

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 30 DE NOVIEMBRE DE 1891.

4.ª Serie.

Tomo 9.º

Número 22.

AÑO XXXIX DE LA PUBLICACIÓN.

SUMARIO.

Puentes de fábrica articulados, por D. Luis Gaztelu.—Los ferrocarriles en Inglaterra, por don E. de Peralta.—Proyecto de saneamiento general de Valladolid, redactado en virtud de orden del Excmo. Ayuntamiento, por D. Recaredo de Uhagón.
SUMARIO DEL BOLETÍN.—Necrología.—Anuncio.—Ferrocarriles en explotación en 31 de Diciembre de 1889 en Europa y América.—Bibliografía.—Parte oficial.—Subastas.—Movimiento del personal de Obras públicas.

PUENTES DE FABRICA ARTICULADOS

(Continuación.)

II.

Mr. Leibbrand Königlich Oberbaurath ha realizado la articulación ó reducción de longitud en las juntas de rotura y de clave valiéndose de placas de plomo de 20 á 22 milímetros de espesor que se interponen entre las dovelas contiguas ocupando únicamente el tercio central, de modo que la curva de presiones en esas juntas necesariamente tiene que hallarse dentro del núcleo central. A esto se presta singularmente el plomo, que puede resistir grandes presiones sin ceder lateralmente, y cuando cede no disminuye su cohesión y resistencia, habiéndose observado que á partir de cierto límite de presión se ensancha precisamente lo necesario para que la presión por centímetro cuadrado permanezca sensiblemente constante cuando aumenta la carga.

Esta propiedad del plomo hace que sea un material especialmente adecuado á la aplicación que estudiamos. Indicaremos brevemente los experimentos hechos en 1885 en la Escuela politécnica de Stuttgart, que han conducido al conocimiento de esta importante propiedad.

Se hicieron experimentos de resistencia con cubos de plomo fundido ordinario de 0^m,08 de arista. Se observó que podían resistir una carga de 50 kilogramos por centímetro cuadrado durante veintiseis horas sin manifestar tendencia á ceder lateralmente. Empieza esta deformación bajo una presión de 72 kilogramos por centímetro cuadrado. Aumentando la carga

hasta 300 kilogramos por centímetro cuadrado, la sección aumenta lentamente; siendo la primitiva antes de la deformación de 64 centímetros cuadrados, llega á 83 cuando la carga por centímetro cuadrado de la sección primitiva es de 300 kilogramos, lo que reduce la carga efectiva, teniendo en cuenta la deformación, á 231 kilogramos. Cuando la carga aumenta desde 300 á 900 kilogramos por centímetro cuadrado de la sección primitiva, la sección aumenta rápidamente y de tal modo, que la carga efectiva por centímetro cuadrado solo aumenta desde 231 á 294 kilogramos, pudiendo, por lo tanto, considerarse como sensiblemente constante.

Todos estos resultados se hallan representados gráficamente en la figura 2.^a (lámina 123).

Se reconocerá la importancia de esta propiedad para la aplicación que estudiamos, observando que si por cualquier motivo el punto de aplicación de la resultante sobre la junta de plomo se acerca al borde de la placa, al aumentar la presión en las inmediaciones de dicho borde, la placa experimentará la deformación necesaria para que la presión por centímetro cuadrado no aumente sensiblemente.

Experimentos hechos con discos de plomo fundido de 0^m,16 de diámetro y 0^m,015 de espesor, en condiciones muy semejantes, por lo tanto, á las placas de 20 á 22 milímetros empleadas en los puentes, hicieron ver que éstas ofrecen una resistencia á la compresión mucho mayor que los cubos de 0^m,08; sufren sin deformación una carga de 100 kilogramos por centímetro cuadrado y no empiezan á ceder sino bajo una presión de 150 kilogramos por centímetro cuadrado.

Los cubos de plomo duro de 0^m,08 de arista resisten sin deformación una presión de 250 kilogramos por centímetro cuadrado, y aquélla solo se inicia bajo una presión por unidad de superficie de 300 kilogramos.

Estos experimentos, aunque incompletos, permiten sacar la consecuencia cierta de que las placas de plomo fundido de 15 á 20 milímetros de espesor pueden resistir sin deformación una presión de 120 kilogramos por centímetro cuadrado; y este hecho es suficiente, como vamos á ver, para poder determinar con toda seguridad la longitud que debe darse á las juntas reducidas.

El ancho de las placas debe ser el menor posible si han de permitir la misma libertad de movimientos que una verdadera articulación. Puede calcularse la longitud de las juntas de plomo de modo que el empuje aplicado al centro de gravedad de la junta dé lugar á una presión de $\frac{120}{2} = 60$ kilogramos, lo que equivale á la condición de que la presión máxima que resista la junta sea 120 kilogramos (que es lo que puede resistir sin deformación), quedando comprimida toda ella y con una presión nula en la aris-

ta opuesta á la más cargada. Pero determinadas las juntas de plomo con esta condición resultan muy inferiores al tercio de la junta total, y en los puentes construidos en Alemania se ha adoptado para mayor precaución una longitud igual precisamente al tercio.

