

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

680-21 EFECTO DEL CLORURO CALCICO SOBRE LAS ARMADURAS

(Effect on reinforcement in concrete of calcium chloride used as an admixture)

P.P. Muller

De: "MAGAZINE OF CONCRETE RESEARCH", vol. 6, nº 16, junio 1954

pág. 34

- - -

Este artículo es un resumen breve de una serie extensa de experiencias que han sido emprendidas para determinar los posibles efectos adversos del uso de cloruro cálcico, como adición, sobre las armaduras. Se ha observado que, aún después de más de seis años, no se hallan signos de corrosión atribuibles al uso del cloruro cálcico.

- - -

Los efectos beneficiosos de la adición de cloruro cálcico al hormigón de cemento Portland corriente, para acelerar el fraguado y el desarrollo de altas resistencias iniciales, se conoce desde hace tiempo. Sin embargo, hasta 1939, tales adiciones no se usaron de forma amplia, por temor a una posible corrosión del refuerzo. El estudio de este fenómeno no puede realizarse con rapidez, sino que requiere por lo menos cinco años. Los ensayos rápidos tienen el inconveniente de introducir nuevas variables.

En 1942, las Imperial Chemical Industries Ltd. emprendieron un trabajo urgente de reconstrucción en un lugar donde el estado del suelo, anegado en agua, era propicio a agravar las condiciones que favorecen la corrosión. Se añadió cloruro cálcico al hormigón armado para acelerar el trabajo, y se tuvo la oportunidad de emprender una investigación sobre los posibles efectos del cloruro cálcico en la corrosión. Se preparó una serie de cubos de 6 pulgadas (15,24 cm) de hormigón, semejante al que se ha empleado en la obra; quedando determinada la mezcla por el hecho de que la mayor parte de la obra era de sección delgada. Una mitad de los cubos contenían cloruro cálcico y la otra mitad no; todos fueron sometidos a condiciones indicadas posteriormente, tan duras como las que puedan presentarse en la práctica. Cada seis meses se partieron dos cubos, para poder examinar las armaduras y el interior del hormigón. Se esperaba obtener, al mismo tiempo, curvas de resistencias relativas, pero esta parte del programa hubo de abandonarse, al principio, porque los cubos sufrieron daños mecánicos durante la exposición, y, por consiguiente, su resistencia no podía fijarse con exactitud. La medida exacta de la corrosión sobre las armaduras sin limpiar sería, en sí, imposible; pero si las armaduras se limpiasen, aunque sin pulir, se podría observar, perfectamente, cualquier cambio. Antes de concluir este trabajo, la Building Research Station emprendió una investigación similar y sus resultados fueron publicados de forma breve en el Building Research Report, 1951, pág. 13.

Se preparó una serie de cubos de 6 pulgadas (15,24 cm) empleando una mezcla 1:2:4, con grava seca del Támesis, dosificación en peso, y una relación agua/cemento 0,6. Fueron compac-

tados mediante una barra. Las armaduras, que se iban a empotrar en los cubos, tenían un diámetro de $5/8$ pulgadas (1,587 cm), en vez de $3/4$ pulgadas (1,905 cm), que es el diámetro corriente; se dejó un extremo al aire, para que sirviese como medida de la profundidad introducida en el hormigón. De esta forma, las armaduras quedaron recubiertas por una capa de hormigón de $1\frac{1}{2}$ pulgadas (3,809 cm), aproximadamente, excepto en los puntos en que las varillas emergían del bloque. Se retiraron los moldes a las 24 horas y se curaron en arena húmeda durante 7 días, a la temperatura del laboratorio. Se colocaron, entonces, en el estuario del río Teco, donde existen mareas, y cuyas aguas contienen mucho desperdicio industrial. Fueron cubiertos y descubiertos en cada marea y permanecieron en esta situación hasta que se partieron. Cada 6 meses se partió un par, escogido al azar. La figura 14 fué tomada después de partir un par típico de dichos cubos. El cubo de la izquierda contiene 2% de cloruro cálcico, en peso de cemento, y el de la derecha se ha preparado con la misma mezcla, sin cloruro cálcico. Las barras estaban tan brillantes cuando se retiraron que cuando se colocaron en el hormigón, únicamente, existían trazas de una capa blanquecina, sobre su superficie, que podía eliminarse, fácilmente, mediante los dedos.

