

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 30 DE AGOSTO DE 1891.

4.ª Serie.

Tomo 9.º

Número 16.

AÑO XXXIX DE LA PUBLICACIÓN.

SUMARIO.

Pliegos de condiciones para la construcción de puentes metálicos, por D. Luis Canalejas.—Proyecto de saneamiento general de Valladolid, redactado en virtud de orden del Excmo. Ayuntamiento por D. Recaredo de Uhagón.—Viaducto del Malleco, en Chile.
SUMARIO DEL BOLETIN.—Noticias.—Bibliografía.—Parte oficial.—Adjudicaciones.—Movimiento del personal de Obras públicas.



PLIEGOS DE CONDICIONES

PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES METÁLICOS

(Continuación.) (1)

La *dureza* se sabe que es la propiedad que poseen los cuerpos sólidos de resistir á los esfuerzos que tienden á penetrarlos. En mecánica es necesario limar, cepillar, taladrar, etc., en frio los metales; y todas estas operaciones presentan más ó menos facilidad, según la naturaleza más ó menos dura del metal de que se trata. No se manifiesta esta cualidad de la dureza sino cuando el cuerpo está sometido á esfuerzos que producen una deformación permanente.

Las investigaciones químicas han demostrado que tanto en el hierro como en el acero la dureza depende sobre todo de la cantidad de carbono disuelto ó mezclado. Numerosas experiencias han probado que en aceros de diferentes durezas la duración del período de elasticidad perfecta es el único variable, que el coeficiente de elasticidad queda sensiblemente el mismo y que puede medirse la dureza del acero estudiando la intensidad y la ley de crecimiento de las deformaciones permanentes bajo la influencia de los esfuerzos ejercidos.

El coronel Rosset ha buscado cuál era el volumen de las entalladuras producidas en diferentes metales por un cuchillo de forma especial con un esfuerzo constante y determinado. Admite que la dureza de los metales está en razón inversa de los volúmenes de las entalladuras y ha tomado

(1) Véase el número 11 de esta REVISTA.

como base, es decir, como cero de dureza, la entalladura hecha bajo una carga de 3.850 kilogramos en cobre laminado, representando por 10 el acero templado más duro, que no presenta alteración alguna bajo la acción del cuchillo, é intercalando entre esos dos números, según su dureza, los demás metales que considera.

Ingenieros y constructores se preocupan siempre en sus proyectos de una propiedad especial en muchos cuerpos y sobre todo en los metales conocida bajo el nombre de *elasticidad*. Sin entrar en el estudio de cuestión tan compleja, si indicaremos cuáles son hoy los conocimientos que se tienen sobre un punto tan discutido de la mecánica molecular.

Según las teorías antiguas, si se suponía una barra de hierro AB colocada verticalmente, fija de un modo invariable en un extremo A, por ejemplo, y en B aplicada una fuerza que actúe en la dirección del eje de la barra, ésta se alargará disminuyendo ligeramente la sección y viniendo el punto B á B'. Si se quita la fuerza, que suponemos no muy grande con relación á la sección de la barra y á la naturaleza del metal sometido á la experiencia, se admitía que la barra recobraba su primera posición y el punto B' volvía á B, diciendo que no se había pasado el *límite de elasticidad*.

Si, por el contrario, la fuerza era grande, al quitarla la barra no tomaba su posición primera; el punto B' se quedaba en una posición intermedia B'' y se decía que se había pasado el *límite de elasticidad* y que el sólido había sufrido una deformación permanente indicada por el alargamiento BB''.

Era, pues, la elasticidad considerada como una propiedad de los cuerpos, en virtud de la cual recobran éstos su forma primitiva cuando las fuerzas, dentro de cierto límite, que los habían deformado dejaban de actuar. Si la barra sometida á una fuerza exterior no vuelve á su forma primitiva, se llama *alargamiento total* la longitud BB' que la barra se ha alargado bajo la influencia de las fuerzas; *alargamiento permanente* la parte BB'' del alargamiento total que subsiste después de desaparecer la fuerza, y *alargamiento elástico* la parte B' B'' del alargamiento total que desaparece con la fuerza.

Tal definición de elasticidad no tenía nada de exacto ni de científico, y el límite de elasticidad dependía de los experimentadores y de los aparatos de precisión que empleaban.

Mr. Wertheim ha expuesto la idea de que no existe verdadero límite de elasticidad, sino que toda carga, aun las muy inferiores á las del límite de elasticidad, produce un alargamiento permanente que no es apreciable sino cuando se toma una longitud de barra proporcional al grado de precisión del aparato empleado para las lecturas y de dejar la carga actuar un espacio de tiempo suficientemente prolongado.

