

EL CEMENTO FUNDIDO

En la mayor parte de las revistas técnicas aparecen recientemente artículos dando noticia de un producto hidráulico que, con los nombres de cemento fundido, cemento eléctrico y cemento aluminoso, se cotiza en el comercio.

Las características de este cemento, desde el punto de vista químico, son: una gran cantidad de alúmina (40 por 100, en lugar del 7 que, como término medio, tiene el cemento portland), proporción de cal muy inferior al cemento ordinario (40 por 100), menor cantidad de sílice (10 por 100 solamente) y fuerte dosificación de hierro, por llevarlo la piedra que, conocida por bauxita, forma el principal material de fabricación, por su fusión con la caliza.

El Laboratorio Central de la Escuela de Caminos, deseoso de conocer por sí mismo todas las novedades que en su esfera de acción se presentan en la industria, realizó una serie de ensayos con este material, que habrá de proseguirlos, y de los cuales se dará cuenta en esta Revista.

El estudio completo de sus propiedades, en sus múltiples aspectos: proceso químico, inalterabilidad por las aguas sulfatadas, coeficientes de resistencia y elasticidad, requieren una larga experimentación con muchas repeticiones. Pero para sus aplicaciones en la práctica, lo más interesante en muchos casos es lo que se refiere a las constantes físicas y a su relación, principalmente, con los cementos portland ordinarios; y, por el momento, de esto sólo trataremos en el presente artículo.

A este fin se redujeron los experimentos a determinar las relaciones de resistencia del mortero de cemento fundido con respecto al portland de buenas marcas españolas, ensayando gran cantidad de probetas con las proporciones de 1 : 1, 1 : 3 y 1 : 5; y a tratar de encontrar el valor medio del coeficiente de elasticidad y resistencia de los hormigones de cemento fundido de máxima compacidad, cifras que son utilísimas para su cálculo en el empleo de hormigón armado.

Siendo indispensable en los experimentos de laboratorio conocer concretamente las condiciones en que se hicieron los ensayos, citamos a continuación todas sus particularidades.

Morteros.—Se fabricaron tres series, con las pro-

porciones de arena en la relación de 1 : 1, 1 : 3 y 1 : 5, a las temperaturas de 15 a 18 grados, empleando agua del Lozoya para formar morteros plásticos en la siguiente proporción:

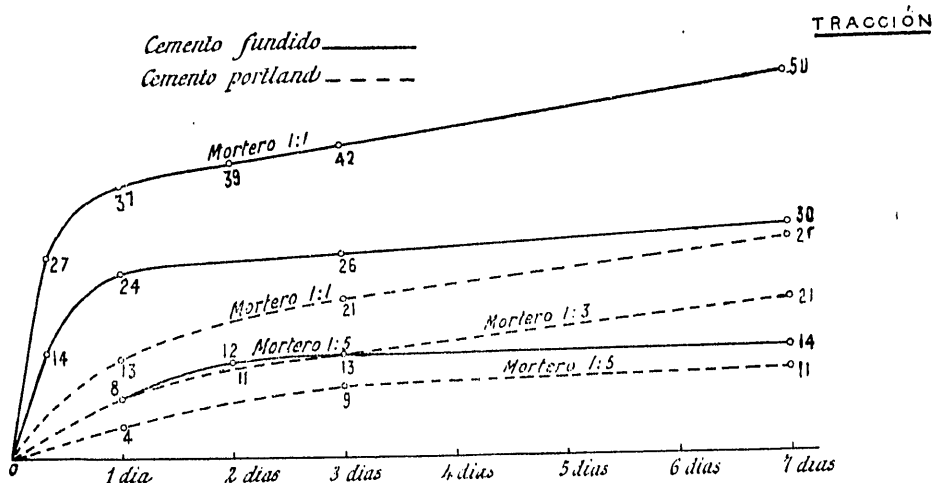
Mortero 1 : 1		14,7	por 100.
»	1 : 3		10,3
»	1 : 5		8,9

La arena empleada es la cribada al tamaño de 1 mm., comprendida entre las cribas de 1 y 1,5 mm., procedente del río Manzanares.

