

ESTUDIO TEÓRICO Y PRÁCTICO DE LOS BLOQUES HUECOS PROPUESTOS PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS MUELLES.

Dicho valor de Q_1 se deduce fácilmente por las siguientes propiedades geométricas:

Escalas . $\left\{ \begin{array}{l} \text{De } \frac{1}{50} \text{ para la sección del muro.} \\ \text{De } \frac{1}{1\,000\,000} \text{ para los pesos fuerzas.} \end{array} \right.$

Supongamos el problema resuelto, y sean ab la base del segmento G_4 ; QM la horizontal del empuje desconocido de las tierras; $Q'N$ la correspondiente á la contrapresión del fluido exterior, perfectamente conocida su posición, y cuya magnitud es igual á 32.000 kilogramos; MA' la dirección vertical del peso del segmento, igual á 84.334 kilogramos, y que se halla determinada por su distancia conocida; $2^m,242$ á la arista exterior del muro; oc_1 y oc_2 las distancias límites para los esfuerzos de compresión tomados desde el centro o de la base, á izquierda y derecha, con la magnitud $\frac{1}{6}a = 0^m,625$; NZ la resultante del peso del segmento y del empuje horizontal de las tierras, y finalmente, NC' , la resultante definitiva de la anterior, y la contrapresión Q'_4 .

Si por el punto N bajamos la vertical NP' , que cortará en P y P' á las rectas ab y $X'C'$, tendremos, por la teoría de la polar:

$$\frac{C_1X}{C'_1X} = \frac{NP}{NP'}$$

de donde

$$C_1X = \frac{NP \times C'_1X'}{NP}$$

y sustituyendo en el segundo miembro los valores conocidos de las tres rectas

$$C_1X = \frac{2,67 \times 32.000}{84.334} = 1,013.$$

Determinado C_1X , podemos deducir el valor de AX , puesto que

$$AC_1 = Aa - aC_1 = 2,242 - 1,250 = 0,992,$$

$$\text{luego } AX = AC_1 + C_1X = 0,992 + 1,013 = 2,005.$$

Ahora bien; en los triángulos, rectángulos y semejantes MAX y $MA'Z$ se verifica que

$$A'Z = \frac{AX \times MA'}{MA};$$

pero $A'Z = Q_4$, ó sea el empuje que buscamos.

Sustituyendo, pues, los valores conocidos de las tres magnitudes en el segundo miembro, tendremos:

$$Q_4 = \frac{2,005 \times 84.334}{3,533} = 47.850 \text{ kilogramos,}$$

$$\text{y, por lo tanto, } x = \frac{\frac{47.850}{0,5351} - 44.373}{4,481} = 10.053 \text{ kilogramos.}$$

Tal será, pues, el valor límite de la sobrecarga por metro superficial para la perfecta estabilidad del segmento G_4 .

Repitiendo los cálculos análogos para los dos segmentos siguientes, únicos en que la curva de presiones con la sobrecarga de 10 toneladas cae fuera de las distancias límites oc_1 y oc_2 , obtendremos para los nuevos valores de x :

Segmento G_3 : $x = 9.459$ kilogramos.

Segmento G_2 : $x = 9.309$ »

El último valor, que es el menor de todos, nos designará, pues, el verdadero límite admisible para las cargas máximas en los embarcaderos por metro superficial, sin riesgo de comprometer la estabilidad del muro en ninguna de sus hiladas ó secciones.

