

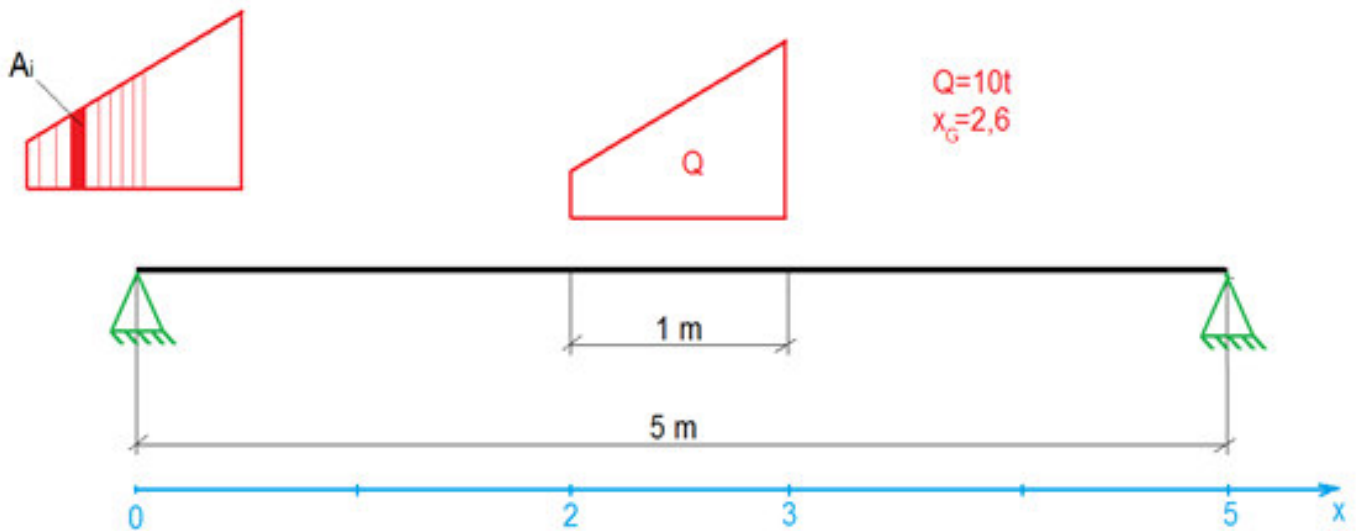
ESERCIZI COSTRUZIONI NAVALI
(pontoni e relazioni)
prof. RIZZUTO

A.A. 2016/17

L'esercitazione n1 ha come **obiettivo** lo studio delle caratteristiche di sollecitazione di una trave appoggiata agli estremi e caricata per un certo tratto con distribuzione lineare di carico.

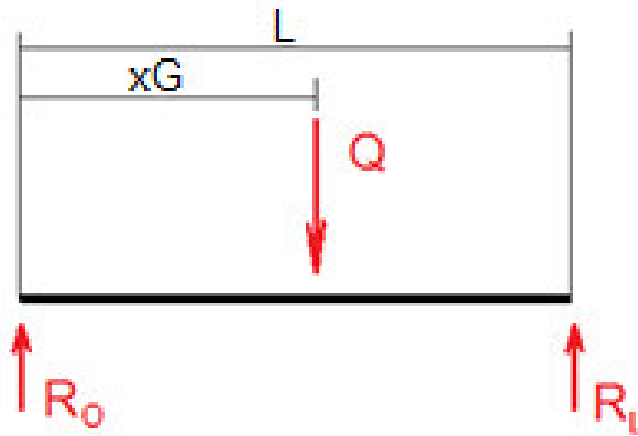
A partire dai dati in ingresso sul carico è stato verificato l'**equilibrio** e quindi sono state calcolate le **reazioni vincolari**. Successivamente è stata calcolata la **distribuzione trapezia** e, con le opportune integrazioni (numeriche) sono stati trovati **taglio** e **momento flettente**.

DATI DI PARTENZA



E' stata scelta una trave lunga 5 m e caricata al centro (tra $x=2$ e $x=3$) dal carico lineare di risultante 10 t e baricentro in $x=2,6$ (per evitare il caso di trapezio degenerare x_G deve stare nel terzo centrale).

