

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 LOS JUEVES

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

Ensayos de cementos poco aluminosos practicados en el Canal de Aragón y Cataluña

Desde el comienzo de las obras de este importante canal, los Ingenieros se han preocupado del material que debía emplearse en los revestimientos del tramo de Valfria (kilómetros 24,400 al 25,800), enclavados en formación yesosa y con manantiales de agua alcalina, pues sabida es la influencia que en los morteros tienen lo mismo el yeso que el sulfato de sosa, y de ahí la diversidad de los empleados sin haber obtenido solución satisfactoria más que en parte.

Se ha usado el hormigón en masa y armado, la ladrilleta, el asfalto, el ladrillo y la mampostería además de diferentes enlucidos, entre ellos la callendrita, el vitrubol, el duresco, la ceresita, etc., etc., obteniéndose hasta ahora el mejor resultado con el revestimiento de mampostería aislado del terreno con piedra en seco que sirve á su vez para conducir las aguas alcalinas á una galería que corre por debajo de la solera del canal y desagüa en las vagüadas del terreno.

En vista al estudio de este problema se han comenzado, durante el pasado año, con indicaciones del Ingeniero Director señor Benavent y por nosotros encargados del laboratorio, una serie de ensayos con cementos poco aluminosos, que vamos á describir á continuación, lo mismo en su marcha que en sus resultados, sin que pretendamos, por su escaso número y corta duración, sacar consecuencias absolutas, pero creyendo pueden servir como antecedentes para un estudio de tanta importancia como el que se trata, dada la gran cantidad de terreno yesoso que hay en España.

Con cemento de la Casa Asland, de Cataluña, y con cemento Erzement, de Hamburgo, se confeccionaron varias probetas en forma de 8, y tortas de la forma corriente para el ensayo en caliente.

La composición química de estos dos cementos es la siguiente:

ANÁLISIS QUÍMICA	Cemento Asland.	Cemento Alemán.
Sílice.....	0,2065	0,1947
Oxido ferrico.....	0,0312	0,0944
Alúmina.....	0,0745	0,0347
Cal.....	0,6225	0,6350
Sulfato de cal.....	»	0,0215
Magnesia.....	0,0222	0,0065
Oxido de manganeso.....	»	0,0016
Anhidrico sulfúrico.....	0,0150	»
Agua y ácido sulfúrico.....	»	0,0078

Como se ve, hay una gran diferencia en la dosis de alúmina, pudiéndose considerar la del cemento Alemán como un mínimo que es de suponer pueda ser alcanzado en nuestras fábricas nacionales.

Se hicieron 30 probetas en forma de 8 que se numeraron con números arábigos, siendo las 15 primeras confeccionadas con cemento Alemán y las restantes con cemento Asland, y otras 30 en forma de tortas circulares que siguieron numeración correlativa detallándose á continuación la composición de estas muestras, teniendo cuidado que ni la arena ni la gravilla (que eran de río) ni el agua que se usó tuvieran yeso, para lo cual fueron previamente analizadas.

Las probetas numeradas fueron:

Cemento Alemán.

Numeros 1, 2, 3, 31, 32 y 33.....	De pasta pura.
Idem 4, 5, 6, 34, 35 y 36.....	De mortero de 1 × 2 1/2.
Idem 7, 8, 9, 37, 38 y 39.....	De idem de 1 × 5.
Idem 10, 11, 12, 40, 41 y 42.....	De hormigón de 1 parte de cemento, 1 1/2 de arena y 2 1/2 de gravilla.
Idem 13, 14, 15, 43, 44 y 45.....	De hormigón, de 1 parte de cemento, 1 de arena, 1 de yeso pulverizado y 2 1/2 de gravilla.

Cemento Asland.

Números 16, 17, 18, 46, 47 y 48.....	De pasta pura.
Idem 19, 20, 21, 49, 50 y 51.....	De mortero de 1 × 2 1/2.
Idem 22, 23, 24, 52, 53 y 54.....	De mortero de 1 × 5.
Idem 25, 26, 27, 55, 56 y 57.....	De hormigón compuesto de 1 parte de cemento, 1 1/2 de arena y 2 1/2 de gravilla.
Idem 28, 29, 30, 58, 59 y 60.....	De hormigón formado por 1 parte de cemento, 1 de arena, 1 de yeso pulverizado y 2 de gravilla.

Se construyeron seis cajas de madera de 0,50 × 0,50 × 0,50 metros, cuyas cajas, señaladas con letras, se rellenaron:

La A y la D con yeso pulverizado procedente del tramo de Valfria.

La B y la E con iguales partes de yeso pulverizado, de igual procedencia, y arcilla.

La C y la F por terceras partes de yeso pulverizado, arcilla y arena.

