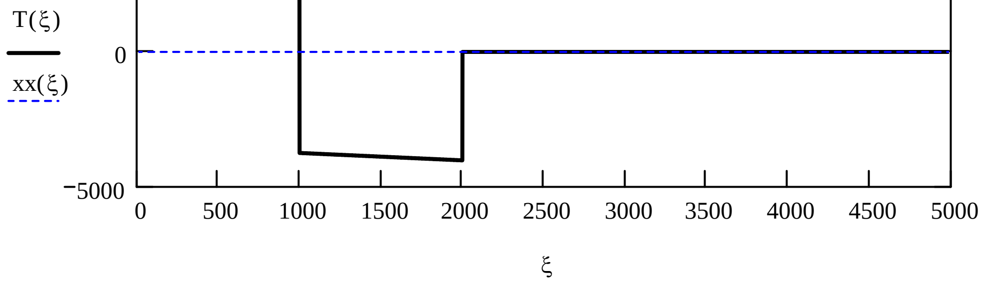
$\xi := 0, 1 .. 5000$ $\qquad\qquad$ $xx(\xi) := 0$

$$N(\xi) := \begin{cases} 0 & \text{if } 0 \le \xi \le 2000 \\ -4850 + 0.275\cdot(5000 - \xi) & \text{if } 2000 \le \xi \le 5000 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



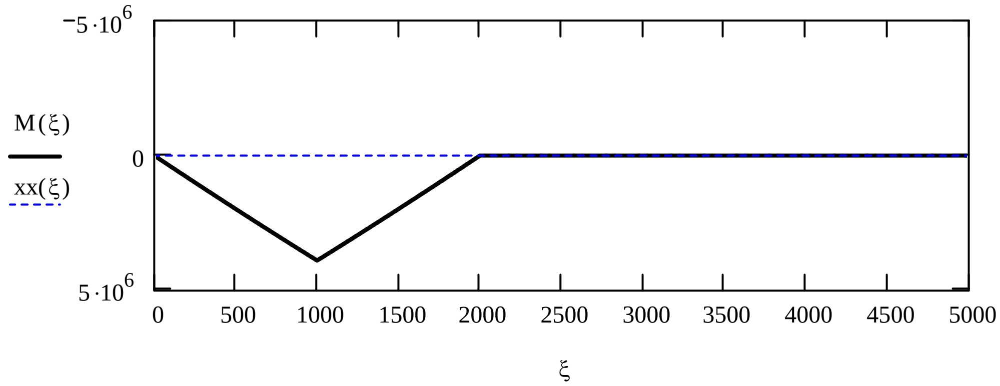
Taglio T

$$T(\xi) := \begin{cases} 4025 - 0.275\cdot\xi & \text{if } 0 \le \xi \le 1000 \\ 4025 - 7500 - 0.275\cdot\xi & \text{if } 1000 \le \xi \le 2000 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



Momento M

$$M(\xi) := \begin{cases} 4025\cdot\xi - 0.275\cdot\dfrac{\xi^2}{2} & \text{if } 0 \le \xi \le 1000 \\ 4025\cdot\xi - 7500\cdot(\xi - 1000) - 0.275\cdot\dfrac{\xi^2}{2} & \text{if } 1000 \le \xi \le 2000 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