Campata	
n	50
x0	0
L [m]	5
Carico	
Xin [m]	2
Xfin [m]	3
Q [t]	-10
xG(Q) [m]	2.6

CALCOLI IN DETTAGLIO**1. Reazioni vincolari**

Si consideri il carico risultante agente nel baricentro ($xG=2,6$).

Imponendo l'equilibrio alla traslazione verticale:

$$R(0) + R(L) - Q = 0$$

Imponendo invece l'equilibrio alla rotazione (polo in 0):

$$R(L) \cdot L - Q \cdot xG = 0$$

Risolvendo in sistema nelle incognite $R(0)$ e $R(L)$ sono stati ottenuti i valori delle **reazioni**:

$$R(L) = \frac{Q \cdot xG}{L} = 5,2 \text{ t}; \quad R(0) = Q - \frac{Q \cdot xG}{L} = 4,8 \text{ t};$$

2. Distribuzione di carico

A partire dai dati in ingresso è stato calcolato il carico iniziale e quello finale della distribuzione trapezia ($Q=10 \text{ t}$):

$$q(ini) = \frac{Q}{Lc} - 6 \frac{Q\bar{x}}{(Lc)^2} = 4 \text{ t/m}; \quad q(fin) = \frac{Q}{Lc} + 6 \frac{Q\bar{x}}{(Lc)^2} = 16 \text{ t/m}$$

Con Lc è stata indicata la lunghezza del carico e con $\bar{x}$ la distanza del baricentro dal punto medio della distribuzione

$$\bar{x} = xG - \frac{x(fin) + x(ini)}{2}$$

Distribuzione Q	
x_segno[m]	0.1
L (carico) [m]	1
qini [t/m]	-4
qfin [t/m]	-16

E' stato preparato un foglio elettronico contenente le distribuzioni longitudinali di carico e le caratteristiche di sollecitazione per integrazione numerica. In particolare la **colonna delle x** è stata generata con la funzione "IF" per tener conto delle discontinuità. [IF(verifica; cosa fare se la verifica è positiva; cosa fare se la verifica è negativa)].

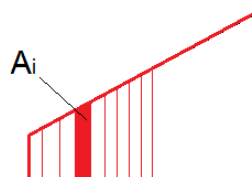
In seguito è stata generata la **colonna dei carichi q(x)** usando le funzioni "IF", "OR", "AND" per fare interpolazione lineare nel caso in cui la x si trovasse nell'intervallo in cui è applicato il carico, oppure stampare zero in caso contrario.

3. Caratteristiche di sollecitazione

Il **taglio [t]** è stato calcolato integrando numericamente il carico con il metodo dei trapezi (in questo caso non vi è approssimazione poichè la distribuzione è lineare) e sommando il valore della reazione vincolare R (costante dell'integrale).

$$T = \int_0^L q(x) dx + R \quad \text{che discretizzando diventa:} \quad T = \sum_{i=1}^n A_i + R$$

(A_i è la generica area dei trapezi piccolini della somma)



Il **momento flettente [t*m]** è stato ricavato invece integrando numericamente il taglio (commettendo un errore in quanto l'andamento è quadratico):

