

## REVOQUE GRUESO DETERIORADO POR LA CRISTALIZACION DE ETTRINGITA

Mangin, N.<sup>1</sup>; C. Brey<sup>1</sup>; S. A. Marfil<sup>2,3</sup> y P. J. Maiza<sup>2,4</sup>

1. KLAUKOL S. A., Investigación y Desarrollo

2. Universidad Nacional del Sur

3. Investigador CIC

4. Investigador CONICET

### RESUMEN

Se analizó una muestra constituida por el revestimiento, el pegamento adhesivo y parte del revoque grueso de una pared exterior de un edificio de la ciudad de Buenos Aires. Debido a procesos de reacción, se produjeron desprendimientos localizados en el piso 8. Del estudio realizado, surgió claramente que el deterioro se concentraba en el revoque grueso.

Al microscopio se observó el desarrollo de un proceso de alteración, dentro del revoque, que dio lugar a la cristalización de ettringita. Esto fue confirmado por DRX. Los estudios morfológicos mediante SEM permitieron observar las formas características de este mineral y confirmar su composición por EDAX.

### ANTECEDENTES

Son numerosos los trabajos mencionados en la bibliografía sobre la formación de ettringita secundaria y su relación con la expansión en hormigones de cemento portland (Fu et al. 1994; Min et al. 1994). Así como las investigaciones sobre las condiciones fisico-químicas de formación y cristalización (Puertas et al. 1993; Gruszczinski et al. 1993).

Si bien existen métodos para el análisis de patologías en estructuras de hormigón, cada caso resulta una investigación particular, por lo que es tan importante conocer las metodologías generales como acumular conocimientos de casos concretos para adquirir experiencia en el tema (Miretti et al. 1993).

El contacto del hormigón o del mortero de cemento portland con soluciones de sulfato puede producir la expansión de los mismos provocando fisuras, pérdida de resistencia y en algunos casos su desintegración (Eola et al. 1985).

Otra causa de deterioro del hormigón es por la cristalización de sales en los poros a partir de una solución salina. Este es un proceso de naturaleza puramente física, debido al desarrollo de tensiones internas por el crecimiento de sal (sulfato de sodio). No involucra a los compuestos de la pasta del cemento, provoca un descascaramiento de la superficie. Cuando se evapora la sal o por mojado de la forma anhidra, las tensiones superan la resistencia a la tracción del material y fisuran el hormigón. Este fenómeno está influenciado por las condiciones climáticas y la movilidad de agua en el suelo y ha sido comúnmente confundido con el ataque por sulfatos que involucra la formación de yeso y ettringita (Irassar et al. 1995).

### OBJETIVOS

El propósito del presente trabajo fue determinar las causas que provocaron el deterioro del revoque grueso de una pared exterior en un edificio de la ciudad de Buenos Aires.

### INTRODUCCION

El Servicio de asistencia técnica de Klaukol S.A., atendió una consulta por un reclamo de obra, debido a desprendimientos de revestimientos en el piso 8 de un edificio ubicado en la ciudad de Buenos Aires. El mismo fue revestido durante el año 1995, con placas de mosaicos graníticos de color blanco, de una textura porosa similar al "mármol" travertino

## **MATERIALES EMPLEADOS**

Revestimiento: Placa de mosaico granítico imitación travertino, con textura porosa, color blanco, dimensiones 20x60x1,2 cm, atérmica y antideslizante.

Pegamento: Se utilizó una mezcla adhesiva cementicia, aplicada por técnica de doble untado para garantizar la correcta adherencia entre el revestimiento y el sustrato, por tratarse de una colocación exterior y en altura y se reforzó la adherencia empleando un aditivo de emulsión acrílica diluido en el agua de la mezcla adhesiva.

Sellajuntas: No se realizó el tomado de las juntas.

Revoque: Como paramento se usó el revoque grueso ejecutado en obra.

## **METODOLOGIA**

El estudio de las muestras de revoque se realizó en un estereomicroscopio Olympus SZ 40, trinocular, donde se seleccionaron las zonas más afectadas.