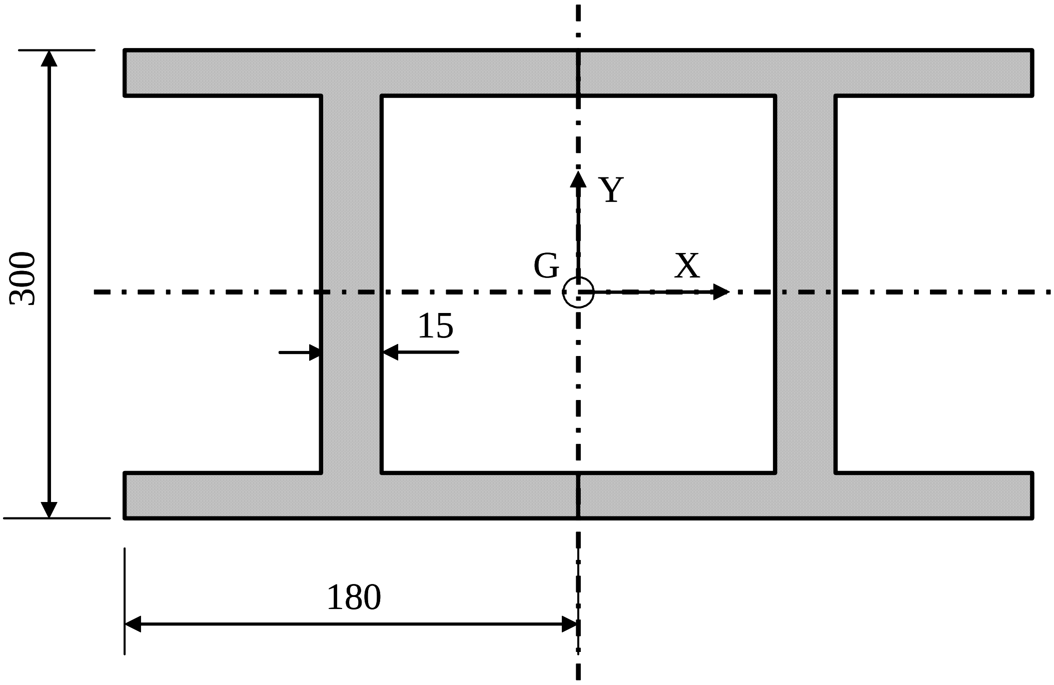
CORSO DI LAUREA IN ING. ELETTRICA

CORSO DI MECCANICA E TECNICA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE

VERIFICA INTERMEDIA DEL 10/02/2005

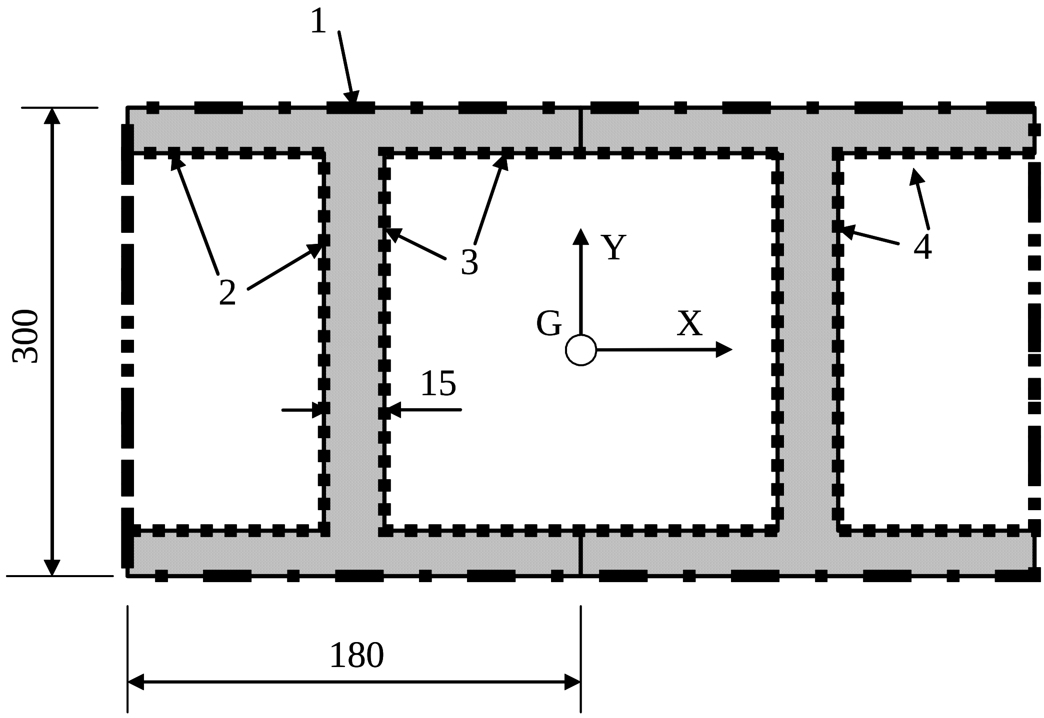
Quesito 3

Posizione del baricentro
Il baricentro si trova nell'intersezione dei due assi di simmetria della figura, a metà dei due lati.