$$M = \int_0^L T(x) dx$$

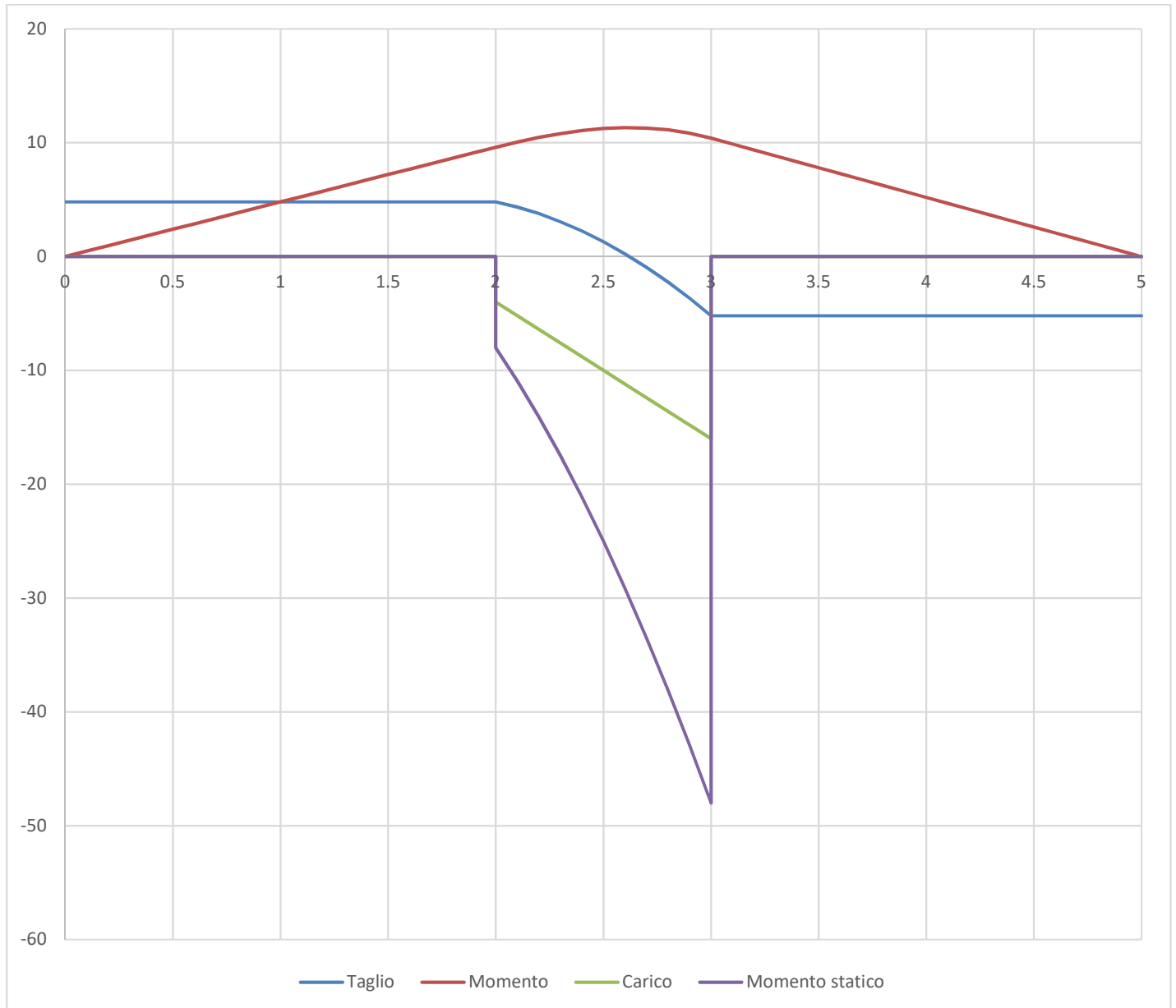
L'errore commesso è calcolabile come:

$$e = \frac{|\text{integr}[x*q(x)] - M|}{M} = \frac{26,02 - 26}{26} = 0,00077$$

(in percentuale $e \ll 1\%$, che rappresenta il limite ingegneristico)

Per semplificare le operazioni e renderle leggibili sono state create a parte le colonne " $\text{integr}[q(x)]$ ", " $x*q(x)$ " e " $\text{itegr}[x*q(x)]$ ". Tutti i dettagli sono disponibili alla fine.

E' stato prodotto un grafico finale in cui sono riportati carico, taglio e momento in funzione di x .



