

RESISTENCIA DE LOS MATERIALES.

RESULTADOS DE ALGUNOS ESPERIMENTOS HECHOS EN EL CANAL DE ISABEL II.

El arte de construir que no ha mucho tiempo se fundaba tan solo en el empirismo y la rutina, ha sufrido la influencia de los grandes adelantos que desde fines del último siglo han hecho las ciencias exactas y físico-matemáticas. La teoría de las construcciones forma ya un cuerpo de doctrina, sino tan completo y exacto como pudiera desearse, porque la mayor parte de sus problemas pertenecen á las mas elevadas cuestiones de la física matemática, suficiente al menos para resolverlas con la aproximacion práctica necesaria. Mas la aplicacion del análisis matemático, creando la ciencia, es decir, traduciendo en fórmulas la mayor parte de sus difíciles problemas y procurando estender su influjo á los restantes, ha vencido la dificultad capital, la dificultad teórica; pero introduciendo como no podia menos de ser, cantidades constantes cuyos valores dependen de la manera de ser de los cuerpos que se emplean, y que no pueden determinarse mas que por la observacion y la experiencia. Asi, la investigacion de los valores numéricos de estos coeficientes ha seguido siempre á la solucion analítica de la cuestion, y si esta última fija la ley que une los elementos todos del problema, aquella hace posible su aplicacion á todos los casos prácticos: de la misma manera que las leyes de la caida de los graves, no pueden tener su aplicacion numérica interin no se determina experimentalmente el valor de la fuerza aceleratriz que la ocasiona.

No es, pues, de estrañar que en el momento en que han querido fijarse las reglas prácticas que resuelvan las cuestiones mecánicas á que dan lugar todas las construcciones, se hayan llevado á cabo las numerosas observaciones y esperimentos que exige la determinacion de que acabamos de hablar. Y esta determinacion práctica adquiere tanta mayor importancia y estension, cuanto que la teoría no ha podido resolver todavia mas que por aproximacion y partiendo de hipótesis, que en algunos casos se alejan notablemente de la realidad, un gran número de cuestiones que son del mayor interés para el constructor. A esta categoria pertenecen las de la resistencia que los materiales presentan á los esfuerzos á que se hallan sometidos en las obras; la cuestion de primer orden que forma la base racional de todos los proyectos, y que es el único punto de partida cuando las dimensiones de la obra que se trata de construir, ó en general cuando alguna de sus condiciones forman una escepcion para la que la experiencia no ha podido pronunciar todavia su fallo irrecusable. Consiguiendo á esto, un conocimiento exacto de la naturaleza, condiciones y propiedades de los materiales de construccion que cada localidad encierra, es una de las primeras necesidades que deben llenarse desde que el ramo de obras públicas adquiere algun desarrollo. En los paises que se hallan mas avanzados en el arte de construir, se ha comprendido hace tiempo esta necesidad y se ha satisfecho

Tomo III.

sin retroceder ante las dificultades materiales y el asiduo trabajo y perseverancia que han exigido tan multiplicadas y variadas experiencias. Numerosas tablas relativas á los diferentes materiales, han sido el resultado de los trabajos emprendidos: su densidad, elasticidad, resistencias de todas clases y cuantos datos puedan necesitarse, se hallan allí consignados y permiten á los ingenieros aplicar sus fórmulas á los materiales que deban emplear segun la localidad en que se encuentren; sin que se vean en la necesidad de arreglar sus proyectos á las condiciones de materiales que tal vez se hallan á centenares de leguas y con los que probablemente no construirán jamás.

Nuestro pais, sin embargo, no ha podido emprender todavia estos trabajos con toda la estension que debiera: apenas si se han recogido algunos escasos datos y se han hecho algunas observaciones aisladas cuyos resultados son tan solo conocidos de sus autores. Ni esto basta, ni careciendo completamente de recursos es dable llenar necesidad de tanta importancia.

No pretendemos por ahora, por mucho que sea nuestro deseo, que la parte experimental tome un desarrollo tan considerable como en Inglaterra, donde se rompen cuchillos de mas de 22 metros para estudiar las resistencias de los puentes tubulares; pero al menos deseamos que se conozcan los materiales de construccion que encierra nuestra peninsula y que se formen tablas de sus densidades, resistencias y cuanto pueda ofrecer un interés de primer orden á los constructores.

Animados de este buen deseo vamos hoy á presentar el resultado de algunos esperimentos que hemos hecho sobre los materiales que empleamos en el canal de Isabel II, y que en su mayor parte se refieren á resistencias al aplastamiento de calizas, ladrillos y maderas, y roturas por flexion de estas últimas.

Ninguna explicacion necesita la adjunta tabla en que consignamos los resultados numéricos obtenidos; solo diremos, que los pesos especificos se han fijado pesando volúmenes determinados de cada cuerpo, y que para las piedras, el ladrillo, el hierro y las maderas se han hecho uso tambien de sus pesos en el agua. El aplastamiento de los sólidos se ha obtenido con un aparato análogo al que Soufflot y Perronet emplearon en la escuela de puentes y calzadas, y los cuerpos ensayados, han sido cubos de 2 ½ pulgadas de lado. Del peso de aplastamiento se ha rebajado la parte debida al rozamiento del aparato, calculado por la expresion

$$f \frac{r}{L} P. \frac{L-l}{l} \text{ en la que}$$

P es el peso total de aplastamiento, incluso el correspondiente á la palanca.

L la longitud de esta última

l la distancia del eje á la arista en que actúa la palanca para transmitir la accion del peso al sólido que se ensaya.

r el radio del eje.

f el coeficiente del rozamiento.