Amasado durante cinco minutos, se prepararon los moldes, los cuales se comprimieron en la máquina de martinetes, dando 150 golpes sobre cada una, conservándose luego a temperatura constante, en el aire seco hasta las fechas de rotura.

Es decir: se hicieron los ensayos siguiendo las

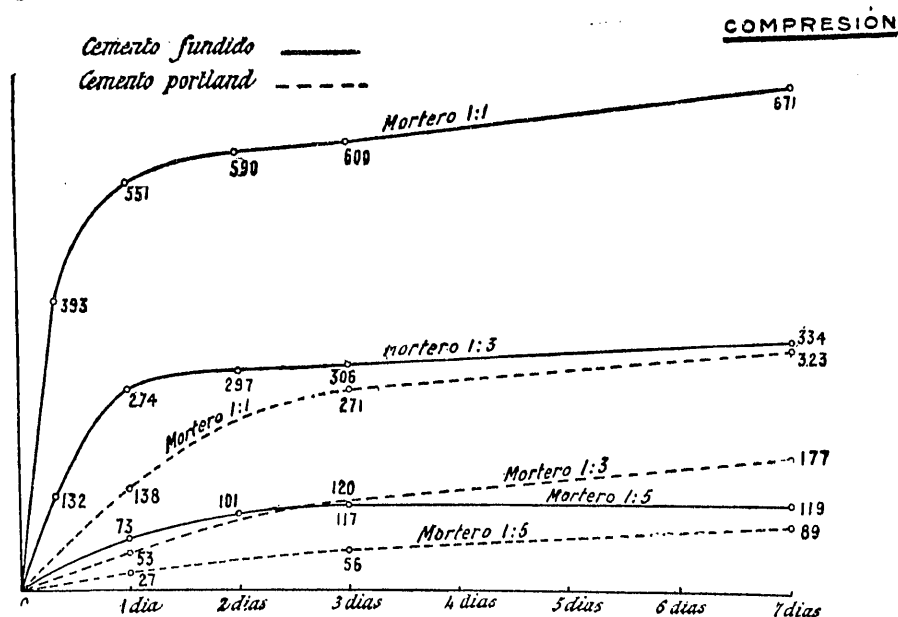
instrucciones consignadas en el pliego general vigente en España, *excepto en la cantidad de agua, que se dosificó aumentando la proporción para hacer mortero plástico, por ser éste el que con más frecuencia se ha ensayado en otros laboratorios.*



Es indispensable hacer constar que nuestro objeto en estos ensayos era determinar cifras *relativas* del cemento fundido respecto al cemento portland corriente en la industria y, por lo tanto, los experimentos se hicieron en identidad de condiciones y simultáneamente, operando sobre una partida de cemento fundido y adoptando la media de muchas probetas hechas con él y del mismo modo con otras de varios cementos españoles de las mejores marcas; pero las cifras resultantes *no son los límites de resistencias* a que, tanto con unos como con otros, puede llegarse, pues si en lugar de emplear arena del Manzanares se empleara arena de Leucate, sólo por esta variación se aumentarían las cifras de resistencia en más del 20 por 100. Si, además, la dosificación de agua fuese la de mortero seco en lugar de plástico, y si la conservación de las probetas hubiera sido en agua dulce en vez de conservarse en el aire, por cada una de esas causas hubiera habido aumento en las cifras de resistencia encontradas, en cantidades muy apreciables.

Los gráficos que publicamos en este artículo son el resultado de esos ensayos en las condiciones antes indicadas.

Observando las curvas de tracción y compresión, se ve la gran analogía entre ellas, siendo de apreciar el coeficiente de elasticidad que resulta por la media de los diagramas es: 236 000 a 245 000 kg. : cm.²; y en-



que la relación entre las cifras de compresión y tracción guarden las relaciones decrecientes de 13 a 8, para las proporciones de 1:1 a 1:5, tanto en el fundido como en el portland.