El análisis mineralógico se realizó por DRX, para lo que se utilizó un difractómetro de rayos X, Rigaku D-max III-C, computarizado, con radiación de Cu y monocromador, con 35 Kv y 15 mA. El estudio morfológico de las alteraciones del mortero se realizó con un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM 35 CP, equipado con una sonda EDAX, DX 4, de ventana ultradelgada, con un rango de análisis elemental desde Z = 5 (B) hasta Z = 92 (U).

## **RESULTADOS**

### **PATOLOGIA DE OBRA**

Un análisis visual de las placas ubicadas en las zonas con desprendimientos, permitió observar que éstas se encontraban firmemente adheridas a la mezcla adhesiva cementicia, no tenían las juntas selladas y el despegue se producía en la zona del revoque grueso, constituyendo bloques de placa - adhesivo y restos de revoque grueso, arrastrados por el proceso.

La técnica de colocación de doble untado y aditivo acrílico aseguró la correcta fijación de las placas graníticas al revoque de la pared.

De las observaciones realizadas se descartó la falla de la mezcla adhesiva cementicia y para complementar la Asistencia Técnica, se procedió a analizar el revoque que constituye el sustrato sobre el que se colocó el revestimiento.

### **COMPOSICION DEL REVOQUE**

Las muestras de revoque se observaron con estereomicroscopio. Se determinó un alto grado de deterioro. El material es deleznable, los granos del agregado están prácticamente sueltos, se presentan recubiertos por una sustancia blanca, masiva y muy blanda. En estas condiciones no se observaron formas cristalinas.

### **DIFRACTOMETRIA DE RAYOS X**

El material blanco se analizó por DRX. Se determinó la presencia de calcita y ettringita junto a cuarzo y feldespato del agregado y silicato de calcio del cemento (Figura N° 1).

### **SEM - EDAX**

Otra porción del mismo material fue observada con un microscopio electrónico de barrido, donde se diferenciaron claramente dos formas cristalinas: una fibrosa, con cristales muy bien desarrollados en forma de aguja (Figura N° 2a) y otra masiva. Analizadas por EDAX, aparecen reflexiones correspondientes a S, Ca, Al, O, Si y escaso Na. Se adjudicó a ettringita. Se consideró que el Si y el Na son parte del agregado y del cemento. En la Figura N° 2b, se observa el espectro correspondiente a ettringita, donde el pico de calcio se ve magnificado por la presencia de calcita, que aparece siempre asociada a ésta y el pico de silicio corresponde al cuarzo del agregado.

## DISCUSION

No se conocen antecedentes que mencionen el desarrollo de ettringita en revoques exteriores.

Tanto los agregados como el cemento y la cal usados en el revoque grueso, no contienen cantidades suficientes de componentes que brinden el azufre necesario para la formación del sulfato.

No se observaron alteraciones en el pegamento usado, aunque el agua incorporada al revoque y la impermeabilización que provocó un aislamiento con la atmósfera, contribuyeron al desarrollo del proceso químico que deterioró la pared del frente del edificio. Sumado a esto, la falta de sellajuntas puede haber provocado el acceso de humedad en algunos sectores sin pegamento, favoreciendo la reacción.

Se considera que el azufre necesario para formar la ettringita debió aportarse al medio.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a las observaciones y a los análisis mineralógicos realizados, los desprendimientos del revestimiento de la obra son consecuencia de fallas en el revoque sobre el que está colocado.

El problema se debe a la presencia de ettringita secundaria presente en el mismo revoque que hace de paramento (Maiza et al. 1996).

La presencia de este compuesto es anormal debido a que sólo debería encontrarse cuando comienza el fraguado del cemento portland.

Su formación se debe a una reacción provocada por adición de yeso en forma anómala, al mortero empleado en el revoque.

Debido a los efectos de desagregación por presencia de sulfatos y expansión provocados por la ettringita secundaria dentro del material del revoque, es necesario tomar medidas que aseguren la estabilidad del revoque del paramento y al mismo tiempo no cause el desprendimiento del revestimiento del frente.

El revoque perdió la capacidad portante para soportar el peso del revestimiento, debido a la presencia de ettringita.

Es frecuente el uso de yeso en el revoque para acelerar el endurecimiento. Esto implica el riesgo de formación de ettringita secundaria, debido a la incorporación de iones sulfato al medio.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la firma KLAUKOL S.A. por permitir exponer esta presentación. Al técnico Luis Merler en su trabajo de asistencia a la obra citada. A la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As. y al CONICET, por el apoyo brindado.

## LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Eola A. I. y S. Szeimberg (1985) Durabilidad: Ataque por sulfato a estructuras de hormigón. Técnicas complementarias para su evaluación. Tecnología de materiales. Colloquia 85. Memorias "A". Tomo II. Buenos Aires. 407- 420.

Fu Y; Xie P.; Gu P. and Beaudoin J. J. (1994). Significance of pre-existing cracks on nucleation of secondary ettringite in steam cured cement paste. Cement and Concrete Research. Vol. 24 N° 6. pp 1015-1024.

Gruszczinski E.; Brown P. W. and Bothe J. V. (1993). The formation of ettringite at elevated temperature. Cement and Concrete Research. Vol. 23. pp. 981-987.

Irassar E. F.; A. Di Maio y O. R. Batic (1995) Deterioro del hormigón por cristalización de sales. 12ª Reunión Técnica de la AATH. Memorias. La Plata. 229-237.

Maiza P. J.; S. A. Marfil; C. Milanese y O. R. Batic (1996). Ettringita y ceolitas formadas en hormigones afectados por la reacción álcali-silice. Hormigón N° 29. pp. 11-22.

Min D. and Mingshu T. (1994). Formation and expansion of ettringite crystals. Cement and Concrete Research. Vol. 24. pp 119-126.

Miretti R.; J. Citroni; R. Grether; C. Passerino; M. Guaita; C. Defagit y N. Ulibarrie (1993). Determinación de las causas de patologías en una estructura de hormigón armado. Congreso Internacional de Ingeniería estructural y tecnología del hormigón. Memorias. Tomo I. Córdoba. 143-168.

Puertas F.; M. T. Blanco Varela and R. Domínguez (1993) Hydration of  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$  in the absence and the presence of gypsum. A comparative study with the hydration of  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Cement and Concrete Research. Vol. 23. pp 20-32. USA.

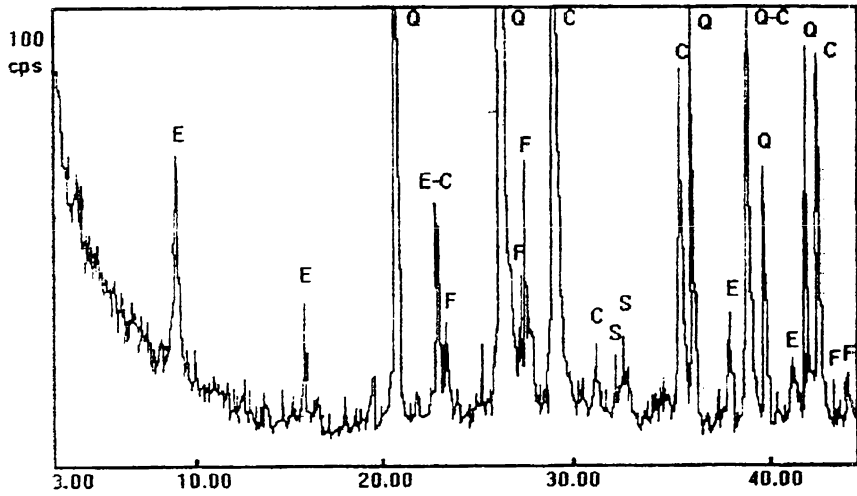
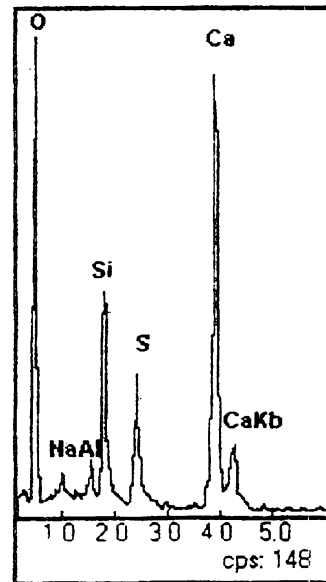


FIGURA N° 1

E: ettringita; C: calcita; F: feldespato; Q: cuarzo; S: silicato de calcio



2a. Fotomicrografía de SEM. Cristales asciculares de ettringita (E) y agregados intergranulares de calcita (C).



2b. EDAX correspondiente a la figura 2a.

FIGURA N° 2