Momento attorno all'asse X

Il momento attorno ad X può essere valutato come differenza tra quello del rettangolo esterno alla sezione (rettangolo 1) e quello dei tre rettangoli interni corrispondenti alle zone vuote (rettangoli 2-4). Per tutti i rettangoli, l'asse X baricentrico della sezione coincide con l'asse X baricentrico del rettangolo stesso.
Per semplificare i calcoli si può inoltre osservare che i rettangoli 2, 3 e 4 sono equivalenti ad un unico rettangolo che ha base doppia rispetto al rettangolo 3



$$J_{X1} := \frac{1}{12}\cdot(2\cdot 180)\cdot 300^3$$

$$J_{X2} := \frac{1}{12}\cdot\left(\frac{180-15}{2}\right)\cdot(300-2\cdot 15)^3$$

$$J_{X3} := \frac{1}{12}\cdot(180-15)\cdot(300-2\cdot 15)^3$$

$$J_{X4} := J_{X2}$$

$$J_X := J_{X1} - J_{X2} - J_{X3} - J_{X4}$$

$$J_X = 2.687\times 10^8 \quad mm^4$$

Momento attorno all'asse Y

Il momento attorno ad Y può essere valutato in maniera analoga a quello attorno all'asse X. E' tuttavia necessario tener presente che l'asse Y globale della sezione non coincide con l'asse y baricentrico del singolo rettangolo nel caso dei rettangoli 2 e 4. Per valutare il contributo di questi ultimi al momento attrorno all'asse Y globale si rende quindi necessario includere il momento di trasporto.

$$J_{Y1} := \frac{1}{12}\cdot(2\cdot 180)^3\cdot 300$$

$$J_{Y2} := \frac{1}{12}\cdot\left(\frac{180-15}{2}\right)^3\cdot(300-2\cdot 15) + \left(\frac{180-15}{2}\right)\cdot(300-2\cdot 15)\cdot\left[180-\frac{1}{2}\left(\frac{180-15}{2}\right)\right]^2$$

$$J_{Y3} := \frac{1}{12}\cdot(180-15)^3\cdot(300-2\cdot 15)$$

$$J_{Y4} := J_{Y2}$$

$$J_Y := J_{Y1} - J_{Y2} - J_{Y3} - J_{Y4}$$

$J_Y = 1.824 \times 10^8$ mm^4

Quesito 4

Variazione unità di misura
Si esprimono la caratteristiche di sollecitazione in N e Nmm..

