

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

615-33 CEMENTO HIDROFUGO

Editorial

El cemento portland, como consecuencia de la acción del vapor de agua de la atmósfera, puede quedar notablemente perjudicado durante su transporte y almacenamiento. Dicha acción determina la formación de torrones, así como una reducción de su finura y de su reactividad.

Normalmente, no existe tal peligro, si el cemento se emplea inmediatamente después de su salida de la fábrica; por el contrario, existe cuando, por ejemplo, en una obra de gran envergadura se conserva almacenada una gran cantidad de cemento. Recientemente, la preocupación de conseguir un cemento inalterable, en este sentido, ha cristalizado en la puesta a punto de un nuevo procedimiento de fabricación de cemento portland corriente, con unas características notables.

GENERALIDADES

Parece ser que los primeros pasos se dieron en Rusia, iniciándose poco después en Inglaterra, donde se lleva a cabo una serie de experiencias en la Building Research Station.

En principio, el decir que se trata de un nuevo procedimiento de fabricación de cemento es algo exagerado. Realmente, lo que se hace es añadir una cierta sustancia durante la operación de molienda. Esta sustancia forma, sobre la superficie de los granos de cemento, una película hidrófuga, que lo protege contra la acción del vapor de agua atmosférico. Posteriormente, cuando se lleva a cabo el

amasado en la hormigonera, dicha película se rompe, de forma que puedan tener lugar los procesos de hidratación (fraguado y endurecimiento). Aparte de su acción principal, estas adiciones confieren otras propiedades al hormigón preparado con este tipo de cemento.

En general, con estas adiciones se alcanzan las siguientes características:

a) Se favorece la operación de molienda; es decir, se puede conseguir un cemento más fino, o bien lograr una cierta economía de energía para una misma finura del cemento y, de esta forma, se puede compensar el gasto que supone la adición.

b) La película formada reduce la velocidad de deterioro del cemento durante el transporte o durante el almacenamiento en condiciones desfavorables.

c) Durante el amasado, la adición lleva a cabo una acción plastificante, aunque sin introducir una cantidad excesiva de aire, lo que permite una reducción (10% menos) del contenido en agua necesaria para realizar el amasado, y, como consecuencia, un aumento de la resistencia para un mismo gasto de cemento o una reducción del mismo para una misma resistencia.

d) El hormigón, fraguado y endurecido, presenta una pequeña permeabilidad al agua, reducida absorción de la misma, mayor resistencia a la helada, etc. (a continuación trataremos con más detalle todas estas características).

SUSTANCIAS

Parece ser que en las investigaciones rusas se empleó "aceite de jabón", ácido oleico y clorhidrato de betaina, aisladas

o todas juntas. En cambio, en la Building Research Station se ensayan diversas adiciones adquiridas en el comercio: ácidos grasos (ácido oleico, láurico y esteárico), clorhidrato de betaina y pentaclorofenol.

Según Nurse, que presenta los trabajos realizados en Inglaterra, el "aceite de jabón" debe ser un subproducto desconocido - en dicho país y el clorhidrato de betaina no es agente hidrófobo, según sus experiencias.

La adición de estas sustancias se realiza durante la molienda del clínker, de tal forma que se forme una película orientada sobre los granos de cemento; esta diferencia queda patente a la vista del comportamiento, según que sobre la superficie de los granos se forme oleato cálcico por adición de ácido oleico o se añada estearato cálcico.

CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO HIDROFUGO. ENSAYOS

Para los ensayos previos realizados en Inglaterra se utilizó clínker de cemento portland, triturado para pasar por el tamiz de 1/4 pulgadas; el yeso se añadió en la cantidad de un 4% (en peso). El agente se roció sobre el cemento, y la mezcla se molió en un pequeño molino de bolas, en circuito cerrado, durante 6 horas. Se consideró que el cemento era hidrófobo, y por lo tanto la adición adecuada, cuando dicho cemento flotaba en el agua. De acuerdo con este sencillo ensayo se comprobó que el pentaclorofenol y los ácidos oleico, láurico y esteárico, son efectivos para la molienda y en el aspecto de repulsión del agua.

A la vista de estos resultados, se pensó en realizar ensayos en mayor escala, utilizando adiciones de 0,35% de ácido olei-

co, 0,75% de pentaclorofenol, y estearato cálcico. Presentamos, a continuación, los resultados de estos ensayos:

a) Tiempo de fraguado, expansión y resistencia a compresión en probetas de mortero.