En una serie posterior de experiencias, se prepararon 54 bloques de hormigón, 12 x 12 x 3 pulgadas (30,48 x 30,48 x 7,62 cm), conteniendo proporciones de cloruro cálcico que varían desde 0 hasta 5%, en peso de cemento. Las proporciones de áridos, agua y cemento variaron de forma amplia y los métodos de enmoldado variaron desde una colocación corriente hasta vibración. En el apéndice se dan detalles completos. Se utilizó en todos los bloques una malla metálica de varillas soldadas; antes de su uso se introdujo en ácido clorhídrico diluido (1:3),

se lavó con agua destilada, y después con alcohol absoluto, para eliminar todas las trazas de óxido; el tratamiento dejó la superficie con un gris mate que le daba apariencia de galvanizado.

Todos los bloques se almacenaron al aire libre. Dos bloques de cada mezcla se rompieron al cabo de un mes, tres meses, un año, tres años y, finalmente, al cabo de $6\frac{1}{2}$ años. Al final de este período quedaban sin partir 10 bloques con cloruro cálcico y 8 sin él. Un examen de la malla metálica no mostró ninguna diferencia apreciable en el grado de oxidación en ningún bloque, excepto en uno, sin cloruro cálcico, que se había deteriorado accidentalmente y en el que la humedad había penetrado en el interior. El efecto máximo observado fué una ligera decoloración del acero que, inicialmente, era brillante. En todos estos casos no se pudo notar una diferencia apreciable entre el enmohecimiento después de 6 años y después de 6 meses. Las observaciones realizadas sugirieron que el enmohecimiento, tal como se presentó, se produjo inmediatamente después que los bloques se colocaron en los moldes y estaba asociado a vacíos existentes entre el hormigón y el acero.

Puede argüirse que la preparación del acero, en ambas series de ensayos, aunque esencial si se ha de detectar una ligera corrosión, es, fundamentalmente, propio de investigación, y que en las armaduras normales, sin limpiar, medio enmohecidas, que se utilizan en las obras, no se sigue tal proceso. La opinión de los metalurgistas, que han sido consultados sobre este punto, es que las condiciones de ensayo citadas son tan duras como mínimo como las que pueden presentarse en la práctica.

Vemos pues que no es mayor la corrosión aún cuando se añade cloruro cálcico. La corrosión de las armaduras depende, fundamentalmente, en el hormigón de la permeabilidad del mismo.

APENDICE

Los detalles de los 54 bloques son los siguientes:

- a) Piezas de ensayo números 1 - 6, ambos inclusive.
mezcla - 1:2:4
relación agua/cemento - húmeda
cloruro cálcico - 1,9%, anhidro
compactación - ninguna (unicamente, un simple enmo_l
dado
espesor de la capa de hormigón - 1 pulgada (2,54 cm)

Nota.- El hormigón necesario para la preparación de estos bloques se tomó de la hormigonera, durante el hormigonado del firme de un turbogenerador. La relación agua/cemento no se midió exactamente. El hormigón era, sin embargo, claramente húmedo.

- b) Piezas de ensayo números 7 -54, ambos inclusive.
mezcla - 1:2 1/4:3 3/4
relación agua/cemento -

Bloques	Relacion agua/cemento
7 - 10	0,5
11 - 12	0,43
13 - 38	0,47
39	0,30
40 - 46	0,40
47 - 53	0,5
54	0,59

Cloruro cálcico.-

Bloques	Cloruro cálcico (% anhidro)
7 - 12	1,9
13 - 18	0
19 - 24	0,95
25 - 30	2,85
31 - 36	3,80
37 - 54	0.

Método de compactación.-

Bloques	Método de compactación
7 - 38	Vibrado
39 - 46	Compactado con un pisón
47 - 52	Ninguno; simple enmoldado
53	Compactado
54	Ninguno; simple enmoldado

Condiciones de curado.- Debajo de sacos húmedos, durante tres días; después, expuestos al aire libre.

Espesor de la capa de hormigón.- 1 pulgada (2,54 cm) excepto los bloques números 18 y 46, que tenían una capa de 1 1/4 pulgadas (3,174 cm) .

Nota.- Los bloques 7 - 54, ambos inclusive, se prepararon en una hormigonera experimental de 1 pie cúbico (28,31ts)

S.F.S.