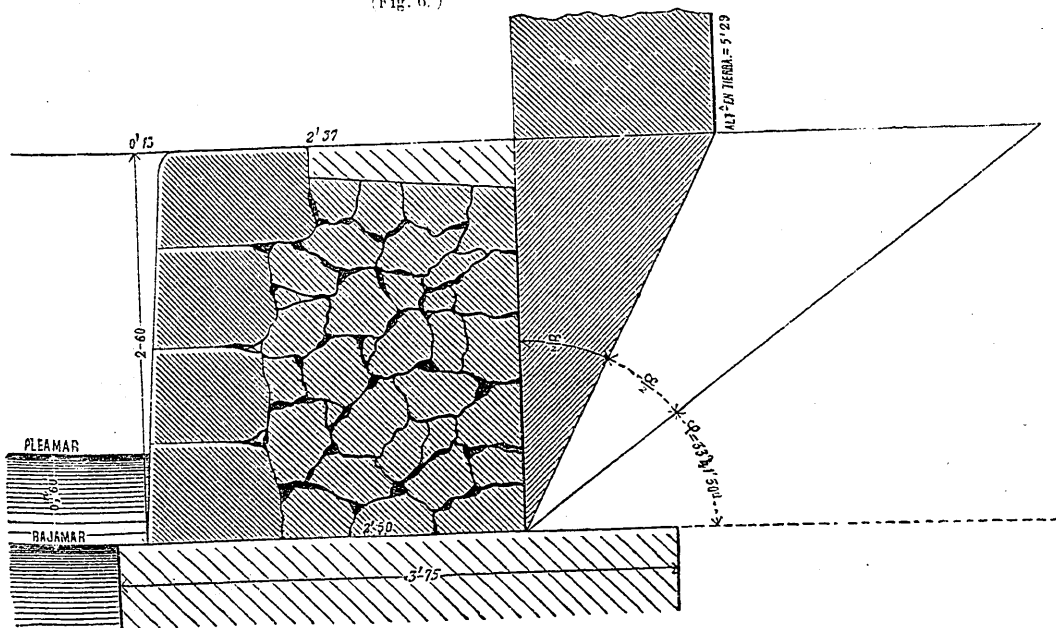
CÁLCULOS DE RESISTENCIA DE LOS MUROS SUPERIORES EN LOS NUELLES DEL LADO DEL ANTEPUERTO.

Para los muelles del lado del antepuerto es inútil comprobar la estabilidad de los muros de bloques, puesto que sin pasar la sobrecarga de los límites ya estudiados, gravitará aquélla, por regla general, sobre parte de la fábrica del muro, con ventaja para su resistencia.

Por lo tanto, comprobaremos solamente la estabilidad del muro superior, que en este caso, por el contrario, puede encontrarse sometido á empujes mucho más considerables, como en la hipótesis indicada en la figura 6.ª, única que examinaremos, como lo más desfavorable en la práctica,

9,000 kg. por metro cuadrado.

(Fig. 6.ª)



Escala de 0m.05.

y en la que se supone cargada toda la base del prisma de máximo empuje con la sobrecarga límite y sin peso alguno adicional sobre la fábrica del muro.

Los datos para el cálculo, además de las dimensiones generales indicadas, son los siguientes:

$$\psi = 33^\circ - 41' - 30'' \text{ (talud de 3 por 2)}$$

$$\alpha = 56^\circ - 18' - 30''; \frac{\alpha}{2} = 28^\circ - 9' - 15''$$

$$\text{Tangente } \frac{\alpha}{2} = 0,5351; \lg. \frac{\alpha}{2} = 0,28633$$

$$p = (\text{Peso del m.}^2 \text{ de tierras}) = 1.700 \text{ kilogramos.}$$

$$p' = (\text{Idem del m.}^2 \text{ de las mamposterías}) = 2.300 \quad \text{»}$$

$$S = (\text{Sobrecarga por m.}^2) = 9.000 \quad \text{»}$$

Si con estos últimos datos, el de la altura, 2^m,60 del muro y el talud de su paramento exterior, $\frac{1}{20}$, quisiéramos deducir el espesor del muro en su base, tendríamos, aplicando la fórmula deducida de la igualdad de momentos con un coeficiente de estabilidad igual á 2 (x = espesor en la coronación):

$$x = h \left(-\frac{1}{n} \right) + \sqrt{\frac{2}{3p'} \lg^2 \frac{\alpha}{2} \left(p + \frac{2S}{h} \right)} + \frac{1}{3n^2},$$

en la que $\frac{1}{n}$ representa el talud exterior

$$x = 2,6 \left(-\frac{1}{20} + \sqrt{\frac{2}{3 \times 2.300} \times 0,286 \left(1.700 + \frac{2 \times 900}{2,6} \right)} + \frac{1}{3 \times 20^2} \right) = 2^m,067,$$

luego el espesor en la base será igual á

$$2,067 + \frac{1}{20} \times 2,60 = 2^m,197,$$

ó sean 2^m,20 en números redondos; y como el espesor del muro adoptado es de 2^m,50, es evidente que su estabilidad por rotación tendrá un coeficiente algo mayor que 2, como se demostrará más adelante.