TABLA I

Adición	Propiedades del cemento								
	Tiempo de fraguado				Expansión (mm)	Resistencia a compresión, en probetas cúbicas de mortero 1:3 (libras/pulgadas cuadradas)			
	inicial		final			1 día	3 días	7 días	28 días
	horas	minutos	horas	minutos					
Sin adición	2	43	3	33	1,0	1090	3270	5140	7600
Ácido oleico	1	00	1	10	1,0	316	2820	5260	7090
Pentaclorofenol	2	39	3	19	1,0	1080	3200	4060	5950
Estearato cálcico	2	55	3	27	1,0	1350	3660	3970	5030

La baja resistencia del cemento tratado con ácido oleico es debida a que la adición determinó una finura extraordinaria, que provocó un fraguado falso.

b) Resistencia a compresión, en probetas de hormigón.

La resistencia a la compresión se determinó sobre probetas cúbicas de 4 pulgadas (10 cm) de lado, preparadas con un hormigón con una relación de mezcla de 1:2:4 y una relación agua:comento de 0,6.

TABLA II

Adición	Resistencia a compresión, en probetas cúbicas de hormigón 1:2:4: (A:C = 0,6) (libras/pulgadas cuadradas)								
	conservadas en agua					conservadas en aire			
	1 día	3 días	7 días	1 mes	3 meses	3 días	7 días	1 mes	3 meses
Sin adición	845	2410	3790	5440	6870	2340	3550	5090	6190
Acido oleico	Material insuficiente para el ensayo								
Pentaclorofenol	380	1100	1750	2480	3240	1030	1440	2170	2620
Estearato cálcico	670	1870	2580	3660	4790	1840	2520	3770	4390

c) Resistencia a la exposición al aire.

El cemento, con la adición correspondiente, se extendió en una capa de 1,25 cm de espesor y se expuso a la acción de aire a 17,8°C y con 90% de humedad relativa. Se removió cada 4 horas. Después se expuso a un aire con una humedad relativa de 42%, para conseguir un valor normal antes del ensayo. Los resultados quedan indicados en la tabla III (véase la pág. siguiente).

d) Contenido en aire.

Se utilizó mortero 1:3 de cemento portland, con una relación agua/cemento de 0,6; se emplearon 100 g de cemento, 100 g de arena de río (tamicos de 52 y 100 mallas) y 200 g de arena de río (tamicos de 25-52 mallas). Se realizó una mezcla en seco durante 1 minuto, después un amasado con espátula durante 3 minutos; se dejó en reposo 1 minuto y se volvió a amasar otros 3 minutos. El contenido en aire se determinó según las especificaciones de la norma ASTM y a partir de la densidad. Los resultados quedan indicados en la tabla IV (véase la pág. siguiente).

TABLA III

Adición	Contenido en CO ₂				Pérdida al fuego				Resistencia a compresión, en probetas cúbicas de mortero 1:3, después de 7 días de curado (libras/pulgadas cuadradas)				
	sin expos.	14 días expuesto	28 días expuesto	3 meses expuesto	sin expos.	14 días expuesto	28 días expuesto	3 meses expuesto	sin expos.	14 días expuesto	28 días expuesto	3 meses expuesto	6 meses expuesto
Sin adición	0,57	3,43	0,35	—	1,32	5,61	9,35	—	5140	2430	1100	—	—
Acido oleico	0,24	0,39	0,46	0,53	1,08	1,57	1,52	1,83	5260	5100	5270	5390	5800
Pentaclorofenol	0,80	1,60	2,35	10,04	—	4,22	5,70	17,70	4060	5100	4210	550	260
Estearato cálcico	0,82	2,63	4,10	4,71	—	6,65	9,00	—	3970	4360	2320	470	130

TABLA IV

Adición	Contenido en aire	
	Según ASTM	por densidad
Sin adición	8,5	8,0
	9,1	8,0
	9,2	8,5
Acido oleico	8,0	11,5
	10,3	10,0
	9,7	11,5
Pentaclorofenol	10,9	10,0
	11,1	10,5
0,1 % de resina Vinsol	10,9	10,5
	10,9	10,0

De esta forma, se ha comprobado que el ácido oleico, en la concentración usada, es tan eficaz como una adición de 0,1% de resina Vinsol.

