EDUARDO TORROJA
OFICINA TECNICA DE INGENIERIA
MADRID

Cálculo del pórtico inferior de la arquería de la estación de los ministerios.

Fecha 12-34.
Núm. 184.518.

EDUARDO TORROJA
OFICINA TECNICA DE INGENIERIA
SECCION DE PROYECTOS

Proyecto de: .... N.º ....

Capítulo: ....

Arquería del Hipódromo
Puente sobre la estación
de los Ministerios

Calculos

$110.000 \times \frac{9^2}{12} = 750.000 \text{ mKg}$

$R = \frac{150.000 \times 2{,}75}{4} = 104.000 \text{ Kg}$

m

Calculado por: Comprobado por: en de de 193

(1

EDUARDO TORROJA
OFICINA TECNICA DE INGENIERIA
SECCION DE PROYECTOS

Proyecto de: N.º

Capítulo:

Calculo aproximado de las cargas que actuan sobre el estribo de la estacion de los ministerios

Forjado y cubierta

	5,00 x 0,40 x 2,400 x 6,00 =	28,700,000 Kg	
Cornisa	0,60 x 0,80 x 6 x 2,400 =	6,900,000 "	
Arcos	1,50 x 0,80 x 6 x 2,400 =	17,200,000 "	
"	$\frac{1,70+4,40}{2}$ x 2,15 x 0,80 x 2400 =	12,500,000 "	
Pilares	1,80 x 0,8 x 7,00 x 2400 =	24,000,000 "	89,300
Boveda	0,70 x 6 x 5,00 x 2400 =	50,500,000 "	
Salvacarga	1,000 x 5,00 x 6,00 =	30,000,000 "	
Muro de boveda	1,1 x 6,00 x 4,6 x 2400 =	76,000,000 "	
		$\frac{245,800,000 "}{6}$ =	41,000 Kg/ml

Boveda ~~pequeña~~ inferior	0,7 x 6 x 5 x 2400 =	50,500,000 Kg	
Salvacarga	– 1000 x 5,00 x 6,00 =	30,000,000 "	
		$\frac{80,500,000}{6}$ =	13,500 Kg

Estribo boveda inferior

1,10 x 6,00 x 3,00 x 2400 =	47,500,000 Kg	
1,80 x 6,00 x 1,50 x 2400 =	39,000,000 "	
2,60 x 0,700 x 6,00 x 2400 =	26,500,000 "	
	$\frac{113,000,000 "}{6}$ =	19,000 Kg

P_1 = 41 Tons p.m.l
P_2 = 13 " "
P_3 = 73 " "

73000
26000

Calculado por: Comprobado por: en de de 193

1623

EDUARDO TORROJA
OFICINA TECNICA DE INGENIERIA
SECCION DE PROYECTOS

Proyecto de: N.º

Capítulo:

Cargas

$$P_1 = \frac{89.300 + 73.000}{6} = 27.000 \text{ Kg}$$ (por ~~metro~~ de largo)

$P_2 = 4.100$ Kg

$P_3 = 7.400$ "

$P_4 = 6.000$ "

$P_5 = 4.200$ "

$P_6 = 2.900$ "

$P_7 = 30.000$ "

$P_8 = 18.000$ "

83000
27
11.0000

0,36
6
0,216

Momentos de inercia

$$a-b = \frac{1{,}00 \times 1{,}1^3}{12} = 0{,}111 \text{ m}^4$$

$$b-c = \frac{1{,}00 \times 1{,}2^3}{12} = 0{,}144 \text{ m}^4$$

$$c-d = \frac{1{,}00 \times 0{,}65^3}{12} = 0{,}023 \text{ m}^4$$

$$d-e = \frac{1{,}00 \times 0{,}5^3}{12} = 0{,}010 \text{ m}^4$$

Valores de $r = \frac{I_0}{I}$ siendo $I_0 = 0{,}01$

$a-b$ " $r = \frac{0{,}01}{0{,}111} = 0{,}09$ $c-d$ " $r = \frac{0{,}01}{0{,}023} = 0{,}435$

$b-c$ " $r = \frac{0{,}01}{0{,}144} = 0{,}07$ $d-e$ " $r = \frac{0{,}01}{0{,}01} = 1{,}00$