El resumen de los cálculos efectuados para la determinación de la curva de presiones (lámina 57), es el siguiente, suponiéndole dividido en cuatro segmentos por hiladas horizontales:

Altura de los segmentos.	Pesos correspondientes á estas alturas.
$h = 0,65$	$P = 3.587$ kilogramos.
$h_1 = 1,30$	$P_1 = 7.220$ »
$h_2 = 1,95$	$P_2 = 10.915$ »
$h_3 = 2,60$	$P_3 = 14.651$ »
Pesos de los prismas del máximo empuje.	Pesos de las sobrecargas correspondientes.
$p = 192$ kilogramos.	$\pi = 3.128$ kilogramos.
$p_1 = 768$ »	$\pi_1 = 6.255$ »
$p_2 = 1.728$ »	$\pi_2 = 9.383$ »
$p_3 = 3.074$ »	$\pi_3 = 12.510$ »
Empujes horizontales máximos.	Brazos de palanca de estos empujes.
$Q = 1.776$ kilogramos.	$\rho = 0,216$ metros.
$Q_1 = 3.757$ »	$\rho_1 = 0,433$ »
$Q_2 = 5.944$ »	$\rho_2 = 0,650$ »
$Q_3 = 8.337$ »	$\rho_3 = 0,867$ »

Momentos impulsivos.

$M = 348$ kilogramos.	$M_2 = 3.864$ kilogramos.
$M_1 = 1.626$ »	$M_3 = 7.288$ »

En este caso no hay contrapresión alguna sobre el paramento exterior, pues si bien en la pleamar existirá una carga líquida de 0^m,60 sobre la parte inferior del paramento, no es dable tenerla en cuenta para la resistencia, por desaparecer completamente en la bajamar.

Como se ve por la inspección del plano, la curva de presiones que afecta sensiblemente la forma de una línea recta para toda ella por el interior del macizo y corta á las respectivas bases de los segmentos en puntos comprendidos en las distancias límites oc_1 y oc_2 , á excepción del plano general de asiento, en que la curva pasa precisamente por el punto límite. Este resultado demuestra la perfecta estabilidad del muro por rotación, pero prueba asimismo que si hubiéramos adoptado el espesor 2^m,20, dado por la fórmula dicha, dicha curva hubiera rebasado el punto límite, como se indica en la figura, y cierta parte de la base trabajaría por tensión, resultado inadmisibles por completo. De aquí la conveniencia de construir las mencionadas curvas en todos los problemas referentes á la estabilidad de las construcciones.

Resistencia á la compresión.—Con la hipótesis que se considera, la presión en la arista interior del muro es igual á cero, y la de la arista exterior

tiene por expresión $R = \frac{2P}{\Omega}$ (fórmula de Collignon reducida).

Sustituyendo en vez de P y Ω sus valores, tendremos en el punto más expuesto

$$R = \frac{2 \times 14.651}{2,5} = 11.721 \text{ kilogramos,}$$

ó sean $1^{\text{kg}}, 17$ por cm.^2

Si queremos tener en cuenta el peso de una sobrecarga constante ó accidental sobre el muro de 10 toneladas por metro superficial, el peso P' será en este caso

$$P = 14.651 + 2,37 \times 10.000 = 38.351 \text{ kilogramos,}$$

$$\text{y } R = \frac{2 \times 38.351}{2,50} = \frac{76.702}{2,50} = 30.681 \text{ kilogramos,}$$

ó sean $3^{\text{kg}}, 07$ por cm.^2

Resistencia al deslizamiento.—La tangente del ángulo formado con la vertical por la resultante del empuje horizontal y del peso del último segmento (que es el más expuesto), tiene por expresión

$$x = \frac{0,417}{0,867} = 0,48;$$

y como la tangente del ángulo de deslizamiento es en este caso igual á 0,76, resulta comprobada su resistencia por dicho concepto.

Coefficientes de estabilidad.—*Al giro.*—El momento de resistencia del último segmento, ó sea de todo el muro, con relación á su arista exterior, tendrá por expresión

$$M'_{\Sigma} = 14.651 \times 1,28 = 18.753 \text{ kilogramos;}$$

por lo tanto, el coeficiente de rotación será igual á

$$C = \frac{M'_{\Sigma}}{M_{\Sigma}} = \frac{18.753}{7.288} = 2,57,$$

superior, en efecto, á **2**, como se previó con anterioridad.

Al aplastamiento.—Dicho coeficiente será:

Sin sobrecarga en el muro.	Con sobrecarga en el muro de 10.000 toneladas por centímetro cuadrado.
$C = \frac{14}{1,17} = 11,96$	$C = \frac{14}{3,09} = 4,53$

Al deslizamiento.

$$C = \frac{0,76}{0,48} = 1,58.$$

(Se continuará)

JULIO VALDÉS,
Ingeniero de Caminos.

MADRID: 1887.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE.
Calle de Pizarro, número 15, bajo.

Sobrecarga de 9 toneladas por metro cuadrado.

Determinación de las curvas de presiones en los muros de bloques huecos para los dos casos en que se ha dividido la 3ª hipótesis.

