

El cemento aluminoso puesto de actualidad

DOMINGO PELLICER DAVIÑA, DR. ARQUITECTO

0. INTRODUCCION

Durante los últimos meses se han producido varios siniestros en el parque edificatorio de Barcelona y su entorno. Algunos de ellos han sido achacados al deterioro de las viguetas de forjados, que en su día –hace ahora unos treinta y cinco años– habían sido fabricadas con cemento aluminoso. El problema se extiende a un número indeterminado de edificios construidos hace veinticinco a treinta y cinco años, por toda la geografía nacional, en cuya ejecución pudo haberse empleado este tipo de viguetas de hormigón armado o pretensado, pues en ese momento no existía normativa al respecto que lo prohibiera; la bibliografía que podían manejar los técnicos entonces, aun siendo abundante, sólo tímidamente exponía determinados problemas de cambio de naturaleza de los compuestos hidratados, y por supuesto no presagiaba posibles consecuencias.

En todo caso, los fabricantes debieron apreciar las virtudes de un material que unía a la obtención de notables resistencias finales la circunstancia de que las alcanzase en un período tan breve, haciéndolo idóneo por lo tanto para una rápida realización de moldes.

Los susodichos siniestros han alarmado, como es natural, a los responsables del sector; en este momento se trabaja en la delimitación de responsabilidades y en tareas de prevención de nuevos casos.

No parece oportuno hacer comentarios en este momento sobre la primera vía emprendida, salvo si acaso poner de manifiesto que la continua aparición de normativa nueva o que modifica a otra anterior, es una prueba evidente de que siempre quedan aspectos técnicos por cubrir, o de que se producen descubrimientos o avances que mejoran o corrigen algún otro que hasta ese momento se consideraba correcto, y que deja de serlo desde su nueva regulación.

El objeto de este artículo estriba más bien en cooperar a ese segundo objetivo –demasiado ardorosamente emprendido, por mor de las circunstancias– de prevenir los nuevos casos que a buen seguro habrán de producirse, divulgando algunas pautas generales sobre la naturaleza, propiedades, empleo y contradicciones del cemento aluminoso.

1. EL MATERIAL

El cemento aluminoso es un material que se ob-

tiene por fusión o sinterización de una mezcla de materiales aluminosos y calcáreos en determinadas proporciones, y posterior molienda del producto resultante, hasta que quede convertido en un fino polvo.

Generalmente se analizan las características de este material en relación con las que, en cada una de sus propiedades, puede presentar el cemento Portland.

Desde el punto de vista de fabricación, el cemento aluminoso resulta ser un material más caro, debido a su escasez, a sus mayores requerimientos energéticos, tanto para la fusión o sinterización, como para su molienda; y a la energía que requiere su transporte, pues se trata de un producto más pesado.

El desarrollo comercial de estos cementos se remonta a 1865, por lo que cuenta con una experiencia algo menor que la de los cementos Portland.

Normalmente se emplean la caliza y la bauxita como materiales básicos de fabricación. Esta última es una roca natural de la familia de las lateritas, caracterizada por su alto contenido en aluminio.

Con frecuencia, las bauxitas utilizadas en la fabricación de cementos aluminosos poseen también un importante contenido en hierro. Es el tipo de material –conocido como **bauxita roja**– que se emplea en la fabricación de estos cementos en España.

Se trata de un conglomerante cuyo uso se halla internacionalmente extendido, pues se fabrica, además de en España, en otros varios países: Inglaterra, Francia, Alemania, U.R.S.S., Yugoslavia, Checoslovaquia y E.E.U.U. En algún caso el tipo de cemento obtenido es blanco; en general, sin embargo, se trata de un producto pulverulento de color gris oscuro.

Existe una clasificación comercial de los cementos aluminosos en cuatro tipos, en función de sus características. El fabricado en España (una sola fábrica, Cementos Molins, en Sant Vicent dels Horts, en Barcelona), corresponde al tipo I, que es por otra parte el más corriente de cuantos se fabrican.