Calculado por: Comprobado por: en de de 193

EDUARDO TORROJA
OFICINA TECNICA DE INGENIERIA
SECCION DE PROYECTOS

Proyecto de: N.º

Capítulo:

El centro de gravedad del pórtico, considerados los piezas con una densidad igual a la inversa de su momento de inercia, será:

$$
\begin{aligned}
a-b &= 2\times 4{,}10\times 0{,}09 = 0{,}74 & \times 2{,}05 &= 1{,}52\\
b-c &= 2\times 1{,}10\times 0{,}07 = 0{,}15 & \times 4{,}25 &= 0{,}64\\
c-d &= 2\times 2{,}10\times 0{,}435 = 1{,}84 & \times 4{,}55 &= 8{,}40\\
d-e &= 2\times 1{,}75\times 1{,}00 = 3{,}50 & \times 4{,}70 &= 16{,}50\\
 & \qquad\qquad\quad 6{,}23 & & 27{,}06
\end{aligned}
$$

$$6{,}23 \times h = 27{,}06$$

$$h = \frac{27{,}06}{6{,}23} = 4{,}35 \text{ mts}$$

Los valores de las reacciones de apoyo, desconocidas, suponiendo libre el apoyo a y empotrado el f, tienen por expresión, referidas al centro de gravedad:

$$\underline{m_0} = -\frac{\int Mr\,dl}{\int r\,dl}$$

$$\underline{X_0} = +\frac{\int Mry\,dl}{\int ry^2\,dl}$$

$$\underline{Y_0} = -\frac{\int Mrx\,dl}{\int rx^2\,dl}$$

Para hallar el valor de $\int Mr\,dl$, bastará

Calculado por: Comprobado por: en de de 193

EDUARDO TORROJA
OFICINA TECNICA DE INGENIERIA
SECCION DE PROYECTOS

Proyecto de: N.º

Capítulo:

tomar momentos respecto al ~~la base de~~ punto de aplicacion de cada fuerza, de los situadas a la izquierda, hallar los areas representados por estos momentos, correspondientes a cada troso del portico y multiplicar por los r de cada pieza. Asi:

~~c = P1 ×~~ c = 27.000 × 1.10

d = 27.000 × 3,2 + 4100 × 2,10

e = 27000 × 4,9 + 4100 × 3,80 + 7400 × 1,45

f = 27000 × 6,65 + 4100 × 5,60 + 7400 × 3,5 + 6.000 × 1,72 =

g = 27000 × 8,75 + 7,7 × 4100 + 7400 × 5,6 + 6000 × 3,8 + 4200 × 2,1 =

h = 27000 × 9,8 + 4100 × 8,75 + 7400 × 6,65 + 6000 × 4,9 + 4200 × 3,15 + 2900 × 1,1 =

Momentos — mKg

c = 27000 × 1.10 = -29,500

d = 27000 × 3,20 + 4.100 × 2,10 = -94,600

e = 27000 × 4,90 + 4.100 × 3,80 + 7400 × 1,45 = -160,600

f = 27000 × 6,65 + 4.100 × 5,60 + 7400 × 3,50 + 6.000 × 1,72 = -239,400

g = 27000 × 8,75 + 4.100 × 7,70 + 7.400 × 5,60 + 6.000 × 3,80 + 4200 × 2,10 = -341,000

h = 27000 × 9,8 + 4.100 × 8,80 + 7.400 × 6,65 + 6.000 × 4,90 + 4200 × 3,20 + 2900 × 1,1 + = -396,700

i = 27000 × 9,8 + 4.100 × 8,80 + 7.400 × 6,65 + 6.000 × 4,90 + 4200 × 3,20 + 2900 × 1,1 = -396,700

j = 27000 × 9,8 + 4.100 × 8,80 + 7.400 × 6,65 + 6.000 × 4,90 + 4200 × 3,20 + 2900 × 1,1 + 18.000 × 2,8 = -446,700

areas, multiplicadas por r

b - c = 14750 × 1,10 = -16,200 × 0,07 = - 1.140 m² Kg

c - d = (14,750 + 47,300) × 2,10 = -131,000 × 0,435 = - 57,200 "

d - e = (47,300 + 80,300) × 1,75 = -221,000 × 1,00 = - 221,000 "

e - f = (80,300 + 119,700) × 1,75 = -350,000 × 1,00 = - 350,000 "

f - g = (119,700 + 170,500) × 2,10 = -610,000 × 0,435 = - 266,000 "

g - h = (170,500 + 198,350) × 1,10 = -405,000 × 0,07 = - 28,200 "

h - i = 396,700 × 1,35 = -535,000 × 0,09 = - 48,000 "

i - j = (198,350 + 223,350) × 2,75 = -1,160,000 × 0,09 = - 105,000 "