M. Hodgkinson define como carga en el límite de elasticidad aquella para la cual la relación de la carga por unidad de superficie al alargamiento por unidad de longitud no es constante, y como valor del coeficiente de elasticidad E la media de la relación entre la carga referida á la unidad de superficie y el alargamiento por metro para todas las cargas, á las cuales se ha sometido el metal entre cero y la carga límite de elasticidad del cuadro en que Hodgkinson resume sus experiencias hechas para el hierro.

Bauschinger, como otros experimentadores, acepta como definición del límite de elasticidad la carga límite que da la proporcionalidad de las cargas á los alargamientos totales y hace, al estudiar el acero dulce, la observación de que más allá del límite de elasticidad los alargamientos crecen muy lentamente durante cierto tiempo, el tiempo durante el cual la carga actuando sobre la barra no tiene acción sobre el alargamiento, que no disminuye si se quita la carga. A partir de este segundo límite, al cual Mayer llama *límite de gran extensión* ó de *gran compresión*, los alargamientos totales y permanentes crecen muy rápidamente, aumentan con el tiempo que la carga queda en acción y los alargamientos decrecen durante largo tiempo después de quitar la carga.

Continúa Mayer estudiando las experiencias de Bauschinger clasificando los resultados que éste obtuvo en cuatro capítulos, cuyo resumen alargaría demasiado este artículo, llevándonos muy lejos de nuestro propósito primero.

También se citan por Mr. Cornut interesantes experiencias acerca del modo de trabajar los metales sometidos de un modo continuo á cargas constantes superiores á la carga límite de elasticidad, pero inferiores á la carga de rotura, consignándose ya por Vicat en 1834, que cargas inferiores al límite de elasticidad producían alargamientos permanentes, y que cargas inferiores á la carga de rotura producen alargamientos permanentes que van viniendo y pueden tal vez á la larga producir accidentes graves.

Más recientemente M. Thurston ha hecho ensayos para ver el tiempo necesario para romper hilos de hierro sometidos á esfuerzos permanentes iguales á una fracción de la carga de rotura, y ha obtenido como resultado la idea de que para cargas superiores al límite de elasticidad, pero muy inferiores á la carga de rotura, el metal no solo sufre una deformación permanente, sino que puede llegar á romperse bajo la acción persistente de esta fuerza.

En cuanto al modo de trabajar el metal sometido á esfuerzos repetidos en el mismo sentido ó en sentido inverso un gran número de veces bajo forma de tracciones, flexiones ó torsiones, nada tan notable como las magníficas experiencias de M. Wohler sobre el trabajo de los metales que han servido de base á teorías y fórmulas nuevas absolutamente contrarias, á lo

menos en apariencias, á muchas de las ideas actuales que se tienen acerca de la elasticidad. El resumen de esas experiencias es el siguiente:

1.º Cuando una pieza sufre un cierto número de veces esfuerzos que provienen de una carga que alternativamente se coloca y se quita ó se disminuye tan solo, la rotura se produce con menor carga por unidad de sección que cuando la carga se aplica lentamente.

2.º El número de repeticiones del esfuerzo necesario para la rotura es tanto mayor cuanto menor es el coeficiente de trabajo máximo, permaneciendo el mismo el trabajo mínimo.

3.º El número de repeticiones del esfuerzo necesario para la rotura es tanto mayor cuanto mayor es el coeficiente de trabajo mínimo, permaneciendo el mismo el trabajo máximo.

4.º Cuando el trabajo máximo queda por debajo de cierto límite no hay nunca rotura, cualquiera que sea el número de repeticiones.

5.º Este límite por debajo del cual no hay nunca rotura es tanto mayor cuanto mayor es el trabajo mínimo.

Vemos, pues, que las experiencias de Wohler introducen en el trabajo de los metales la consideración importantísima de la repetición del esfuerzo y del sentido, según el cual actúa.

Observaciones absolutamente semejantes ó á lo menos análogas á las hechas respecto á los ensayos á la tracción, podrían repetirse para los ensayos á la compresión, á la flexión y á la torsión.

* * *

De todo lo anteriormente escrito se deduce una consecuencia bien importante, cual es la imprescindible necesidad de introducir cierta uniformidad en los métodos de ensayo de los materiales empleados en la construcción y de elegir unidades comunes que expresen los diferentes resultados obtenidos en los ensayos de los metales.

Las grandes obras públicas emprendidas en estos cincuenta años últimos han dado una gran importancia al estudio de la resistencia de los materiales, estudio que permite al ingeniero hacer una elección conveniente en los materiales que la metalurgia va poniendo cada vez en mayor número y en mejores condiciones en sus manos, estudiar sus propiedades antes de hacer sus proyectos y vigilar la recepción de los materiales para que se cumplan las condiciones de los pliegos.

A medida que los trabajos tienen mayor importancia, los materiales deben satisfacer mejor las condiciones de resistencia indicadas por las leyes de la observación. Los gobiernos, las compañías de ferrocarriles, los constructores deben introducir en sus pliegos de condiciones, siguiendo los adelantos de la ciencia y de la industria, exigencias en la recepción cada vez

más rigurosas, obligando así á los productores á basar su fabricación en procedimientos metódicos y científicos.