$J_x := 4.280 \cdot 10^6$ mm^4

$J_y := 1.667 \cdot 10^6$ mm^4

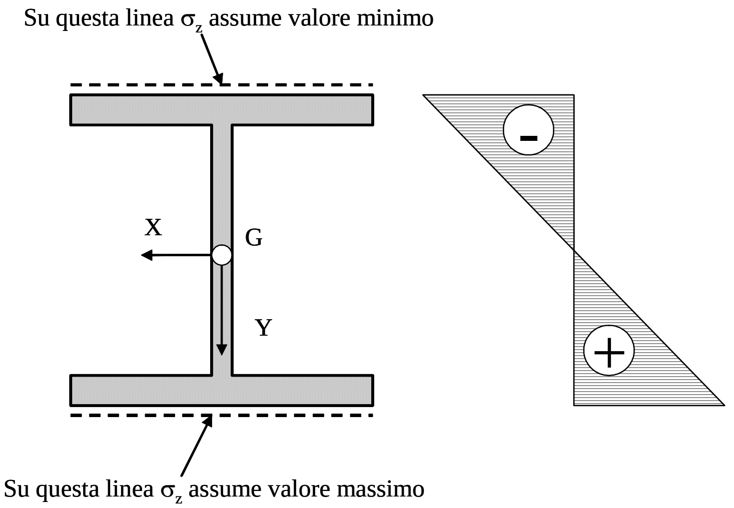
$M_x := 100 \cdot 10^6$ N*mm

$M_y := 125 \cdot 10^6$ N*mm

$T_y := 50 \cdot 10^3$ N

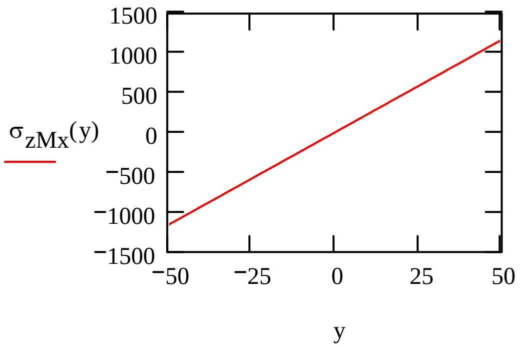
Tensioni dovute ad M_x

Dato che, vista la simmetria, l'asse "X" è uno degli assi principali di inerzia, la flessione attorno ad "X" è un caso di flessione retta. Le tensioni consistono quindi nella sola σ_z, sono date dalla formula di Navier e risultano constanti con "X" e lineari in "Y". I valori massimi e minimi si verificano nelle zone indicate nella figura seguente.



$y := -50 .. 50$

$\sigma_{zMx}(y) := \frac{M_x}{J_x} \cdot y$ Formula di Navier per M_x



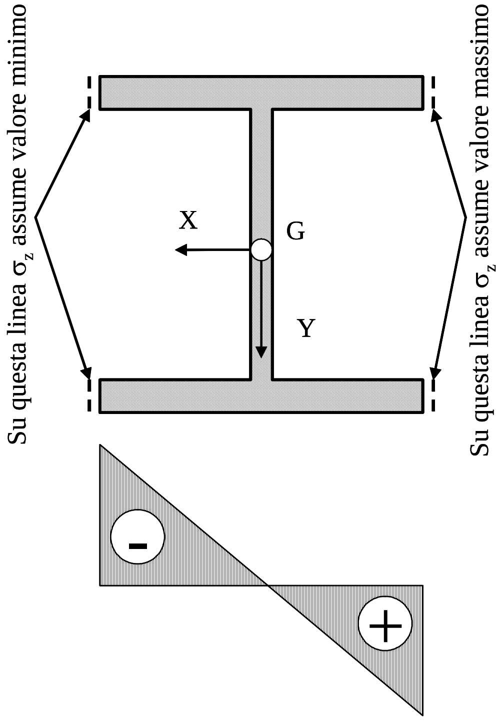
Variazione con "y" della tensione σ_z dovuta al momento M_x

$\sigma_{zMx}(-50) = -1.168 \times 10^3$ MPa Valore minimo

$\sigma_{zMx}(50) = 1.168 \times 10^3$ MPa Valore massimo

Tensioni dovute ad My

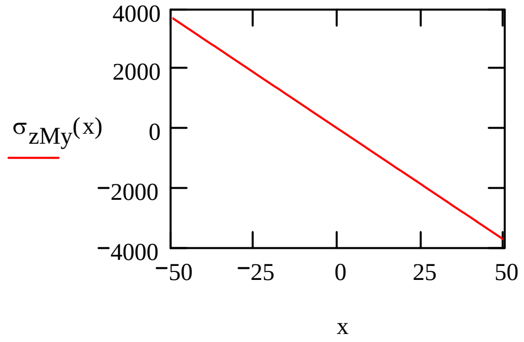
Dato che anche l'asse "Y" è uno degli assi principali di inerzia, anche la flessione attorno ad "Y" è un caso di flessione retta. Le tensioni consistono quindi nella sola σ_z, sono date dalla formula di Navier e risultano constanti con "Y" e lineari in "X". I valori massimi e minimi si verificano nelle zone indicate nella figura seguente.



$x := -50 .. 50$

$$\sigma_{zMy}(x) := -\frac{M_y}{J_y} \cdot x$$

Formula di Navier per M_y



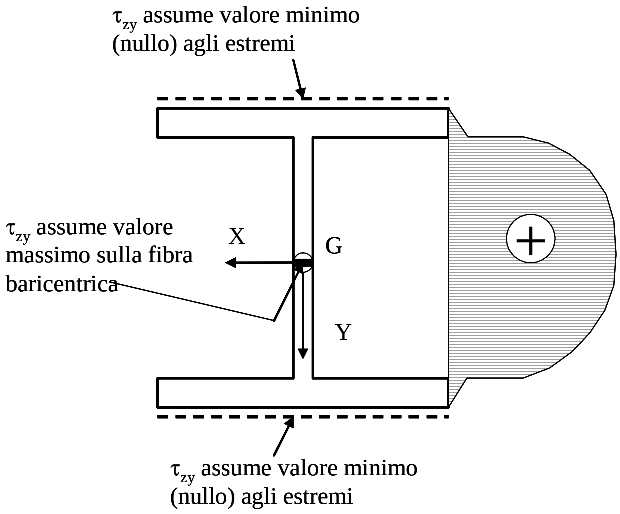
Variazione con "x" della tensione σ_z dovuta al momento M_y