FOGLIO EXCEL

Dati in ingresso	
Campata	
n	50
x_0	0
L [m]	5
Carico	
Xin [m]	2
Xfin [m]	3
Q [t]	-10
xG(Q) [m]	2.6
Distribuzione Q	
Xmedio [m]	0.1
L (carico) [m]	1
qini [t/m]	-4
qfin [t/m]	-16

REAZIONI VINCOLARI	
R(0) [t]	4.8
R(L) [t]	5.2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
20	x	q(x)	T _v (x)	M _v (x)			x*q(x)	integr[q(x)]	integr[x*q(x)]
21	-								
22	0	0	4.8	0			0	0	0
23	0	0	4.8	0			0	0	0
24	0.1	0	4.8	0.48			0	0	0
25	0.1	0	4.8	0.48			0	0	0
26	0.2	0	4.8	0.96			0	0	0
27	0.2	0	4.8	0.96			0	0	0
28	0.3	0	4.8	1.44			0	0	0
29	0.3	0	4.8	1.44			0	0	0
30	0.4	0	4.8	1.92			0	0	0
31	0.4	0	4.8	1.92			0	0	0
32	0.5	0	4.8	2.4			0	0	0
33	0.5	0	4.8	2.4			0	0	0
34	0.6	0	4.8	2.88			0	0	0
35	0.6	0	4.8	2.88			0	0	0
36	0.7	0	4.8	3.36			0	0	0
37	0.7	0	4.8	3.36			0	0	0
38	0.8	0	4.8	3.84			0	0	0
39	0.8	0	4.8	3.84			0	0	0
40	0.9	0	4.8	4.32			0	0	0
41	0.9	0	4.8	4.32			0	0	0
42	1	0	4.8	4.8			0	0	0
43	1	0	4.8	4.8			0	0	0
44	1.1	0	4.8	5.28			0	0	0
45	1.1	0	4.8	5.28			0	0	0
46	1.2	0	4.8	5.76			0	0	0
47	1.2	0	4.8	5.76			0	0	0
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
48	1.3	0	4.8	6.24			0	0	0
49	1.3	0	4.8	6.24			0	0	0
50	1.4	0	4.8	6.72			0	0	0
51	1.4	0	4.8	6.72			0	0	0
52	1.5	0	4.8	7.2			0	0	0
53	1.5	0	4.8	7.2			0	0	0
54	1.6	0	4.8	7.68			0	0	0
55	1.6	0	4.8	7.68			0	0	0
56	1.7	0	4.8	8.16			0	0	0
57	1.7	0	4.8	8.16			0	0	0
58	1.8	0	4.8	8.64			0	0	0
59	1.8	0	4.8	8.64			0	0	0
60	1.9	0	4.8	9.12			0	0	0
61	1.9	0	4.8	9.12			0	0	0
62	2	0	4.8	9.6			0	0	0
63	2	-4	4.8	9.6			-8	0	0
64	2.1	-5.2	4.34	10.057			-10.92	-0.46	-0.946
65	2.1	-5.2	4.34	10.057			-10.92	-0.46	-0.946
66	2.2	-6.4	3.76	10.462			-14.08	-1.04	-2.196
67	2.2	-6.4	3.76	10.462			-14.08	-1.04	-2.196
68	2.3	-7.6	3.06	10.803			-17.48	-1.74	-3.774
69	2.3	-7.6	3.06	10.803			-17.48	-1.74	-3.774
70	2.4	-8.8	2.24	11.068			-21.12	-2.56	-5.704
71	2.4	-8.8	2.24	11.068			-21.12	-2.56	-5.704
72	2.5	-10	1.3	11.245			-25	-3.5	-8.01
73	2.5	-10	1.3	11.245			-25	-3.5	-8.01
74	2.6	-11.2	0.24	11.322			-29.12	-4.56	-10.716
75	2.6	-11.2	0.24	11.322			-29.12	-4.56	-10.716