En las experiencias relativas á la rotura por flexion se emplearon piezas de 5 pies de longitud y

Madrid 1.º de Marzo de 1855.

de 2 pulgadas de lado. Se las apoyaba por sus extremos en las aristas de dos cuchillos por el intermedio de otras piezas, que evitaban el que aquellos cortasen las fibras, y se suspendían pesos en el punto medio entre los apoyos. Se medía cuidadosamente el peso de rotura, la flecha correspondiente á la máxima dilatación y contracción de las fibras, y finalmente la distancia entre los apoyos. De este modo se ha podido deducir el coeficiente de rotura que figura en las tablas siguientes.

PESO ESPECÍFICO.

Madera de Soria.	0,479
— del Paular.	0,608
Hierro de Cuenca.	7,785
— de Vizcaya.	7,696
Acero llamado de Milan.	7,856
Cemento de Iraeta.	1,042
Cal viva en polvo finísimo.	0,570
Puzolana en polvo finísimo.	1,224
Ladrillo (bien cocido).	1,589
Arena.	1,570
Sillería caliza de Patones.	2,502
— de Redueña y Venturada.	2,207
— del Molar (canteras del río Guadalix).	2,455
— id. (de la Atalaya).	2,141
— de la Aldehuela.	2,746

RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO.

Kilógr. por centímetro cuadrado.

Madera de Soria.	262
— del Paular.	512
Ladrillo de Silillos.	98
— de San Agustín.	102
Sillería caliza de Patones.	510
— de Redueña.	258
— del Guadalix.	224
— de la Atalaya.	218
— de la Aldehuela.	468

COEFICIENTE DE ROTURA POR FLEXION.

Madera de Soria.	3 635 000
— del Paular.	5 298 000

Por las tablas anteriores se podrá conocer desde luego que el objeto esclusivo de los experimentos ha sido, si nos es permitido darle este nombre, puramente práctico. Ni los aparatos, ni el tiempo de que podíamos disponer han permitido otra cosa. Y si bien es cierto que al emprender una serie de experiencias sobre cierta clase de materiales, puede hacerse esto con dos fines muy distintos, y que ambos tienen gran importancia para el ingeniero, también lo es que no son igualmente necesarios por el momento.

En efecto, la imposibilidad de someter al cálculo los complicados fenómenos que tienen lugar en el interior de los cuerpos cuando se someten á esfuerzos de cualquier clase, obliga á la teoría á apoyarse en hipótesis que conducen á fórmulas de varia aproximación en cada caso, y que en algunos llegan á ser insuficientes. Consecuencia de esto es la necesidad de numerosas y estensas observaciones y es-

perimentos, cuyo objeto, lejos de ser como el nuestro, la determinación de los coeficientes numéricos de las fórmulas ya establecidas, sea el de averiguar la ley que liga la naturaleza, forma y dimensiones de un cuerpo con las diversas resistencias que opone á los esfuerzos á que se ha de hallar sometido en las obras; y esto con el doble fin de establecer una nueva base para las aplicaciones teóricas y el de suplir á estas últimas, fijando al mismo tiempo los límites de su aplicación práctica. Esto es lo que se ha hecho y se está haciendo en Inglaterra y en Francia; pero ciertamente después que se han satisfecho las necesidades del momento. En la imposibilidad de que en nuestro país se eleve por ahora la parte experimental á tanta altura, nos parece indispensable ir haciendo los trabajos que han de servir de base y preparación á otros más estensos.

Los experimentos que presentamos se refieren, pues, única y esclusivamente al primero de los dos problemas generales que hemos indicado. Su objeto principal ha sido presentar los datos más interesantes para el ingeniero que deba construir con materiales análogos á los empleados en el canal de Isabel II, y dar principio á esa gran serie de experimentos que aun está por hacerse en nuestro país, y que á cada instante son más necesarios.

Con el beneplácito de su autor copiamos de la *Revista Minera* el siguiente artículo que creemos verán con gusto nuestros lectores.

RESÚMEN DESCRIPTIVO DE UN SISTEMA DE SEÑALES ELÉCTRICAS PARA EVITAR ACCIDENTES EN LOS CAMINOS DE HIERRO, POR EL INGENIERO DE MINAS DON MANUEL FERNÁNDEZ DE CASTRO.

Estraño parecerá que cuando este sistema se halla á punto de ser ensayado en grande escala; cuando podría aparecer á los ojos del público sancionado ya por la práctica, árbitra soberana de todo procedimiento aplicable á la industria, no haya tenido la paciencia y la circunspección necesarias para aguardar tan decisiva prueba. Así parecían aconsejarlo la modestia y la prudencia, y así estaba resuelto á hacerlo, si otras consideraciones no menos poderosas no me hubieran obligado á quebrantar mi propósito.

La circunstancia de haberse presentado en el extranjero, y particularmente en Francia, algunos proyectos análogos al mío, que aunque muy posteriores, aparecen con el único mérito que puede tener una idea no puesta en práctica, el de la novedad, me ha hecho errec que mi silencio podría atribuirse, no á un exceso de modestia, sino á la confesión tácita de haber copiado las ideas de otro; cargo mil veces menos aceptable que el de presunción, y que puede prevenirse haciendo público lo que conocen ya un gran número de personas.

El deseo de presentar una memoria que contuviera las consideraciones científicas á que da lugar tan importante materia; en que se espusieran todos los riesgos que se corren en un camino de hierro; en que se discutieran los diferentes medios que en cada caso podrían ponerse en práctica para evitarlos, y que estuviera ya castigada con las observaciones hechas en los ensayos en grande, me había decidido también á continuar en mi reserva hasta