$\int M r \, dl$ = - 1.076,540 m² Kg

EDUARDO TORROJA
OFICINA TECNICA DE INGENIERIA
SECCION DE PROYECTOS

Proyecto de: N.º

Capítulo:

Para el valor de $\int M r\, y\, dl$, nos bastará multiplicar las cantidades anteriores, por las distancias desde las proyecciones de los centros de gravedad de los arcos sobre la directriz, hasta el eje ~~XX~~

$b-c = -1.140 \times 0 = \quad 0$

$c-d = -57,200 \times 0,25 = \quad -14,200$

$d-e = -221,000 \times 0,37 = \quad -82,000$

$e-f = -350,000 \times 0,37 = \quad -130,000$

$f-g = -266,000 \times 0,20 = \quad -53,500$

$g-h = -28,200 \times -0,10 = +2,820$

$h-i = -48,000 \times -1,00 = +48,000$

$i-j = -105,000 \times -3,10 = +325,000$

$\int M r\, y\, dl = +375,820 - 279,700 = +96,120\ m^3 Kg$

Y para el de $\int M r\, x\, dl$ por las distancias al eje Y-Y.

$b-c = -1.140 \times -4,25 = +4,850$

$c-d = -57,200 \times -2,65 = +105,200$

$d-e = -221,000 \times -0,85 = +188,000$

$e-f = -350,000 \times 0,92 = \text{———} -321,000$

$f-g = -266,000 \times 2,80 = \text{———} -750,000$

$g-h = -28,200 \times 4,35 = \text{———} -124,000$

$h-i = -48,000 \times 4,90 = \text{———} -235,000$

$i-j = -105,000 \times 4,90 = \text{———} -515,000$

$\int M r\, x\, dl = +298,050 - 1,945,000 = \cancel{-1,646,450}$
$-1,646,950\ m^3 Kg$

Con esto tenemos los tres numeradores, los denominadores son:

El de ~~x~~, m_o, . ~~$\int r dl$~~

$$a-b = 4{,}10 \times 2 \times 0{,}090 = 0{,}74$$
$$b-c = 1{,}10 \times 2 \times 0{,}070 = 1{,}54$$
$$c-d = 2{,}10 \times 2 \times 0{,}435 = 1{,}84$$
$$d-e = 1{,}75 \times 2 \times 1{,}00 = 1{,}75$$
$$\int r\,dl = 5{,}87 \text{ m.}$$

El de X_o

$$a-b = \frac{4{,}10}{3} \times 2 \times 0{,}09 \left(\overline{4{,}3}^2 + \overline{0{,}25}^2 + 4{,}3 \times 0{,}25\right) = 4{,}800 \text{ m}^3$$
$$b-c = \frac{1{,}10}{3} \times 2 \times 0{,}07 \left(\overline{0{,}25}^2 + \overline{0{,}10}^2 - 0{,}25 \times 0{,}10\right) = 0{,}005 \text{ m}^3$$
$$c-d = \frac{2{,}10}{3} \times 2 \times 0{,}435 \left(\overline{0{,}1}^2 + \overline{0{,}35}^2 + 0{,}1 \times 0{,}35\right) = 0{,}098 \text{ m}^3$$
$$d-e = \frac{1{,}45}{3} \times 2 \times 1 \left(\overline{0{,}35}^2 + \overline{0{,}40}^2 + 0{,}35 \times 0{,}40\right) = 0{,}500 \text{ m}^3$$
$$\int r y^2 dl = 5{,}403 \text{ m}^3$$

y el de Y_o.