Puede observarse que así queda suficientemente limitada la zona en que puede moverse la curva de presiones. En efecto; se sabe que la curva de presiones pasa en la clave por encima del centro de gravedad de la junta y por debajo de este punto en la junta de rotura. Supongamos que haya contacto entre las dovelas y la placa de plomo en toda la extensión de esta última y que la presión en el borde más cargado sea 120 kilogramos por centímetro cuadrado, máxima que puede verificarse sin que el plomo ceda. El ancho de la zona en que puede hallarse la curva de presiones será, en estas condiciones, el comprendido entre el punto medio y el extremo del núcleo central de la junta de plomo, ó sea $\frac{1}{6}$ de esta junta. Como ésta tiene una longitud igual á $\frac{1}{3}$ de la junta total, la zona en que está comprendida la curva de presiones es $\frac{1}{18}$ de la longitud de la junta total; si ésta es de 0^m,90, dicha zona queda reducida á 0^m,05, y en general no excederá en los casos de aplicación de algunos centímetros. Por otra parte, la experiencia ha hecho ver que en los cuatro puentes construidos en Alemania las condiciones del razonamiento anterior se verifican sensiblemente, pues en el caso más desfavorable la desviación del punto de aplicación de la resultante no es suficiente para aumentar sensiblemente esta zona de $\frac{1}{18}$ de la longitud de la junta; y por lo tanto, se ha conseguido limitar prácticamente la zona en que puede moverse la curva de presiones, lo que permite fijar un límite máximo de las presiones que se pueden realizar en la bóveda.

Estudiemos ahora las condiciones en que se encuentran las dovelas contiguas á las juntas de plomo. Hemos indicado que la placa de plomo puede resistir presiones de 120 kilogramos por centímetro cuadrado, y por consiguiente, transmitir á las dovelas inmediatas presiones muy superiores á las generalmente admitidas. Podría acudir al empleo de materiales de resistencia excepcional, como el basalto, el granito, etc., para formar estas dovelas. Pero Mr. Leibbrand, fundándose en experimentos hechos por Durand-Claye en 1885 y publicados por M. Flamant en los *Annales des ponts et chaussées*, año 1887, demuestra que pueden adoptarse con toda seguridad materiales cuya carga de rotura sea de 760 kilogramos por centímetro cuadrado. Los experimentos mencionados tuvieron por objeto estudiar la resistencia de los sillares cuando se ejercen presiones sobre ellos por el intermedio de dados de fundición de forma cúbica, cuyo lado es inferior al del sillar. Sea A el lado de un sillar de forma cúbica y a el de un cubo de fundición colocado en la cara superior del sillar. Sea R₁ la carga de rotura por unidad de superficie de la piedra; R₁a² sería la carga total de rotura

si el lado del sillar fuera igual al del cubo de fundición. La carga P , que aplicada á la superficie a^2 produciría la rotura del sillar, puede expresarse, según resulta de los experimentos de Durand-Claye, por la fórmula empírica

$$P = R_1 A a.$$

Y si suponemos, como en la aplicación que nos ocupa $A = 3a$, se tendrá

$$P = 3R_1 a^2.$$

Si se admite el mismo coeficiente de seguridad en los dos casos, llamando R_0 á la carga de seguridad de la piedra completamente cargada, el peso P' , que podrá resistir con la misma seguridad cuando se ejerza la presión por el intermedio del cubo de fundición, será

$$P' = 3R_0 a^2$$

y la carga de seguridad por unidad de superficie

$$p' = \frac{P'}{a^2} = 3 R_0$$

es decir, tres veces la carga de seguridad ordinaria.

Según esto, si se trata de un sillar cuya carga de rotura ordinaria es 760 kilogramos, ésta se elevará á $3 \times 760 = 2.280$ cuando las presiones se ejerzan sobre él por el intermedio de una placa de plomo que ocupe el tercio de la junta. Como por otra parte sabemos que la máxima presión que el plomo puede transmitir es de 120 kilogramos por centímetro cuadrado, el coeficiente de seguridad es $\frac{120}{3 \times 760} = \frac{1}{19}$. Como se ve, este coeficiente es casi la mitad del que se adopta en los casos ordinarios, y puede, por lo tanto, decirse que en los proyectos de Mr. Leibbrand se ha duplicado la garantía de seguridad exigida á la obra. Tales son las bases que han servido para establecer los puentes que estudiamos; se ve á priori que las condiciones de su establecimiento son perfectamente racionales, y los resultados obtenidos han justificado plenamente estas previsiones.

(Se continuará.)

LUIS GAZTELU,
Ingeniero de Caminos.