La composición aproximada del cemento aluminoso español, es la siguiente:

SiO ₂ :	4–5%	Al ₂ O ₃ :	36–38%
CaO:	39–42%	Fe ₂ O ₃ :	10–12%
FeO:	4–5%	TiO ₂ :	< 2%
MgO:	1%	...S”:	trazas
SO ₃ :	0,1%		

Como ya se ha dicho, el color del material es gris oscuro; para su fabricación se parte de bauxita roja y caliza; el método de fabricación es el de fusión en horno de reverberación.

Las exigencias legales respecto a las características del cemento aluminoso vienen actualmente recogidas en el *Pliego de Recepción de Cementos, RC-88*, aunque ya lo estuvieron con anterioridad en los respectivos Pliegos de los años 1975, 1964, 1959 y 1947. Su fabricación y venta dentro de las condiciones exigidas en el vigente Pliego, es completamente legal.

Su empleo en la confección de hormigones requiere justificación especial desde la entrada en vigor de la *Instrucción EH-68, Proyecto de Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado*. En la segunda edición de dicha Norma, la *EH-73*, se incluyó un anexo, el 4, de *Normas para la utilización del cemento aluminoso*, que se mantuvo en la redacción de la *EH-80* y permanece en la actualmente vigente *EH-88*.

Aparece por primera vez la prohibición de utilizar cemento aluminoso en la fabricación de elementos pretensados, en la *Instrucción EP-77, Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón Pretensado*. Sin embargo ya había dejado de emplearse por parte de muchos fabricantes de viguetas, antes de la entrada en vigor de dicho documento. La normativa inglesa lo prohíbe desde 1975, la francesa se limita a exigir precaución en su empleo.

Los hormigones de cemento aluminoso son menos básicos que los de cemento Portland; además, deben emplearse con arenas sin fracciones inferiores a 0,5 mm y por lo tanto han de compensar la escasez de finos con mayores dosificaciones de cemento (> de 400 kg/m³ de hormigón). Aun así, su porosidad es mayor que la de hormigones con aportes granulométricos normales de arena. Requieren relaciones agua/cemento más bajas (< 0,4). Por todo ello, resultan ser menos compactos, más porosos y propensos, por tanto, a la carbonatación: en consecuencia de todo ello, cabe esperar una protección de las armaduras menos eficiente que en el caso del hormigón normal.

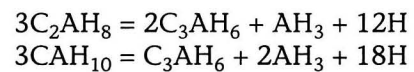
En previsión de ello, una de las recomendaciones del mencionado anexo 4 –que figura con el mismo número en la actual redacción de la *EH-88*– es la de aumentar discrecionalmente los recubrimientos de las armaduras.

Las reacciones de hidratación del clinker de cemento aluminoso son aún más exotérmicas que las del clinker de Portland: de ahí la necesidad de limitar la temperatura de los hormigones por debajo de los 25° C como se indica en el citado anexo 4, así como la de limitar la altura de las tongadas a 30 centímetros para favorecer la pronta difusión del calor.

El mecanismo de hidratación es muy complejo y su exposición aquí quedaría probablemente fuera

de lugar. Baste saber a nuestros efectos, que los componentes finales responsables de las características mecánicas del cemento aluminoso son: $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ y $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, que pasan a denominarse según la nomenclatura simplificada de Bogue, respectivamente CAH_{10} y C_2AH_8 . Ambos cristalizan en el sistema exagonal.

Estos dos compuestos pueden sufrir un cambio de naturaleza si se ven afectados por exceso de calor durante el proceso de hidratación; pero también pueden experimentarlo ya endurecido el cemento, ante determinadas condiciones de humedad y temperatura. Dicho cambio de naturaleza tiene las expresiones:



Como puede apreciarse, en ambos casos se obtienen dos nuevos componentes, cuyo volumen es mayor que el de los anteriores; además, el aluminato tricálcico hidratado, C_3AH_6 , cristaliza en forma cúbica, por lo que en principio puede contarse con que sea menor su aporte a la resistencia del conjunto.

A temperaturas ordinarias –refiriéndonos ya a hormigones de edad–, este cambio es muy lento y puede incluso no llegar tan siquiera a producirse en ambientes secos. Pero debe contarse con él, aunque de modo lento como se ha dicho, en hormigones húmedos; y más aún si la humedad va acompañada de temperaturas moderadamente elevadas. Experiencias extranjeras señalan que el efecto resulta mecánicamente inapreciable en hormigones sumergidos durante un período de 30 años en agua a temperatura siempre inferior a los 18° C.