Se ponía una capa de 10 centímetros del contenido de la caja, encima las muestras en forma de 8, y después de otra capa de

igual espesor las tortas, y sobre ellas una nueva capa de 15 centímetros de espesor, de manera que todas ellas quedaban bien cubiertas.

En la caja A de yeso sólo se colocaron las probetas 1, 4, 7, 10, 13, 31, 34, 37, 40 y 43, es decir, un ejemplar de cada una de las clases hechas con cemento Alemán; en la B, de yeso y arcilla, las números 2, 5, 8, 11, 14, 32, 35, 38, 41 y 44 que corresponden igualmente á un ejemplar de cada clase de cemento Alemán, y en la C, yeso, arcilla y arena, las números 3, 6, 9, 12, 15, 33, 36, 39, 42 y 45 que son todas también de cemento Alemán y correspondientes á las distintas clases.

Con las probetas hechas con Asland se hizo una distribución

análoga colocando en la D un ejemplar de cada clase de las de cemento Asland, ó sean los números 16, 19, 22, 25, 28, 46, 49, 52, 55 y 58, y en la E y en la F lo mismo que en las anteriores, es decir, un ejemplar de cada clase de las probetas de Asland.

Estas cajas fueron colocadas á la intemperie en un sitio expuesto al sol y además se regaban un par de veces al día con objeto de acelerar las reacciones químicas que debían efectuarse; permanecieron en ellas ciento setenta y cuatro días, al cabo de los cuales se procedió al ensayo de la tracción de las probetas en forma de 8 y al examen de las tortas. Los resultados obtenidos se detallan en el cuadro núm. 1.

ENSAYOS DE CEMENTOS

Cuadro núm. 1.

Probetas en forma de 8.—Resistencia á la tracción á los ciento setenta y cuatro días.

MEZCLAS DE LAS CAJAS	CLASE		CLASE DE MORTERO DE				CLASE DE HORMIGÓN DE			
	Número.	Pasta pura. — Kilogramos $\times$ cm ²	Número.	$1 \times 2 \frac{1}{2}$ — Kilogramos $\times$ cm ²	Número.	1×5 — Kilogramos $\times$ cm ²	Número.	Una parte de cemento, una y media de arena y dos y media de gravilla — Kilogramos $\times$ cm ²	Número.	Una parte de cemento, una de yeso, una de arena y dos de gravilla. — Kilogramos $\times$ cm ²

CEMENTO ALEMÁN

Caja A, con yeso solo...	1	41.000	4	21.700	7	8.200	10	11.800	13	17.000
Idem B, $\frac{1}{2}$ yeso, $\frac{1}{2}$ arcilla.....	2	55.000	5	25.500	8	13.800	11	16.200	14	22.000
Idem C, $\frac{1}{3}$ yeso, $\frac{1}{3}$ arcilla, $\frac{1}{3}$ arena.....	3	43.800	6	22.400	9	10.500	12	14.000	15	19.500

CEMENTO ASLAND

Caja D, con yeso solo...	16	55.000	19	24.500	22	5.000	25	20.000	28	Se rompieron en las manos el día que se sacaron.
Idem E, $\frac{1}{2}$ yeso, $\frac{1}{2}$ arcilla.....	17	58.700	20	26.000	23	7.000	26	22.500	29	
Idem F, $\frac{1}{3}$ yeso, $\frac{1}{3}$ arcilla, $\frac{1}{3}$ arena.....	18	58.000	21	26.000	24	4.200	27	18.000	30	

Probetas en forma de tortas.

CEMENTO ALEMÁN

Caja A, con yeso solo...	31	Sin alteración.	34	Comida por los bordes.	37	Comidos los bordes, fractura homogénea.	40	Sin alteración.	43	Sin alteración.
Idem B, $\frac{1}{2}$ yeso, $\frac{1}{2}$ arcilla.....	32		35		38		41		44	
Idem C, $\frac{1}{3}$ yeso, $\frac{1}{3}$ arcilla, $\frac{1}{3}$ arena.....	33		36	Rota al lavarse.	39	Sin alteración.	42		45	

CEMENTO ASLAND

Caja D, con yeso solo...	46	Sin alteración.	49	Sin alteración.	52	Descompuesto.	55	Bordes comidos, buena fractura.	58	Se deshacen con la mano.
Idem E, $\frac{1}{2}$ yeso, $\frac{1}{2}$ arcilla.....	47		50	Bordes comidos.	53		56		59	
Idem F, $\frac{1}{3}$ yeso, $\frac{1}{3}$ arcilla, $\frac{1}{3}$ arena.....	48		51	Sin alteración.	54		57		60	

Queriendo conocer además el efecto que producían en estos cementos las aguas alcalinas del citado terreno, se tomaron de uno de los manantiales del túnel de Caballos (kilómetro 24,800), y en recipientes llenos de ella se colocaron otras 60

muestras de composición análoga á las anteriores, que se designaron con números romanos; permanecieron en el agua ciento setenta y cuatro días, estando los recipientes en atmósfera húmeda y resguardados de los agentes atmosféricos.