$$a-b = \frac{4{,}10}{3} \times 2 \times 0{,}09 \left(3 \times \overline{4{,}9}^2\right) = 17{,}600 \text{ m}^3$$
$$b-c = \frac{1{,}10}{3} \times 2 \times 0{,}07 \left(\overline{4{,}9}^2 + \overline{3{,}85}^2 + 4{,}9 \times 3{,}85\right) = 2{,}910 \text{ m}^3$$
$$c-d = \frac{2{,}10}{3} \times 2 \times 0{,}435 \left(\overline{3{,}85}^2 + \overline{1{,}75}^2 + 3{,}85 \times 1{,}75\right) = 14{,}600 \text{ m}^3$$
$$d-e = \frac{1{,}45}{3} \times 2 \times 1 \left(\overline{1{,}45}^2\right) = 3{,}600 \text{ m}^3$$
$$\int r x^2 dl = 38{,}710 \text{ m}^3$$

Con lo cual, los valores de las componentes de la reacción del apoyo a referidos al centro de gravedad son !

$$M_o = -\frac{\int M r\,dl}{\int r\,dl} = -\frac{-1.076,000\ m^2Kg}{5,87\ m} = +185,000\ mKg$$

$$X_o = +\frac{\int M r y\,dl}{\int r y^2 dl} = +\frac{+96.120\ m^3Kg}{5,403\ m^3} = +17,800\ Kg$$

$$Y_o = -\frac{\int M r x\,dl}{\int r x^2 dl} = -\frac{-1.646,950\ m^3Kg}{38,71\ m^3} = +42,500\ Kg$$

y referidos al arranque a, teniendo en cuenta el par de traslado, serán:

$$M_A = 185,000 + 17,800 \times 4,35 - 42,500 \times 4,90 = \cancel{52} +55,500\ mKg$$

8ϕ30

$$X_a = X_o = +17,800$$

$$Y_a = Y_o = +42,500$$

Con estos datos podemos calcular los momentos en los siguientes puntos

$$M_f = +55,500 - 17,800 \times 4,10 = -17,500\ mKg$$

−71,00

3ϕ30

$$M_g = +55,500 + 42,500 \times 4,90 - 17,800 \times 4,75 - 27,500 \times 4,90 - 4,100 \times 3,85 - 7,400 \times 1,75 = +15,600\ mKg$$

−40,000

6ϕ30

$$M_h = +55,500 + 42.500 \times 9,80 - 17,800 \times 4,10 - 27.500 \times 9,80 - 4.100 \times 8,75 - 7.400 \times 6,65 - 6000 \times 4,9 - 4,200 \times 3,15 - 2,900 \times 1,05 = -2,700\ mKg$$

$$M_j = +471.500 - 450,700 = +21,800\ mKg$$

7,35
5,55
17,

208
555
263,

84,5
135,0
15,4
13,9
247,1
208

Repitiendo el calculo del portico bajo la hipotesis ~~de~~ de tener el extremo a articulado, empezaremos por suponer que la longitud de la pieza a-b, aumenta en 1/2 de ~~su~~ longitud, ~~en~~ y que en el extremo virtual a' así obtenido, existe un empotramiento, con lo cual tendremos en el punto a ó sea a 1/3 de la altura total de esta pieza virtual, un punto de momento nulo.

Para esto empezaremos por determinar nuevamente la altura del centro de gravedad respecto al punto a'.

$$a'-b = 1 \times 6.15 \times 0{,}09 = 0{,}55 \times 3{,}07 = 1{,}69$$
$$h-j = 1 \times 4{,}10 \times 0{,}09 = 0{,}37 \times 4{,}10 = 1{,}52$$
$$b-c = 2 \times 1{,}10 \times 0{,}07 = 0{,}15 \times 6{,}30 = 0{,}94$$
$$c-d = 2 \times 2{,}10 \times 0{,}435 = 1{,}84 \times 6{,}60 = 12{,}20$$
$$d-e = 2 \times 1{,}75 \times 1{,}00 = 3{,}50 \times 6{,}75 = 23{,}60$$
$$\overline{6{,}41} \qquad \overline{39{,}95}$$

$$6.41 \times h = 39{,}95$$

$$h = \frac{39{,}95}{6.41} = 6.20 \text{ mts}$$

Los momentos respecto al extremo j, de todas las fuerzas exteriores, no varian y las areas de momentos, serán también iguales, Por lo tanto $\int M r\, dl$, continuará teniendo el valor