$\sigma_{zMy}(50) = -3.749 \times 10^3$ MPa Valore minimo

$\sigma_{zMy}(-50) = 3.749 \times 10^3$ MPa Valore massimo

Tensioni dovute a Ty

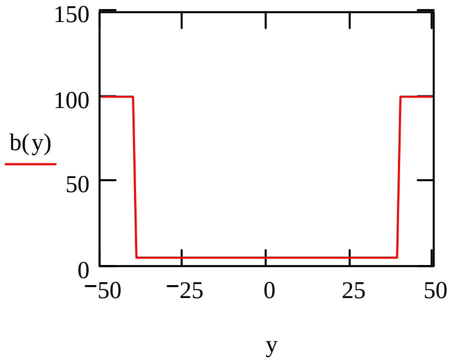
Le tensioni dovute a T_y consistono quindi nella τ_{zy}, sono date dalla formula di Jourawsky e risultano constanti con "X" e variabili con"Y". I valori massimi e minimi si verificano nelle zone indicate nella figura seguente.



$y := -50 .. 50$

$$b(y) := \begin{cases} 100 & \text{if } -50 \le y \le -40 \\ 100 & \text{if } 40 \le y \le 50 \\ 5 & \text{otherwise} \end{cases}$$

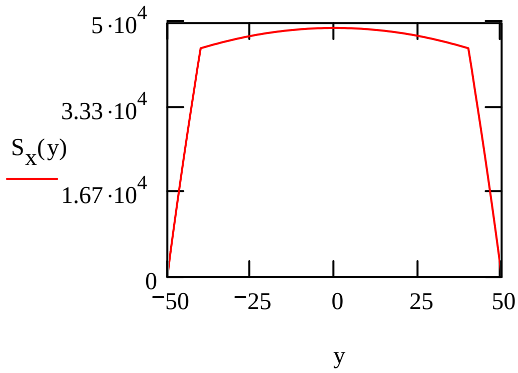
Funzione che rappresenta la corda "b" nella formula di Jourawsky, in funzione di "y"



Andamento di b(y) lungo la sezione

$$S_x(y) := \begin{cases} 100\cdot(50-y)\cdot\dfrac{50+y}{2} & \text{if } 40 \le y \le 50 \\ 100\cdot10\cdot45 + 5\cdot(40-y)\cdot\dfrac{40+y}{2} & \text{if } -40 < y < 40 \\ 100\cdot10\cdot45 + 100\cdot(-40-y)\cdot\dfrac{y-40}{2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

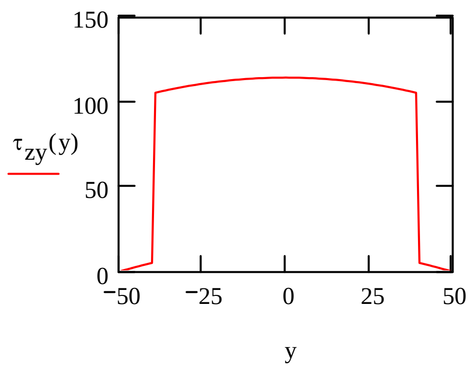
Funzione che rappresenta il momento statico $S_x(y)$ della parte di sezione che si trova al di sopra della quota "y" (formula di Jourawsky) in funzione di "y"



Andamento di $S_x(y)$ lungo la sezione

$$\tau_{zy}(y) := \frac{T_y\cdot S_x(y)}{J_x\, b(y)}$$

Formula di Jourawsky



Variazione con "y" della tensione tangenziale τ_{zy}

$\tau_{zy}(0) = 114.486$ MPa — Valore massimo

$\tau_{zy}(-50) = 0$ MPa

$\tau_{zy}(50) = 0$ MPa

Valori minimi