

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA QUINCENALMENTE

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

UN LIBRO INTERESANTE

Recientemente se ha publicado un libro titulado *Prove dei metalli sul metodo dell'impronta*, escrito por el distinguido ingeniero industrial italiano Francesco Figari.

Se estudia en el mismo con extraordinario detalle el conocido método de Brinnell, y no extrañará a cuantos recuerden mis insistentes campañas en favor de la implantación en España de este método de ensayo, me interesase desde el primer momento la lectura de aquél.

La circunstancia de haberme dedicado el autor un ejemplar de su trabajo, obligándome personalmente, en relación de cortesía, me aconseja, además de aquella razón, a ocuparme de dicha obra, haciendo un ligero estudio crítico de la misma.

Seguramente recordarán los que lean estos renglones los trabajos que publiqué en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS en 1915 y 1916, acerca de este ensayo, como consecuencia de propuestas que dirigí a la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, reunida en el Congreso que celebró en Valladolid el año 1915.

En aquellos trabajos, y para conseguir los resultados que me proponía, es decir, la implantación con carácter oficial en España de aquel ensayo, recopilé en forma condensada y ordenada casi todos los trabajos que sobre el mismo se habían publicado, constituyendo verdaderamente una nutrida bibliografía.

Con posterioridad a aquella fecha poco se publicó sobre dicho ensayo, debido seguramente al escaso tiempo de que disponían cuantos sobre el mismo podían escribir, absorbidas todas las actividades, por las necesidades derivadas de la guerra.

No quiere esto decir que cuanto a este ensayo se refiera haya adelantado poco o que no ha tenido aplicación durante este período; por lo contrario, extraordinarias y numerosas aplicaciones le han hecho insustituible para el ensayo de piezas industriales acabadas (que es una de sus mejores aplicaciones), como, por ejemplo, proyectiles, para cuya fabricación casi exclusivamente se ha empleado este método, que ha permitido la comprobación de todas y cada una de las piezas.

De la especial forma como este ensayo se ha realizado durante la guerra han nacido aparatos nuevos y especialmente dedicados al empleo rápido del mismo; más adelante me ocuparé de alguno de ellos.

Por todas estas razones me ha interesado muy de veras la apa-

rición del libro que motiva estos renglones, por ser la primera muestra de literatura post-guerra sobre tan interesante tema.

Dicho trabajo le constituyen 223 páginas de $16,5 \times 25,5$ centímetros, de nutrida lectura, con 50 figuras intercaladas, y está editado por la Casa S. Lates, de Torino.

Reseñaré muy a la ligera el trabajo de Figari y haré resaltar algunos de los más interesantes pormenores del mismo, y cuantos quieran llegar al detalle de ellos deben acudir al libro estudiado.

Comienza describiendo el método Brinnell, deduciendo los coeficientes y características principales, estudiando ampliamente y con notorio acierto los diversos resultados que, siguiendo sus normas, se obtienen variando las presiones o los diámetros de las bolas empleadas.

Llega, y recomienda, a una fórmula de carácter práctico para aplicación del método; es la siguiente:

$$\Delta = \frac{P}{2\pi R \left(R - \sqrt{R^2 - \alpha^2 \frac{d^2}{4}} \right)^\beta}$$

en la cual son conocidos los significados de las letras empleadas, con excepción de los coeficientes α y β , que introduce el autor después de amplios razonamientos y deducciones.

El primero está llamado a corregir posibles errores de lectura o determinación del diámetro de la impresión, y el segundo varía en función del diámetro de la esfera.

Señala diversos valores de estos coeficientes, según los varios casos que pueden presentarse.

Después de detenido estudio comparativo, se declara franco partidario de la lectura de la flecha de la impresión, y contrario a la lectura del diámetro, especialmente por la dificultad práctica de deducir éste con exactitud por las deformaciones e irregularidades del cráter formado alrededor de la impresión.

Se ocupa de la influencia de la curvatura de la esfera durante el ensayo, siguiendo y glosando los estudios de Benedicks.

Termina esta primera parte de su estudio señalando algunas normas de carácter práctico para la realización del ensayo, algunas de las cuales no están muy de acuerdo con las recomendadas en los Congresos.

Pasa en la segunda parte al estudio de los resultados obtenidos y los directamente alcanzados siguiendo los métodos, que podemos denominar clásicos, por tracción o compresión, utilizando los coeficientes de paso de uno a otro, y examinando los coeficientes deducidos por uno y otro procedimiento, para la carga

máxima de rotura, límite de elasticidad, coeficiente de elasticidad, etc., etc.