Hormigones.—Así como en los morteros, hicimos los ensayos comparativamente en los hormigones, cuyas constantes para los cementos ordinarios son tan conocidas en la práctica, se quiso llegar a determinar la resistencia que corresponde al máximo de compacidad, a cuyo fin, determinando previamente las proporciones más convenientes con la piedra y arena empleada, se dosificó con las cantidades siguientes:

Piedra..	De 6 a 9 mm.	80 litros.	} 830
	De 10 a 15 mm.	330 »	
	De 15 a 20 mm.	420 »	
Arena ..	De 2 mm.	185 litros.	} 370
	De 1 a 2 mm.	60 »	
	De 0,5 a 1 mm.	125 »	

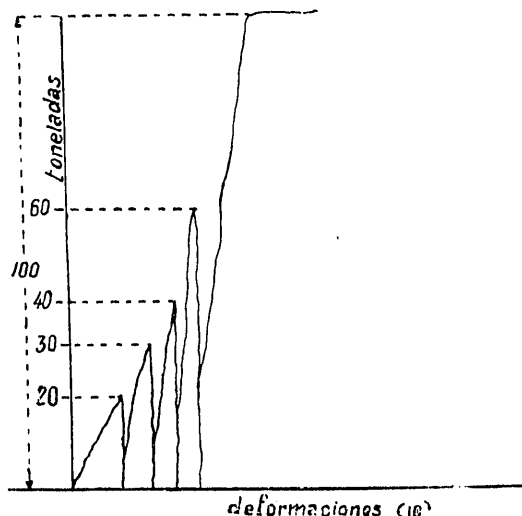
Cemento fundido.... 300 kilogramos.
 Agua del Ilozoya ... 120 litros.

Llenados los moldes, de forma cúbica, con 15 centímetros de arista, apisonando con maza hasta refluir el agua, y conservados en el aire, a la temperatura de 15 grados durante 28 días, se sometieron a compresión en la máquina de Amsler, colocando un amplificador para apreciar con aumento de 18 veces las deformaciones en las probetas.

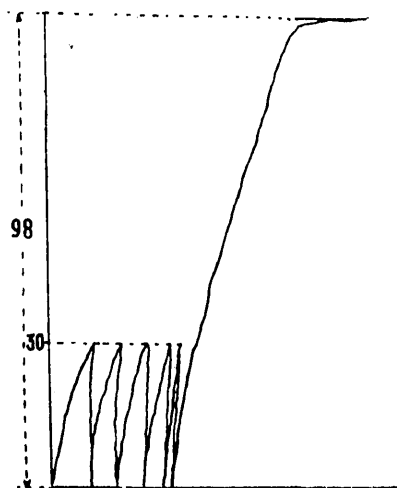
Operando con series de 12 cubos, actuando en unos con presión constante, dando cargas alternativas para acostumar el material a la fatiga y sometiendo otros a presiones crecientes y alternativas, se obtuvieron los correspondientes diagramas. Los resultados fueron muy concordantes y en las figuras que siguen se reproducen los diagramas medios obtenidos, en los que las abscisas que representan deformaciones están amplificadas 18 veces.

Para las cargas de 40 a 50 toneladas (que corresponden a las unitarias de 177 a 222 kg. : cm.²) el

entre los límites de 100 a 300 kg. : cm.² oscila poco del valor medio de 250 000 kg. : cm.².



Como el valor ordinariamente aceptado para el hormigón de cemento portland, en los cálculos del



hormigón armado, es de unos 150 000 kg. : cm.², resulta por los anteriores ensayos, en las condiciones indicadas, una amplificación del coeficiente de elasticidad en el hormigón de cemento fundido de 1,66 veces.

Aceptando para el acero la cifra de 2 200 000 kilogramos por centímetro cuadrado, la relación resultante entre los coeficientes E_a de la armadura y E_{hf} del hormigón de cemento fundido a compresión sería $E_a : E_{hf} = 8,8$, en lugar de la relación típica de valor 15.

La media de las máximas compresiones resistidas por los citados cubos fué de 100 000 kg., que corresponde a la unitaria de 444 kg. : cm.², a los 28 días, lo cual hace ver que con el mismo grado de prudencia adoptado por la Comisión francesa podría imponerse

a este material una carga de trabajo, en régimen, de $0,28 \times 444 = 124$ kg. : cm.².