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
76	2.7	-12.4	-0.94	11.287			-33.48	-5.74	-13.846
77	2.7	-12.4	-0.94	11.287			-33.48	-5.74	-13.846
78	2.8	-13.6	-2.24	11.128			-38.08	-7.04	-17.424
79	2.8	-13.6	-2.24	11.128			-38.08	-7.04	-17.424
80	2.9	-14.8	-3.66	10.833			-42.92	-8.46	-21.474
81	2.9	-14.8	-3.66	10.833			-42.92	-8.46	-21.474
82	3	-16	-5.2	10.39			-48	-10	-26.02
83	3	0	-5.2	10.39			0	-10	-26.02
84	3.1	0	-5.2	9.87			0	-10	-26.02
85	3.1	0	-5.2	9.87			0	-10	-26.02
86	3.2	0	-5.2	9.35			0	-10	-26.02
87	3.2	0	-5.2	9.35			0	-10	-26.02
88	3.3	0	-5.2	8.83			0	-10	-26.02
89	3.3	0	-5.2	8.83			0	-10	-26.02
90	3.4	0	-5.2	8.31			0	-10	-26.02
91	3.4	0	-5.2	8.31			0	-10	-26.02
92	3.5	0	-5.2	7.79			0	-10	-26.02
93	3.5	0	-5.2	7.79			0	-10	-26.02
94	3.6	0	-5.2	7.27			0	-10	-26.02
95	3.6	0	-5.2	7.27			0	-10	-26.02
96	3.7	0	-5.2	6.75			0	-10	-26.02
97	3.7	0	-5.2	6.75			0	-10	-26.02
98	3.8	0	-5.2	6.23			0	-10	-26.02
99	3.8	0	-5.2	6.23			0	-10	-26.02
100	3.9	0	-5.2	5.71			0	-10	-26.02
101	3.9	0	-5.2	5.71			0	-10	-26.02
102	4	0	-5.2	5.19			0	-10	-26.02
103	4	0	-5.2	5.19			0	-10	-26.02
104	4.1	0	-5.2	4.67			0	-10	-26.02
105	4.1	0	-5.2	4.67			0	-10	-26.02
106	4.2	0	-5.2	4.15			0	-10	-26.02
107	4.2	0	-5.2	4.15			0	-10	-26.02
108	4.3	0	-5.2	3.63			0	-10	-26.02
109	4.3	0	-5.2	3.63			0	-10	-26.02
110	4.4	0	-5.2	3.11			0	-10	-26.02
111	4.4	0	-5.2	3.11			0	-10	-26.02
112	4.5	0	-5.2	2.59			0	-10	-26.02
113	4.5	0	-5.2	2.59			0	-10	-26.02
114	4.6	0	-5.2	2.07			0	-10	-26.02
115	4.6	0	-5.2	2.07			0	-10	-26.02
116	4.7	0	-5.2	1.55			0	-10	-26.02
117	4.7	0	-5.2	1.55			0	-10	-26.02
118	4.8	0	-5.2	1.03			0	-10	-26.02
119	4.8	0	-5.2	1.03			0	-10	-26.02
120	4.9	0	-5.2	0.51			0	-10	-26.02
121	4.9	0	-5.2	0.51			0	-10	-26.02
122	5	0	-5.2	-0.01			0	-10	-26.02
123	5	0	-5.2	-0.01			0	-10	-26.02