Se auxilia para ello de los diagramas clásicos; estudia las líneas de Hartman, y se detiene con especial preferencia en el ensayo por compresión estudiando las superficies y modos de producirse la rotura.

Con posterioridad ha publicado muy interesante estudio en el *Giornale del Genio Civile* sobre «Dei piani di scorrimento della materia», cuyos fundamentos se encuentran en el libro que examino.

Análogamente examina, ya más a la ligera, los ensayos por flexión y choque.

Justifica las discrepancias que en ocasiones aparecen sobre los resultados obtenidos directamente y los deducidos mediante los coeficientes que se aplican a los derivados con arreglo a las prescripciones Brinnell y, en resumen, se muestra decidido partidario de este método.

Describe algunas de las máquinas más usadas en los laboratorios y fábricas italianas para este método, y no me ocupo de la mayoría de ellas por ser harto conocidas.

Describe una máquina-prensa Amsler-Laffon con péndulo estabilizador; otra Mohr e Federahff, de acuerdo con los principios de Martens.

Se ocupa de las de fabricación italiana, que, por lo menos por la descripción, no parece muy exacta.

Me refiero a la denominada de Leon Bollée.

Describe un aparato portátil, estudiado por Figari, para poder aplicar este ensayo *in situ*.

Es, realmente, ingenioso y sencillo; el movimiento del útil se obtiene por el movimiento de un tornillo diferencial, es decir, un doble tornillo, labrado exteriormente, con un paso fuerte y moviéndose en una cierta dirección a través de la tuerca correspondiente; en el interior de aquél se mueve otro de menor diámetro y de paso menor.

Como consecuencia del movimiento producido por un volante sobre el primero, dirigiendo convenientemente el segundo, éste asciende o desciende, según los casos, una longitud igual a la diferencia de los pasos, y haciendo ésta tan pequeña como se quiera, se logra un movimiento muy lento del segundo tornillo, al cual se une en debida forma la esfera.

Dada esta disposición, con muy pequeño esfuerzo en el volante se traduce en una presión importante, y tanto mayor cuanto menor sea la diferencia de los pasos de ambos tornillos.

Estimo práctico este aparato.

También describe otro aparato portátil, quizá no tan exacto, pero sí muy expedito, estudiado y proyectado por Ricolfi.

En la figura adjunta se representa una sección del mismo, cuya longitud total no pasa de 0,50 metros.

El portaútil es A, que sostiene la esfera S, siendo aquél móvil dentro del extremo inferior del aparato y teniendo tendencia, por el muelle K, a ocupar la porción inferior.

En el interior de la parte superior del aparato una maza M sirve de martillo y golpea, en determinada condición, la cabeza del portaútil, cuando apoyado éste en el cuerpo que se desea ensayar por intermedio de la esfera, se encuentra en condiciones de producir ésta la correspondiente impresión.

Sobre el martillo existe un fuerte muelle R, que se comprime entre éste y el cierre del aparato T, que entra en el mismo a rosca y que puede sujetarse por el tornillo auxiliar P.

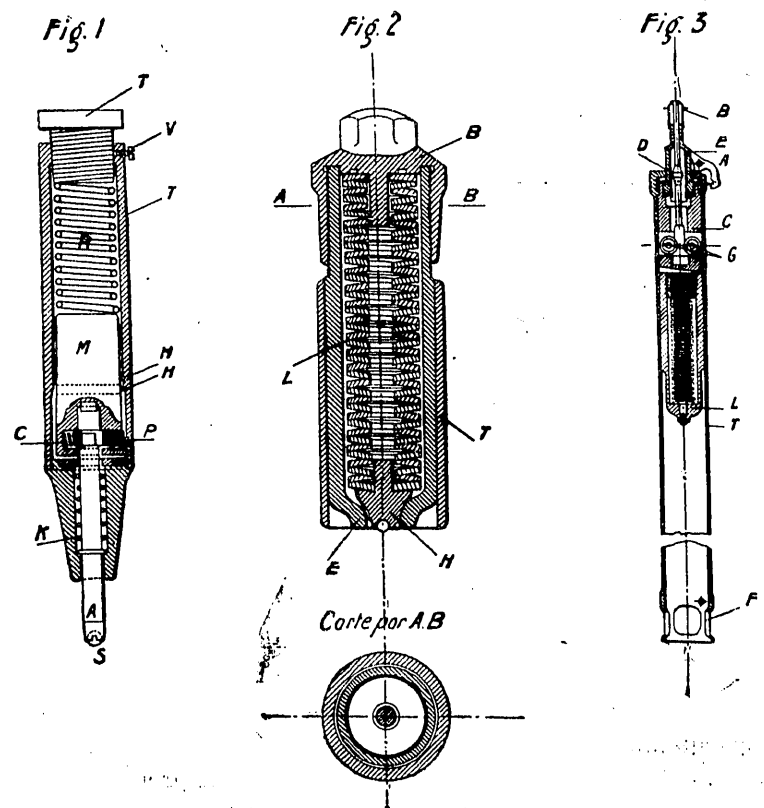
El aparato en su exterior presenta una forma cilíndrica y en su interior presenta dos diámetros diferentes, mayor en su fondo y menor en la parte superior, unidos ambos por elemento cónico.