Los cambios de volumen que experimenta un hormigón de cemento aluminoso en el que se haya producido la antedicha transformación, vuelven al material mucho más poroso que en su estado original: esta circunstancia es tanto más grave cuanto mayor haya sido la relación agua/cemento con que se ha fabricado ese hormigón.

Los análisis de las experiencias internacionales respecto al empleo de cementos aluminosos para la fabricación de hormigones estructurales son muy variadas y en ocasiones contradictorias; pero de ellos se pueden sacar algunas conclusiones:

a) La pérdida de resistencia que pueden experimentar los hormigones por una exposición prolongada al calor o a la temperatura, o a ambos a la vez, sólo es importante cuando la relación agua/cemento empleada en su fabricación, es superior a 0,5; y puede llegar a cifrarse en un 50% a los treinta años.

b) Si la exposición se ha limitado sólo a uno de los dos factores –calor o temperatura–, pero no al otro,

la pérdida de resistencia no es importante, pudiendo darse el caso de que incluso se haya producido un aumento.

c) Las condiciones higrotérmicas para que se produzca el deterioro se establecen entre 20° C en ambiente saturado y 25° con un 75% de humedad relativa, en períodos estacionales largos durante un plazo no inferior a los veinte años.

d) De todas formas, el daño a las estructuras de hormigón armado o pretensado tiene mayor probabilidad de sobrevenir debido a la corrosión de las armaduras, que se ve favorecida por el notable aumento de porosidad abierta del hormigón de sus recubrimientos, producido por el antes descrito fenómeno de cambio de naturaleza de los compuestos hidratados.

e) Lógicamente, el efecto de esa corrosión será mucho más importante sobre las armaduras pretensadas, pues se producirá en ellas el llamado efecto de **corrosión bajo tensión**, cuyas causas, aún no bien determinadas, parecen radicar en el hecho de que el acero esté sometido a tensión y en el de que exista una irregular distribución del carbono en el acero, que vuelve más vulnerables los puntos en que su contenido es bajo.

f) Los hormigones afectados por la transformación cristalina espontánea antes descrita, cambian de color, volviéndose de uno amarillo achocolatado, muy característico.

2. CONCLUSION

En resumen, las exigencias y recomendaciones de la normativa española respecto al empleo del cemento aluminoso están, a nuestro parecer, bien

justificadas. Sólo cabe lamentar en todo caso que hayan entrado en vigor demasiado tarde, pero no es esa una lamentación que exija buscar responsables, sino sólo la manifestación de la impotencia de la investigación tecnológica en el campo de la Edificación para ir por delante del quehacer cotidiano del sector.

Nuestra mejor arma, la experiencia –aunque dolorosa en este caso–, va señalando cuándo puede ser conveniente emplear el cemento aluminoso en nuestros días; incluso nos va dando referencias para valorar mejor si no cabe en cada caso alguna alternativa con otros conglomerantes.

Refiriéndonos al campo que conocemos, el de la Edificación, las situaciones en que resulta utilizable el cemento aluminoso se limitan hoy por hoy a la ejecución de cimentaciones que requieran una muy rápida entrada en servicio –como por ejemplo para maquinaria pesada–, o a pequeñas obras de reparación –como taponamiento de vías de agua–, o de fortificación, de carácter temporal; y para hormigones y morteros refractarios, dada la gran proporción de compuestos de aluminio que posee el conglomerante.

Es posible encontrar en la bibliografía referencias al empleo de este cemento para hormigones en terrenos yesíferos: sin embargo, las actuales características de los cementos **MR** y **SR** darían a éstos preferencia sobre aquél, pues su comportamiento ante los agentes agresivos sería prácticamente similar, mientras que ya no habría que temer las complicaciones secundarias que, debido a su peculiaridad, podrían producirse.

3. BIBLIOGRAFIA

ROBSON, T.D.: *Los cementos aluminosos y sus hormigones*. Ed. Cárcamo Hnos. Madrid, 1965.