$$\int M r\, dl = -1.076,540 \ m^2 Kg$$

Los productos de los areas de momentos por ~~las~~ distancias al ~~los~~ eje X que pasa por el centro de gravedad, habran cambiado por cambiar este y serán:

$$b-c = -1140 \times 0,20 = -230$$
$$c-d = -57.200 \times 0,45 = -25.800$$
$$d-e = -221.000 \times 0,58 = -129.000$$
$$e-f = -350.000 \times 0,57 = -200.000$$
$$f-g = -266.000 \times 0,42 = -112.000$$
$$g-h = -28.200 \times 0,14 = -3.900$$
$$h-i = -48.000 \times -0,70 = 33.500$$
$$i-j = -105.000 \times -2,82 = 296.000$$
$$\int M r y\, dl = 329,500 - 470,930 = -141,420 \ m^3 Kg$$

Respecto al eje Y no hay variacion ninguna quedando por tanto

$$\int M r x\, dl = -1,646,950 \ m^3 Kg$$

En cuanto a los denominadores, el de m_0 se convertira en:

$$a'-b = 1\times 6{,}15\times 0{,}090 = 0{,}55$$
$$b-c = 2\times 1{,}10\times 0{,}07 = 1{,}54$$
$$c-d = 2\times 2{,}10\times 0{,}435 = 1.84$$
$$d-e = 2\times 1.45\times 1{,}00 = 1.45$$
$$e-f = 1\times 4{,}1\times 0{,}09 = 0{,}37$$
$$\int r\,dl = 6{,}05 \text{ m}$$

El de X_0

$$a'-b = \frac{6{,}15}{3}\times 1\times 0{,}09(6{,}15)^2 = 7{,}000$$
$$b-c = \frac{1{,}10}{3}\times 2\times 0{,}07(0{,}30)^2 = 0{,}004$$
$$c-d = \frac{2{,}10}{3}\times 2\times 0{,}435(\bar{0{,}3}^2+\bar{0{,}55}^2+0{,}3\times 0{,}55) = 0{,}335$$
$$d-e = \frac{1.45}{3}\times 2\times 1{,}00(\bar{0{,}5}^2+\bar{0{,}65}^2+0{,}5\times 0{,}65) = 1{,}160$$
$$h-j = \frac{4{,}10}{3}\times 1\times 0{,}09(4{,}10)^2 = 2{,}050$$
$$\int r y^2 dl = 10{,}549 \text{ m}^3$$

0,09
1,04
0,0063
0,09
0,30
0,165
0,555
0,25
0,42
0,32
0,99

El de Y_0 no varía

$$\int r x^2 dl = 38.710 \text{ m}^3$$

y por lo tanto los valores de las ~~reac~~ componentes de la reacción en el extremo a', referidos al centro de gravedad, son:

eduardo torroja
oficina tecnica

$$\mathcal{M}_0 = -\frac{\int M r\,dl}{\int r\,dl} = -\frac{-1.076.540\ m^2 Kg}{6{,}05\ m.} = +176.000\ mKg$$

$$X_0 = +\frac{\int M r y\,dl}{\int r y^2\,dl} = +\frac{-141.430\ m^3 Kg}{10{,}549} = -13.500\ Kg$$

$$Y_0 = -\frac{\int M_r x\,dl}{\int r \cancel{y}^2\,dl} = -\frac{-1646.950\ m^3 Kg}{38{,}71\ m^3} = +43.500\ Kg$$

que trasladadas al arranque a, son:

$\cancel{\mathcal{M}_a = \mathcal{M}_0 =}$

84.000
212
296
176
120

$$\mathcal{M}_a = +176.000 - 13.500 \times 6{,}2 - 43.500 \times 4{,}9 = -120.000\ mKg$$

$$X_a = X_0 = -13.500\ Kg$$

$$Y_a = Y_0 = +43.500\ Kg$$

93.000
212
305

120.000
135.000
15.000
13.600
-283.600
$+305.000$
$+21.400$

Con lo cual podemos calcular los momentos en los puntos siguientes:

$$M_f = -120.000 + 13.500 \times 6{,}20 = -36.000\ mKg$$

$$M_e = -120.000 - 27.500 \times 4{,}90 - 4.100 \times 3{,}85 - 7.400 \times 1{,}75 + 13.500 \times 6{,}85 + 43.500 \times 4{,}90 = +21.400\ mKg$$