Tiene por objeto esta diferencia de diámetro conseguir que la pieza P, cuya posición normal está representada en la figura, sobresalga gracias a la acción del muelle C.

Cuando se quiera operar se apoya la esfera sobre el cuerpo que se desea ensayar, y por intermedio del portaútil A se eleva el martillo M comprimiendo y reduciendo el muelle R; cuando la pieza P tropieza en el estrechamiento HH' del tubo T, vence al muelle C, y queda suelto el portaútil, elevándose el martillo todo lo que permiten los muelles R y K.

Mediante un disparador actúa el primero, y el martillo cae fuertemente sobre la cabeza del portaútil y queda su huella marcada en el metal que se ensaya.

Lleva el aparato un elemento para medir el diámetro de aquélla, y mediante una tabla práctica se conoce la carga máxima de rotura.



A continuación estudia los conceptos de dureza y resistencia, manejando el coeficiente $H = \frac{R}{\Delta}$, y se ocupa detenidamente de la influencia del tratamiento térmico, recocido, revenido, temple, etc.

Recomienda la adopción de un nuevo coeficiente, que denomina de «crudeza», y determina el valor de η como «grado de crudeza en la forma

$$\eta = \frac{\Delta_n - \Delta_r}{\Delta_n}$$

llamando Δ_n y Δ_r los números de dureza de Brinnell, en el estado natural y después del tratamiento térmico.

Como consecuencia, llega a la interesante conclusión de que el valor de R es el siguiente, función de η .

$R = \Delta (0,34 - 0,21 \eta)$, llegándose con el empleo de estos coeficientes a errores menores del 3 por 100.

Posteriormente hace interesante estudio de carácter moderno, aplicando el concepto de la «relatividad», utilizando los resultados del ensayo por compresión y determina el valor de

$$H_c = \frac{R_c}{\Delta} = \frac{R_c}{\frac{P}{S}}$$

Se ocupa extensamente de la realización del ensayo en metales sometidos a una previa operación de temple, y deduce consecuencias no solamente utilizables en este ensayo, sino en la aplicación industrial de los cojinetes de bolas.

Se observa, comparando las flechas de las impresiones realizadas por esferas de diversos diámetros, que hasta cierta presión (600 kilogramos en los casos estudiados) se obtienen las mismas flechas, no alcanzándose resultados comparables ni proporcionales.

Estudia el método propuesto por el célebre metalurgista Saudberg, fundado en idénticos principios que el Brinnell, aplicando una presión de 50.000 kilogramos sobre una esfera de 19 milímetros de diámetro, y obtiene números de dureza Saudberg que compara con los de Brinnell.

También vuelve a recordar el método Ludwik, por el cual el número de dureza se deduce de la fórmula

$$\Delta = \frac{P}{4,43 f^2}$$

En este método para una presión igual se obtiene siempre más flecha que en el Brinnell, siendo, sin embargo, menor la aproximación de los resultados obtenidos.

Por último, realiza un útil y muy completo estudio sobre la influencia de la temperatura del ambiente y del metal ensayado en los resultados obtenidos.

Como puede comprobarse en la ligera reseña que acabo de hacer, es muy completo el estudio realizado por Figari y presentado de un modo muy ordenado y metódico.

Aunque aquí termino el corto estudio crítico que he realizado de la obra de aquél, indicaré que Guillery en la *Revue de Metallurgie* ha expuesto también interesantes estudios que ha realizado sobre el mismo ensayo, especialmente orientados en buscar el medio de eliminar la influencia sobre el mismo de la duración.

Fundado en ello, y buscando la posibilidad de hacer este ensayo, no solamente con rapidez, sino en el mismo sitio donde se encuentren depositados los materiales cuyas características se desea conocer, describe dos aparatos portátiles, en los cuales la esfera recibe un fuerte golpe de un martillo o maza, actuando por choque.

