

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.

HORMIGÓN IMPERMEABLE ⁽¹⁾

El empleo de los fluosilicatos para preparar hormigones impermeables es muy conocido, pero el procedimiento exige mucho trabajo y tiempo, porque las operaciones hay que repetirlas varias veces para conseguir resultados satisfactorios. Por estas razones, se han hecho ensayos con varias sustancias que pudieran dar al hormigón la calidad de impermeable de una manera económica y en poco tiempo.

El autor ha ensayado algunas de las sustancias propuestas por varios fabricantes sin conseguir resultados satisfactorios, entre otras la solución de jabón ordinario de sosa; ha hecho también ensayos con el jabón de potasa, si bien con éste los resultados han sido excelentes.

Antes de describir estos ensayos se relatarán los realizados con fluosilicatos, empleando cemento Portland y arena artificial preparada con caliza de Karst, formado con un 58 por 100 de granos inferiores á 3 milímetros, y con un 42 por 100 de granos superiores á 3 milímetros.

Las probetas eran de dos clases: unas, cubos huecos de 7 centímetros de arista y 1 centímetro de espesor; otras, prismas de 21 centímetros de altura con base cuadrada de 5 centímetros de lado, con objeto de determinar la altura de aspiración; además, en el aparato Böhme se ensayaron discos de 9 centímetros de diámetro, 1 y 3 centímetros de altura, con presión hidráulica.

Las resistencias del cemento Portland á los veintiocho días fueron las siguientes:

A la tracción, 37,4 kilogramos por centímetro cuadrado.

A la compresión, 444 ídem íd.

La densidad de la disolución de fluosilicato de magnesia era tal que marcaba 20° Baumé.

Las probetas se prepararon de tal manera que, una vez terminadas, su peso específico era 2,31.

Los resultados de los ensayos se consignan en el cuadro siguiente:

Dosis del mortero.....	Agua por 100 del peso del cemento.....	Kilogramo de cemento por m ³ de mortero	Preparación de las probetas.	Cantidad de disolución de fluosilicato por m ³ ..	Altura de aspiración en las probetas en 24 horas	Agua que pasa en 24 horas con una presión de 2,1 atmosferas.		Agua absorbida por las probetas huecas al cabo de 24 horas en por 100 del peso de la probeta.	
						Grs. por cm ²		Por 100	Observaciones.
						Disco de 1 cm.	Disco de 3 cm.		
1×3	50	458	Sin fluosilicato	kg.	-cm.				
					6	0,78	0,41	19,6	3 cm. de agua en en el interior.
			Dos capas de fluosilicato..	0,4	5	0,31	0,24	9,2	1 cm. ídem íd.
			Cuatro capas de ídem.....	0,7	3	0,12	0,04	1,2	Se humedeció toda la superficie interior.
			Seis capas de ídem.....	0,9	1,5	0,04	0,00	0,7	Humedad en un punto

Las probetas se sumergían en el agua hasta una altura de 4 centímetros; las huecas se cubrían con un cristal para impedir la evaporación del agua que penetraba en el interior.

Los experimentos demostraron que para obtener un mortero impermeable era preciso repetir varias veces la aplicación de la disolución de fluosilicato, razón por la cual el procedimiento resulta caro.

Los ensayos con el jabón de potasa se hicieron á instancias del doctor C. Zielinsky, Profesor de la Escuela politécnica de Budapest en vista de los buenos resultados que le había dado aquella sustancia en una obra por él construída.

El cemento empleado tenía las siguientes resistencias á los veintiocho días:

A la tracción 31,8 kilogramos por centímetro cuadrado.

A la compresión 440 ídem íd.

El mortero se preparó con arena de río, que tenía una gran cantidad de granos inferiores á 3 milímetros, el 94 por 100; el litro pesaba 1,52. Para hacer el amasado se empleó un líquido formado con 100 litros de agua y 8 kilogramos de jabón de potasa; el jabón ha de estar completamente disuelto, para lo cual conviene que el agua esté caliente y filtrar después sobre una tela muy tupida.

El peso específico de las probetas era 2,22. Todas ellas se mantuvieron húmedas durante veintiocho días, al cabo de los cuales se secaron en una estufa. Después de hechos

(1) Memoria presentada al VI Congreso de la Asociación Internacional para ensayos de materiales, por M. Albert Grittner, de Budapest.

los ensayos se secaron de nuevo a 120° C., y se comprobó si se había modificado la permeabilidad, no observándose alteración alguna. Las probetas tenían las mismas dimensiones que las empleadas en los ensayos con el fluosilicato. En el cuadro siguiente se consignan los resultados correspondientes a la influencia de la disolución de jabón.