$$M_h = -120.000 - 27500 \times 9{,}80 - 4.100 \times 8{,}75 - 7400 \times 6{,}65 - 6000 \times 4{,}9 - 4200 \times 3{,}15 - 2900 \times 1{,}05 + 13500 \times 6{,}85 + 43.500 \times 9{,}80 = -18.300\ mKg$$

$$M_j = -536.300 - 18.000 \times 2{,}70 + 13500 \times 2{,}05 + 43.500 \times 9{,}8 = -130.800\ mKg$$

eduardo torroja
oficina tecnica

hoja n.º

Repitiendo el cálculo, para el caso de no actuar el empuje de tierras (P8) tendremos:

Momentos de las fuerzas exteriores, los mismos, menos el correspondiente a P8.

Areas de momentos multiplicados por r:

b - c = - 1,140 m²Kg
c - d = - 57,200 "
d - e = - 221,000 "
e - f = - 350,000 "
f - g = - 266,000 "
g - h = - 28,200 "
h - j = - 145,000 " = (396,700 × 4,10 × 0,09)

$\int Mr\,dl = -1068,540$ m²Kg

y los productos por las distancias al eje X:

b - c = ——————— - 0
c - d = ——————— - 14,200
d - e = ——————— - 82,000
e - f = ——————— - 130,000
f - g = ——————— - 53,500
[illegible] g - h = ——————— + 2,800
h - j = - 145,000 × - 2,05 = + 296,000

$\int Mry\,dl$ = + 298,800 - 279,700 = + 19,100 m²Kg

Respecto al eje Y:

$b - e = \text{———————} +48,500$

$c - d = \text{———————} +105,200$

$d - e = \text{———————} +188,000$

$e - f = \text{———————} -321,000$

$f - g = \text{———————} -750,000$

$g - h = \text{———————} -124,000$

$h - j = -145,000 \times 4,90 = \text{———————} -710,000$

$$\int M r x \, dl = 298,050 - 1.905,000 = -1.607,950 \ m^3 Kg$$

Los denominadores no varían y por lo tanto, el valor de las componentes de la reacción del apoyo a referidas al centro de inercia será:

$$M_0 = -\frac{\int M r \, dl}{\int r \, dl} = -\frac{-1.068.540 \ m^2 Kg}{5,87 \ m} = +181,000 \ mKg$$

$$X_0 = +\frac{\int M r y \, dl}{\int r y^2 \, dl} = +\frac{+19,000 \ m^3 Kg}{5,403 \ m^3} = +3.500 \ Kg$$

$$Y_0 = -\frac{\int M r x \, dl}{\int r x^2 \, dl} = -\frac{-1607.950 \ m^3 Kg}{38,71 \ m^3} = +42,000 \ Kg$$

que trasladadas al apoyo a son:

$$M_a = 181.000 + 3,500 \times 4,35 - 42.000 \times 4,9 = -9.000 \ mKg$$

$$X_a = X_0 = +3500 \ Kg$$

$$Y_a = Y_0 = +42,000 \ Kg$$

con lo cual los momentos en los puntos siguientes, se convierten en:

$$M_b = -9{,}000 - 3.500 \times 4.10 = -23.400 \text{ mkg}$$

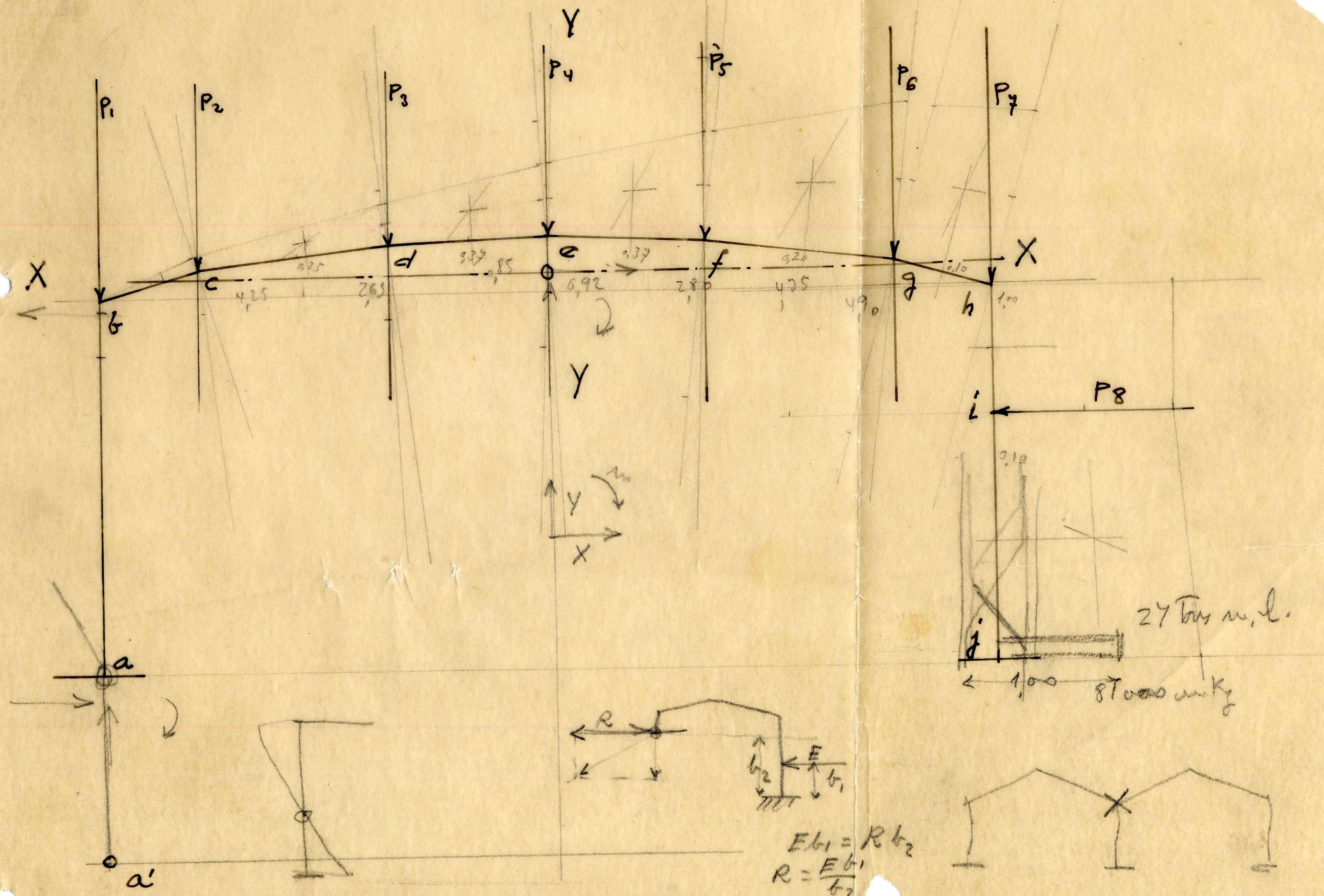
$$M_c = -9{,}000 - 3{,}500 \times 4.45 - 27500 \times 4.9 -$$
$$- 4{,}100 \times 3{,}85 - 7400 \times 1{,}75 + 42{,}000 \times 4{,}90 = +16.600 \text{ mkg}$$

$$M_h = -9000 - 27.500 \times 9{,}8 - 4{,}100 \times 8{,}75 - 7400 \times 6{,}65$$
$$- 6000 \times 4{,}9 - 4200 \times 3{,}15 - 2{,}900 \times 1{,}05 + 3{,}500 \times 4{,}1 +$$
$$+ 42000 \times 9{,}80 = -13{,}900 \text{ mkg}$$

$$M_j' = -410{,}600 + 410{,}000 = -600 \text{ mkg}$$

Los resultados de las tres hipotesis calculadas son los siguientes

Puntos	1ª hipotesis	2ª hipotesis	3ª hipotesis
a'	—	-120,000 mkg	
a	+55,500 mkg	—	-9,000 mkg
b	-17,500 "	-36,000 mkg	-23.400 "
c	+15,600 "	+21,400 "	+16,600 "
h	-2,700 "	-18,000 "	-13.900 "
j	+21,800 "	-130,000 "	-6,000 "



$Eb_1 = Rb_2$

$R = \frac{Eb_1}{b_2}$