Es indudable también que para efectuar la recepción de productos necesarios para la construcción existen grandes dificultades. Casi nunca se pueden ensayar las piezas en las condiciones de trabajo que han de tener que soportar; es preciso imaginar métodos de ensayo que permitan reconocer la cualidad que la práctica exija, sometiendo las piezas á esfuerzos absolutamente diferentes de los que sufrirán una vez en servicio. Es necesario también que los ensayos que se efectúan con un cierto número de piezas, elegidas entre las de cada suministro, permitan esperar que todo él gozará de idénticas propiedades mecánicas que las encontradas en los ensayos.

Se ha visto cuáles son los ensayos más usuales en la práctica y cómo varían los resultados al variar los datos que entran en las experiencias, y que los conocimientos exactos que se tienen sobre la teoría molecular de los sólidos son tan limitados que si en dos series de experiencias hechas con el mismo metal se varía un elemento, por ejemplo, la longitud de la barra ó su sección, es imposible comparar sus resultados con certeza.

Las leyes empíricas que muchos ingenieros han establecido para unir algunos de los elementos entre sí, no dan sino una aproximación insuficiente cuando se las quiere aplicar á metales de la misma especie, pero de distinta fabricación que la de los que sirvieron de base á aquellos investigadores.

En cuanto á la elasticidad hemos podido vislumbrar que las ideas antiguas no son admisibles y las recientes no han recibido suficientemente la sanción de la práctica.

Resulta, en vista de tanta dificultad, que tanta admirable serie de experiencias hechas en Inglaterra, Suiza, Rusia, Estados Unidos, etc., etc., no son comparables, y que tanta suma de paciencia y trabajo ha sido en su mayor parte pérdida para el progreso de la ciencia y el perfeccionamiento de la construcción.

Un punto importante que hace penoso el estudio de los trabajos extranjeros es el de que cada país no ha adoptado las mismas unidades para expresar los resultados; así, por ejemplo, en Francia y en muchos países se sirven para los ensayos á la tracción del centímetro cuadrado como unidad para medir las secciones, del kilogramo para medir las fuerzas y del milímetro para medir los alargamientos; en Inglaterra las unidades son la pulgada cuadrada y la libra inglesa; de suerte que un ingeniero inglés para darse cuenta de trabajos hechos en Francia tiene que comenzar por reducir las unidades francesas en inglesas, trabajo largo y penoso.

La elección de *unidades internacionales* tendrá sobre el porvenir de la metalurgia una gran influencia, y de aquí la necesidad de un Congreso que

fije las unidades de todos los elementos que hay que tener en cuenta en los ensayos de resistencia de materiales.

Abundando en estas ideas el Congreso internacional de Mecánica aplicada últimamente celebrado en París, dirigió al gobierno francés el siguiente ruego, que fué aprobado por unanimidad: «Los miembros del Congreso internacional de Mecánica aplicada, después de deliberar, manifiestan al gobierno francés su deseo de que tome cerca de los gobiernos extranjeros la iniciativa de la reunión de una Comisión internacional que elija las unidades comunes destinadas á expresar los diferentes resultados de los ensayos de materiales é introducir una cierta uniformidad en los métodos de ensayo.»

Este ruego no parece haber sido perdido para la ciencia, porque en estos momentos Mr. Gay, director de ferrocarriles en el Ministerio de Trabajos públicos, ha sido nombrado presidente de una Comisión formada por representantes de las Direcciones técnicas de los ministerios civiles y militares para que á su vez nombre la Comisión que ha de formular los principios, á los cuales deben adaptarse los ensayos de materiales de construcción, especialmente los metálicos.

(Se continuará.)

LUIS CANALEJAS.

PROYECTO DE SANEAMIENTO GENERAL DE VALLADOLID

REDACTADO EN VIRTUD DE ORDEN DEL EXCMO. AYUNTAMIENTO

POR D. RECAREDO DE UHAÓN

Ingeniero primero del Cuerpo Nacional de Caminos, Canales y Puertos.

(Continuación.)

Esto sucede en París, donde conforme dice Colin, estos establecimientos constituyen alrededor de la ciudad casi una corona cuyas emanaciones, llevadas por los vientos hasta el centro de aquélla, y cuyos procedimientos de fabricación destilando las deyecciones líquidas sin cuidarse de quemar los gases que quedan en libertad y dejando secar las materias pastosas en grandes depósitos al aire libre, inficionan la atmósfera, química y orgánicamente, del modo más peligroso.

Freycinet, en su tratado *Emploi des eaux d'égout*, resume todos estos sistemas diciendo de ellos:

«Que podrá quizás encontrarse alguna sustancia hasta hoy desconocida que permita resolver el problema de un modo satisfactorio, y que en este