

9.6. Comentarios y resumen de las ponencias del párrafo 7. "Los cementos actuales y sus aplicaciones"

P. GARCÍA DE PAREDES GAIBROIS

Ldo. en Ciencias Químicas
I.E.T.C.C.

9.6.1. Los cementos portland en general

Acertadamente, destaca el señor Rezola las necesidades de establecer un diálogo constructivo entre fabricantes y usuarios que proporcionaría a estos últimos el conocimiento de las adecuadas aplicaciones de cada tipo de conglomerante.

Circunscribe su ponencia al estudio de:

- 1.º Hormigones de altas resistencias iniciales.
- 2.º Hormigones para la construcción de presas.
- 3.º Hormigones resistentes a los agentes agresivos.

Hormigones de altas resistencias iniciales

Estos primeros requieren un conglomerante rico en silicato tricálcico y no bajo en aluminato tricálcico. Recomienda para su preparación utilizar un crudo con un alto grado de saturación en cal y calcinarlo a una elevada temperatura. El defecto de alúmina se puede soslayar adicionando bauxita.

Plantea la conveniencia de normalizar un portland P-450. En apoyo de su tesis proyecta cuadros estadísticos que le permiten asegurar la capacidad de las fábricas españolas para preparar este tipo de conglomerante frecuente entre los extranjeros.

Alude a la construcción de autopistas que requieren conglomerantes superiores a los P-250 y P-350.

Hormigones para la construcción de presas

La perfección lograda en los medios de trabajo y dosificación conduce a mayores exigencias del conglomerante. Por ejemplo: la temperatura del conglomerante, su calor de hidratación, etc.

Aconsejó la molienda en circuito cerrado con separadores y arrastre por aire como medio eficaz de reducir en 20° C la temperatura del cemento, factor éste que demuestra que sólo ocupa el último lugar entre las influencias en la temperatura del hormigón reciente.

Para el constructor es conveniente tender al mínimo espesor de las tongadas.

En cuanto al calor de hidratación, afirmó que la reducción del grado de saturación no rebaja, en los cementos especiales, la cuantía del C_3A .

Tampoco es solución viable incrementar el módulo silíceo. Hizo notar la conveniencia de estimar preferentemente las resistencias a 28 días.

Como medida de precaución indica la instalación de sistemas de refrigeración en la presa.

Después de poner en evidencia la mínima influencia que en la práctica posee la entonación térmica del conglomerante como punto de su composición, puntualiza la necesidad de establecer especificaciones genéricas y acordes con las posibilidades de la industria nacional.

Hormigones resistentes a los agentes agresivos

Destacó el interés que en España tiene un conglomerante resistente al yeso, dada su frecuencia en un gran sector del suelo patrio. Esto refuerza la oportunidad del Pliego actual al incluir dos categorías del cemento PAS.

Hizo resaltar muy vivamente la importancia de los factores mecánicos, con el ejemplo de obras marítimas realizadas actualmente en puertos españoles, con cementos portland que contienen más de 12 por 100 de C_3A y más del 50 por 100 de C_3S .

La cal liberada por estos altos porcentajes de C_3S confiere tales ventajas (impermeabilidad, resistencias iniciales, etc.) al hormigón, que anula su poca conveniencia.

El clinker ideal sería aquel que proporcionase buenas resistencias iniciales, moderado calor de hidratación y buenas resistencias a los sulfatos.

DISCUSION

Interviene en primer lugar el señor Aguirre para encauzar y orientar la discusión. Hace notar que así como sabe de conglomerantes que han producido averías por caídas en la resistencia y son conocidas en cimientos por agresión, no se conocen las grandes catástrofes originadas por averías debidas al calentamiento, y ruega a los presentes informen sobre ello.

Fuera de España se utilizan encofrados deslizantes en la construcción de presas, lo que permite trabajar sin interrupción. El cemento caliente preocupa al constructor por la inestabilidad de volumen de su pasta hidratada.