Los valores consignados anteriormente hacen ver condiciones de aptitud extraordinarias en los hormigones y morteros de cemento fundido, y aunque por algunos se hayan exagerado sus virtudes, es indudable que, por lo menos desde el punto de vista mecánico, constituye un evidente progreso en la importante industria del cemento. Es de esperar que las fábricas españolas de cemento portland, cuyos productos en su género honran la industria nacional, no habrán de descuidarse en materia de tanta importancia.

Alfonso PEÑA BOEUF
Ingeniero de Caminos

Los buques y los puertos

Debiera titularse este artículo, para corresponder exactamente con su contenido, «Orientaciones modernas de la construcción naval y su influencia sobre las condiciones de los puertos». La longitud de este enunciado es lo que me ha hecho reemplazarle por el presente, más conciso, aunque más difuso.

Relacionadas íntimamente las características de los buques con las de aquellos puertos que deben frecuentar, y no siendo obra fácil la modificación y mejora de las condiciones de éstos, es preciso, al proyectar las instalaciones de un puerto, dirigir la mirada lo suficientemente adelante para no verse expuesto a que resulten insuficientes en un futuro muy próximo o incluso, dado su largo plazo de ejecución, antes de que esté terminado.

Exige ello que el ingeniero de un puerto esté aún más atento, si cabe, que el mismo ingeniero naval a los progresos de la construcción de buques, ya que éste puede seguirlos y aquél debe preverlos. Claro que esta atención debe referirse únicamente a las líneas generales, a las orientaciones que se inician en todo aquello que puede tener relación con los puertos, sin tener que entrar en aquellos detalles que sólo a quienes hemos de proyectar los mismos buques interesan.

Es necesario un gran discernimiento para poder, cuando una tendencia se manifiesta, prever desde el primer instante si está bien orientada y tiene probabilidades de prevalecer o, por el contrario, es consecuencia de una idea falsa, de un estado de cosas pasajero o de un capricho de la moda, que hasta en estas cuestiones influye. Por ello es acertada la comunicación entre el ingeniero de puertos y el arquitecto naval, que puede señalar a aquél las necesidades de los buques y discutir las orientaciones que se señalan.

Siguiendo constantemente, por razón de mi cargo, los progresos de la construcción naval, he creído que un resumen de las tendencias que se marcan en aquélla, en su relación con las obras e instalaciones de los puertos, podría ser útil a los ingenieros de

Caminos, pues si bien aquellos que ocupan destinos en los puertos seguramente siguen este asunto con mayor competencia que la mía, algo podrán encontrar aprovechable en mi trabajo quienes, sin especializarse en estas cuestiones, quieran seguir los adelantos en la materia y estar preparados para el día que puedan prestar en un puerto sus servicios.

Aumento de calado.

Una de las tendencias más claramente manifiestas en la construcción naval es la del aumento de calado de los buques, aun estando coartados los avances en este sentido por las limitaciones que imponen los puertos y los diques de carena.

Esta circunstancia ha impedido, evidentemente, que el progreso en esta dirección sea mayor, pues las ventajas que ofrece técnicamente aumentar el calado son tan obvias, que, de no existir las limitaciones dichas, se hubiesen proyectado muchos buques con mayor calado del que al presente es usual, llegando, quizá, a rebasarse las máximas relaciones de puntal a eslora hoy establecidas.

Baste apuntar que, trabajando el buque como una viga sometida a flexión, el máximo momento flector M_f producido por las circunstancias más desfavorables, puede representarse por la fórmula $M_f = m \times D \times E$, en la que D es el desplazamiento, E la eslora y m un coeficiente próximamente constante para buques de un mismo tipo y unas mismas proporciones.

El desplazamiento está dado por la fórmula $D = E \times M \times C \times \delta$, donde M y C son la manga y el calado respectivamente y δ un coeficiente, constante también para buques análogos.

Si suponemos a D constante, cuanto mayor sea el calado menores podrán ser las otras dimensiones, y al disminuir la eslora disminuye el momento flector para el mismo desplazamiento, de modo que, no solamente se obtiene la ventaja inherente al aumento del peralte de la sección, sino una disminución del