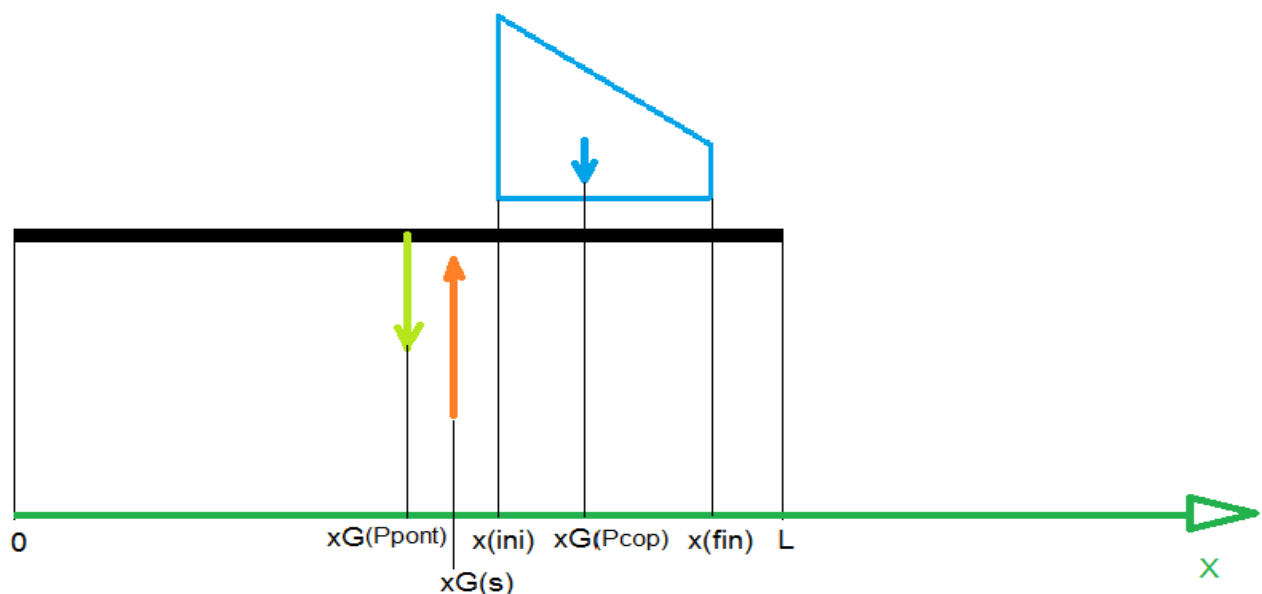
L'esercitazione n2 ha come **obiettivo** lo studio delle caratteristiche di sollecitazione di pontone parallelepipedo di peso proprio P e caricato linearmente in coperta con peso $P/2$ per una porzione della lunghezza.

A partire dai dati in ingresso sul carico è stato imposto l'**equilibrio** alla traslazione (peso tot. = spinta) e alla rotazione (momento dei pesi = momento delle spinte).

Successivamente, sulla base del foglio elettronico dell'esercitazione n1, è stata calcolata la **distribuzione trapezia** del carico trasportato, del peso proprio (distribuzione costante) e della spinta.

Infine sono stati ricavati **taglio** e **momento flettente** a partire dal carico $q(x)$.

DATI DI PARTENZA



Come lunghezza del pontone è stata assunta $L=100$ m e il peso proprio $P_{\text{pont}}=400$ t (il baricentro è posto a metà lunghezza); Il carico in coperta è quindi $P_{\text{cop}}=200$ t (la metà), con baricentro in $xG(P_{\text{cop}})=72$ m e distribuito da $x(\text{ini})=60$ m a $x(\text{fin})=90$ m.

CALCOLI IN DETTAGLIO**1. Equilibrio**

Il pontone è rappresentato con lo schema di **trave semplicemente inflessa**: esso si trova in acqua tranquilla, per cui le uniche forze agenti sono peso (**Pcop+Ppont**) e spinta idrostatica(**S**).

Per garantire l'equilibrio alla **traslazione verticale** deve risultare:

$$P_{tot}=P_{cop}+P_{pont}=-S$$

Per garantire invece quello alla **rotazione** deve essere verificato l'equilibrio dei momenti statici:

$$M(P_{pont})+M(P_{cop})=-M(S)$$

con $M(P_{pont})=P_{pont} \cdot xG(P_{pont})$, $M(P_{cop})=P_{cop} \cdot xG(P_{cop})$ e $M(S)=S \cdot xG(S)$.

Pertanto risulta:

P_{tot} =	-600 t
S =	600 t
M_{tot} =	-34400 t*m
M(S)=	34400 t*m

da cui deriva $xG(P_{tot})=xG(S)$.

2. Distribuzione dei pesi

Con l'ausilio del foglio elettronico dell'esercitazione n1 sono state calcolate le distribuzioni di peso del pontone, del carico in coperta e della spinta, tenendo conto dei dati nella tabella seguente:

	pontone	carico in coperta	spinta
Pesi			
Xin [m]	0	60	0
Xfin [m]	100	90	100
Q [t]	-400	-200	600
xG(Q) [m]	50	72	57,33
Distribuzione Q			
Xmedio [m]	0	-3	7,33
L (carico) [m]	100	30	100
qini [t/m]	-4	-10,67	3,36
qfin [t/m]	-4	-2,67	8,64