La composición del agua en cuestión es:

	Gramos por litro.
Anhidrico sulfúrico.....	3,2199
Idem carbónico.....	0,0814
Cloro.....	0,1406
Silice.....	0,0493
Oxido aluminico.....	0,2175
Idem de hierro.....	0,0205
Cal.....	0,7613
Magnesia.....	0,5931
Sosa.....	0,5562
Potasa.....	0,2006
Materia orgánica en ácido oxálico.....	0,1714
Nitratos } indicios.	
Nitritos }	
Indosificados.....	0,0136

Lo que supone una composición racional del agua de

	Gramos por litro.
Sulfato cálcico.....	1,659
Idem magnésico.....	1,518
Cloruro magnésico.....	0,190
Sulfato sódico.....	2,115

Al cabo del tiempo indicado, próximamente unos seis meses, pero en condiciones muchísimo peores que aquellas en que se encuentran las mezclas en las obras ejecutadas en el terreno, ya que en la experiencia se fomentaban y favorecían las causas de destrucción, se ensayaron las probetas posibles á la tracción y se reconocieron las tortas, siendo su resultado el que se detalla en el cuadro núm. 2.

ENSAYOS DE CEMENTOS

Cuadro núm. 2.

Probetas en forma de 8 puestas en agua del manantial de Caballos.

Número.	PASTA PURA — Kilogramos × cm²	CLASE DE MORTERO DE				CLASE DE HORMIGÓN DE			
		Número.	1 × 2 1/2 — Kilogramos × cm²	Número.	1 × 5 — Kilogramos × cm²	Número.	Una parte de cemento, una y media de arena y dos y media de gravilla — Kilogramos × cm²	Número.	Una parte de cemento, una de arena, una de yeso y dos de gravilla. — Kilogramos × cm²

CEMENTO ALEMÁN

I	59.900	IV	31.150	VII	22.800	X	23.000	XIII	13.500
II	50.490	V	32.000	VIII	20.000	XI	23.500	XIV	16.500
III	54.000	VI	32.100	IX	21.000	XII	22.000	XV	18.700

CEMENTO ASLAND

XVI	50.000	XIX	18.200	XXII	No se pudieron romper por salir completamente deshechas.	XXV	No se pudieron romper por salir completamente deshechas.	XXVIII	No se pudieron romper por salir completamente deshechas.
XVII	49.500	XX	17.000	XXIII		XXVI		XXIX	
XVIII	50.500	XXI	16.000	XXIV		XXVII		XXX	

Probetas en forma de tortas.

CEMENTO ALEMÁN

XXXI	Sin alteración buena fractura.	XXXIV	Sin alteración buena fractura.	XXXVII	Sin alteración buena fractura.	XL	Sin alteración buena fractura.	XLIII	Sin alteración buena fractura.
XXXII		XXXV		XXXVIII		XLI		XLIV	
XXXIII		XXXVI		XXXIX		XLII		XLV	

CEMENTO ASLAND

XLVI	Fractura muy buena.	XLIX	Fractura muy buena.	LII	Descompuestas.	LVI	Descompuestas.	LVIII	Descompuestas.
XLVII		L		LIII		LVI		LIX	
XLVIII		LI		LIV		LVI		LX	

De los resultados obtenidos podemos sacar las consideraciones siguientes, que es de desear se puedan confirmar con mayor número y duración de los ensayos:

- 1.º—Que las probetas de cemento puro, lo mismo Erzeement que Asland, no han sufrido alteración en el seno del yeso ni en el agua alcalina citada. Esta observación la consideramos de gran importancia ya que nos daría medio empleando la pasta pura para proteger eficazmente las fábricas expuestas á la acción de las aguas alcalinas ó del terreno yesoso.
- 2.º—Que los morteros de hormigón ricos, de cemento poco aluminoso, no se descomponen ni en el yeso ni en el agua alcalina; es

poco acentuada su descomposición en los de cemento Asland, colocados en yeso, y muy intensa en las de la misma clase colocados en agua alcalina.

- 3.º—Que los morteros y hormigones áridos colocados en contacto del yeso son alterados en los cementos aluminosos; muy poco en los que contienen escasa alúmina y que en el agua alcalina son completamente destruidos los aluminosos y algo atacados los otros.

Por lo tanto, si estas observaciones se confirmaran con nuevos ensayos, la solución sería usar pasta de cemento puro, si es posible, poco aluminoso y con la superficie alisada.

RAFAEL DE LA ESCOSURA.