Posteriormente, otros autores han realizado nuevas investigaciones sobre esta cuestión, completando el cuadro de características del cemento hidrófugo. En este sentido, podemos citar las experiencias de Xigerowitsch y Gortschakow, cuyos resultados presentamos a continuación de forma breve.

a) Resistencia a la holada.

Se utilizaron probetas cúbicas de mortero 1:3 de cemento, que llevaba una adición de 0,2% de jabón de ácido naftónico. Dichas probetas se sometieron a pruebas de hielo y deshielo, y los resultados quedan indicados en la tabla V.

TABLA V

Adición	Número de hielos y deshielos	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)	
		conservación normal	después de los ensayos de hielo y deshielo
Cemento portland			
sin adición	75	378	350
con adición	75	397	405
Cemento siderúrgico			
sin adición	50	382	331
con adición	50	358	375

De la misma forma se procedió con probetas de hormigón 1:5,5-1:7,6, y los resultados quedan expresados en la tabla VI.

TABLA VI

Adición	Número de hielos y deshielos	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)	
		conservación normal	después de los ensayos de hielo y deshielo.
Cemento portland			
sin adición	70	325	175
con adición (0,22%)	70	314	296
Cemento portland			
sin adición	80	378	198
con adición (0,2%) en el agua de amasado	120	365	264
Cemento portland			
sin adición	70	346	128
con adición (0,08%)	120	310	319

b) Absorción de agua o impermeabilidad.

Se comprobó que en el hormigón preparado con cemento hidrófugo la absorción de agua es un 30-40% menor que la del hormigón normal.

La impermeabilidad se comprobó en hormigón 1:2:3,5 de cemento portland corriente; las probetas se sometieron durante 30 días a la acción del agua, cuya presión aumentaba en 1 at cada hora, y los resultados quedan indicados en la tabla VII.

T A B L A VII

Adición	presión (at)	agua filtrada (cm ³)
sin adición	3	198
con 0,2 % de jabón de ácido nafténico	4	109
con 0,08 de ácido oleico	4	15
con 0,08 de jabón de ácido nafténico en el agua de amasado	5	8

c) Expansión y entumecimiento.

Se prepararon probetas de mortero 1:3, de cemento portland, que se conservaron en desecadores con humedades relativas de 35, 50, 75 y 100%, respectivamente. Las variaciones de volumen se midieron con un manómetro de mercurio, y los resultados quedan indicados en la tabla VIII.

T A B L A VIII

	Variación de volumen, para una humedad relativa de			
	100%	75%	50%	25%
sin adición	+ 2,75	+ 0,56	-1,71	-1,88
con adición de 0,2% de jabón de ácido nafténico	+ 0,2	+ 0,16	-0,84	-0,84
con adición de 0,1% de ácido oleico	+ 0,3	+ 0,37	-0,42	-0,70

Las relaciones A:C utilizadas en estos casos fueron 0,45, 0,40 y 0,40, respectivamente.

CONCLUSIONES

El cemento puede protegerse contra la acción del vapor atmosférico. Ahora bien, los ensayos mencionados han sido realizados a corto plazo, por lo que, en realidad, todavía no se pueden hacer afirmaciones concluyentes. Por el momento no hay posibilidad de que estos cementos se fabriquen comercialmente, hasta que las experiencias a largo plazo hayan permitido comprobar que no se produce deterioro con el tiempo.

S. F. S.

BIBLIOGRAFIA

- Anónimo, Hydrophobic cement. Concrete and constructional Engineering, vol. XLVII, nº 12, diciembre 1952, pág. 387.
- R.W. Nurso. Hydrophobic cement. Cement and lime manufacture, vol. XXVI, nº 4, julio 1953, págs. 47-51.
- Editorial. Hydrophobic cement. Concrete and constructional Engineering, vol. XLVIII, nº 8, agosto 1953, págs. 255-6.
- M. Xigorowitsch, G. Gortschakow. Hydrophober Zement. Silikattechnik, vol. 5, pág. 75.
Resumen en Zement-Kalk-Gips, vol. 7, nº 7, julio 1954, pág. 286.
- N.R. Srinivasan, S. Venkataratnam. Special cements. The Indian Concrete Journal, vol. XXIX, nº 9, septiembre 1955, pág. 308.