Dosis del mortero.....	Dosis del líquido por 100 del peso de cemento...	Kilogramos de cemento por m ³ de mortero....	Resistencia a la compresión a los 28 días.....	Altura de aspiración en las probetas.		Altura de una columna de agua de 85 cm. sobre un disco de 1 cm. de espesor.		Agua que para en 24 horas con presión de 2,1 atmósferas (1).....	Agua absorbida por las probetas huecas en por 100 de su peso		Estado de las probetas.
				Centímetros.		Centímetros.					
				A la hora.	A las 24 h.	A las 24 horas.	A los 8 días.		A las 24 h.	A los 8 días.	
1x2x5	40	563	242	2	5	83	81	88	2,5	4,0	Embebidas. Secas.
			210	0	0	85	85	0	0	0	

Según se observa en el cuadro anterior, las probetas preparadas con jabón de potasa, tanto huecas como macizas, permanecieron completamente impermeables, y lo que es más sorprendente, el disco de 3 centímetros de altura no produjo depresión alguna en la columna de agua de 85 centímetros que se apoyaba sobre él, aún después de ocho días. Lo más notable de los ensayos mencionados es que el disco de 3 centímetros de altura no dejara pasar agua, con presión de 2,1 atmósferas, después de veinticuatro horas.

Los ensayos demuestran de una manera evidente que un hormigón denso, amasado con disolución de jabón, es completamente impermeable al agua.

Los resultados de estos ensayos de laboratorio han sido comprobados en algunas construcciones. El depósito para aguas de la isla Margarita en Budapest, con una capacidad de 600 metros cúbicos, se ha construido con mortero amasado con una disolución de potasa, en vista de los resultados excelentes que dieron los ensayos hechos previamente con probetas huecas de grandes dimensiones. El hormigón preparado con disolución de jabón de potasa lleva consigo un sobreprecio de 10,50 francos por metro cúbico.

Aunque es verdad que un hormigón muy denso, muy resistente y muy bien enlucido, con una capa de cemento puro resulta muy poco permeable, sin embargo, puede obtenerse el mismo resultado con la disolución de jabón de potasa, con más facilidad y con menos trabajo, es decir con más economía.

Quedaba aún otro problema interesante que resolver. ¿Es de todo punto necesario que el metro cúbico de hormigón lleve 500 kilogramos de cemento? ¿No podría llegarse al mismo resultado con 300 kilogramos? En tal caso se conseguiría una economía evidente.

Se han hecho ensayos con hormigón de 300 kilogramos de cemento por metro cúbico.

Las probetas huecas tenían 20 centímetros de arista y 4 centímetros de espesor. El cemento empleado tenía las siguientes resistencias a los veintiocho días:

A la tracción, 34,2 kilogramos por centímetro cuadrado.

A la comprensión, 337 ídem íd.

Se utilizó la arena del Danubio, que tiene un 35 por 100 de huecos, y para la cual el litro pesa 1,62; el canto rodado procedía del mismo río, su grueso pasaba de 2 centímetros, el volumen de sus huecos era 39 por 100 y el peso de su litro 1,59.

El hormigón se amasó con el 71,5 por 100 de disolución de jabón de potasa al 8 por 100, se mantuvo húmedo durante tres semanas, al cabo de las cuales se hicieron los ensayos. Con este hormigón se prepararon también probetas prismáticas de 21 centímetros de altura y base cuadrada de 5 centímetros de lado, que se conservaron húmedas durante tres semanas, se secaron en una estufa a 100° C. y se sumergieron en agua hasta una altura de 10 centímetros; en ésta se anotó la cantidad de agua absorbida.

En el cuadro que sigue se consignan los resultados de los ensayos. También se hicieron ensayos de compresión en cubos de 20 centímetros de arista; los datos que figuran en el cuadro son las medias de tres roturas.

Dosis del mortero en peso.	Líquido con que se hizo el amasado.	Dosis del líquido en por 100 del cemento.....	Kilogramos de cemento por m ³ de hormigón...	Resistencia a la compresión a los 28 días.....	Descenso del nivel del agua (2 litros) en una altura de 150 mm. en las probetas huecas.				Pesos de los primas en gramos después de sumergidos en 10 cm. de altura de agua.			Observaciones.....
					1 día.	2 días	7 días	14 días	Initial.	1 día.	7 días	
1x1,5x2,5	Agua.....	71,5	300	83,2	10	15	42	65	1162	1223	1245	38,4
	Disolución de jabón...		294	75,0	1	1,5	2	3	1176	1184	1194	0

Estos ensayos demuestran que un hormigón de 300 kilogramos de cemento por metro cúbico, amasado con disolución de jabón de potasa, es prácticamente impermeable. Los discos hechos con este hormigón, lo mismo que los hechos con el de 500 kilogramos, no han dejado pasar la menor cantidad de agua ni se han humedecido aun después de seis días. Los hechos con hormigón amasado con agua ordinaria se humedecen ya al cabo de una hora.

Para preparar un hormigón impermeable con el jabón de potasa es condición esencial que resulte perfectamente compacto: los huecos de la arena habrán de llenarse con cemento, pero como esto resultaría caro, conviene agregar bastante gravilla.

Resumen.

1.° Se pueden preparar hormigones prácticamente impermeables con disoluciones de fluosilicato. El procedimiento exige mucho trabajo y mucho tiempo.

2.° Se pueden preparar hormigones prácticamente impermeables con disoluciones de jabón de potasa al 8 por 100.

3.° Para preparar con la disolución de jabón de potasa un hormigón prácticamente impermeable, hay que emplear, por lo menos, 300 kilogramos de buen cemento Portland por metro cúbico de hormigón: si el cemento es de calidad mediana habrá que llegar a los 500 kilogramos.

(1) Las probetas tenían la forma de disco de 3 cm. de altura.