Ambos están estudiados por Guillery.

En el primero (fig. 2.^a) se actúa dando un golpe de martillo en la cabeza superior *B* del aparato; este golpe se transmite por intermedio de unas arandelas Belleville *L*, debidamente graduadas al portaútil *H*; del golpe recibido, la esfera recibe la parte de energía que las arandelas permiten llegar, y el resto, es decir si el golpe es lo suficientemente enérgico, hace tropezar la parte saliente del aparato con la superficie del cuerpo que se desea ensayar.

Como la energía necesaria es pequeña, no es preciso un golpe demasiado vivo ni un martillo muy pesado, siendo suficiente una herramienta corriente y la fuerza de cualquier operario.

El mismo Guillery ha estudiado un nuevo aparato, en el cual la presión sobre el cuerpo ensayado se ejerce cayendo de una altura fija una maza metálica, de peso determinado, que lleva la esfera en su parte inferior.

En la figura 3.^a se representa un corte de este aparato.

Consiste en un tubo *T*, abierto con cuatro ventanas *F* en su parte inferior, para poder examinar la zona en la que se quiera realizar el ensayo.

Dentro del mismo se mueve una maza *L*, compuesta de un elemento cilíndrico pesado, que contiene un juego de arandelas Belleville, el portaútil y la esfera; dicha maza es la que, cayendo

de una altura determinada y fija, produce la impresión en el cuerpo.

Dicha maza tiene alojadas en su interior, en dos ranuras transversales, dos pequeños rodillos *G*, los cuales pueden separarse entre sí, en cuyo caso, ejerciendo rozamiento sobre la pared interior del aparato, puede modificar el movimiento de la maza.

Entre esos rodillos se aloja una varilla *C*, labrada en su parte baja en forma cónica, que al penetrar entre dichos rodillos los separa y ejercen éstos presión en la pared interior.

Para operar con el aparato se invierte éste, y por su propio peso la maza introduce entre dichos rodillos el final cónico de la varilla y los acuña; se sujeta, además, la maza por un pequeño diente *A*.

Cuando se quiere soltar la maza se tira del botón *B*, se desacuñan los rodillos y, soltando al mismo tiempo el diente *A*, cae aquélla, produciéndose la impresión, absorbiendo la energía sobrante las arandelas y siendo constante la presión ejercida por el choque.

La Casa H. Morin ha puesto a la venta un pequeño aparato portátil, en el cual la presión se ejerce por el golpe de un martillo, y en forma que el golpe, no sólo produzca la impresión en el cuerpo que debe ensayarse, sino también en una pieza de acero cromado, y en la cual está señalada la huella por la bola de 10 milímetros y la presión en prensa de 3.000 kilogramos.

Para la comparación de las dos huellas obtenidas en la pieza *etalon* y la señalada en el cuerpo ensayado, se determina, mediante tablas de fácil manejo, las características del cuerpo cuyas propiedades se desea conocer.

El porvenir de este ensayo seguramente exigirá el empleo, cada día más frecuente, de aparatos portátiles de cualquiera de los tipos que he descrito.

DOMINGO MENDIZÁBAL,
ingeniero de Caminos.

Madrid, 1.º de septiembre de 1921.

Apuntes sobre el cálculo de arcos de fábrica

POR

JOSÉ LÓPEZ RODRÍGUEZ

Pudiera haber principiado escribiendo así:

Para el objeto de estos apuntes, llámase arcos de fábrica a los de hormigón, mampostería o sillería, con o sin armaduras.....

Mas no me ha parecido conveniente tal cosa, por si alguien, equivocadamente, llegara a deducir de ello que iba a leer algo acabado, u ordenado por lo menos, acerca del cálculo de arcos de fábrica, lo cual dista mucho del alcance de mi incompetencia y de mis propósitos al dar a publicar estas notas sueltas.

Sea suficiente lo que acaba de indicarse para leve asomo del inevitable prólogo, si es que la llaneza y la sinceridad sirven para algo.

* * *

Voy a deducir las expresiones de varias líneas de influencia, en el arco de medio punto de espesor constante, siguiendo para ello el procedimiento aplicado por el Sr. Zafra para el cálculo del arco empotrado, en los ejercicios que publicó en la *REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS* en los años 1912 y 1913, para la divulgación de los métodos de cálculos de estructuras derivados del trabajo elástico o de la deformación.