El señor García Meseguer ruega al ponente aclare si el uso de conglomerantes con resistencias superiores a 350 kg no produce fisuraciones por retracción.

El señor Rezola contestó que existe independencia entre las altas resistencias y la retracción.

El señor Uría puso de manifiesto que el criterio general de carreteras es utilizar hormigones pobres y con baja relación agua-cemento, lo que exige un cemento de altas resistencias.

El señor García Meseguer disiente de esta opinión.

El señor Uría puntualiza manifestando que la capa de rodadura, generalmente, es un hormigón asfáltico aplicado en caliente.

Para contestar al señor Aguirre, el señor Sánchez Pire expone que en la zona de Melilla se utiliza un conglomerante con 70 a 75 por 100 de C_3S , sin que éste produzca averías ni alteraciones de volumen.

El señor Palomar destacó la gran importancia de los métodos de elaboración y puesta en obra del hormigón.

El señor Arredondo rogó al ponente que fijase cuantitativamente el concepto de «alta resistencia». Bien entendido que se trata del mínimo.

El ponente, como límite mínimo para pretensados en taller cita 400 kg a 7 días.

El señor Arredondo hizo resaltar la importancia de la granulometría, acentuando la vigilancia que requieren las granulometrías discontinuas por la influencia de los finos y la sensibilidad, en este caso, para cualquier otro factor.

El señor Uría, de acuerdo con las afirmaciones de los señores Arredondo y Rezola, hizo notar el efecto beneficioso, citado por el señor Rezola, de la arena lavada de playa, debido a que rebaja los finos que en la arena caliza del norte alcanzan cifras del 14 por 100.

El señor García de Paredes trata de acentuar la diferencia entre temperatura ocasional del conglomerante anhidro y calor de hidratación del mismo. Rogó a los presentes manifestaran qué límite superior se podía tolerar en las temperaturas del cemento antes de usarlo.

El ponente indica que, generalmente, sale del molino con temperaturas vecinas a 100° C; en las ensacadoras se halla a 60 ó 70° C, lo que supone en obra de 30 a 50° C. Si el transporte es a granel, la temperatura final es más elevada: 50-60 grados centígrados.

El señor García Meseguer solicita información sobre la influencia del tiempo de ensilado.

El señor Rezola contestó que depende del tamaño del silo. Señaló como factor de enfriamiento el transvase del silo.

El señor Aguirre subrayó la conveniencia del ensilado para alejar el peligro de la cal libre e incrementar de este modo la inestabilidad de volumen de la pasta fraguada.

9.6.2. Cementos resistentes a los sulfatos

Comenzó citando las condiciones recomendadas en las conclusiones del I Coloquio Internacional sobre las obras públicas en terrenos yesíferos, las cuales considera como condiciones límite o, mejor, limitadas.

Admite la trascendencia que tiene la existencia del aluminato tricálcico, así como la cal libre en la durabilidad frente a los sulfatos, pero hace notar el papel preponderante de la impermeabilidad; ello le lleva a reafirmarse en sus opiniones expuestas en otras publicaciones: «Conviene existan diversos tipos de conglomerantes y el usuario debe escoger aquel que mejor cumpla con las condiciones requeridas por la obra».

El tema es tan amplio que prefiere limitarse solamente a fijar una gradación del ataque y clasificar, con arreglo a ella, los diversos conglomerantes. Esta posición entiende que es más práctica y constructiva que las disquisiciones teóricas ya conocidas:

- a) Cementos portland.
- b) Cementos portland con agregados secundarios.
- c) Cementos especiales.

Para los cementos portland aconseja la limitación del contenido en aluminato tricálcico, sin que esto sea suficiente.

En los cementos portland con agregados secundarios, tales como los siderúrgicos y puzolánicos, no está bien conocida la mecánica de sus resistencias químicas y, en algunos casos, presentan fallos. No puede dejar de admitirse en éstos la conveniencia de un bajo contenido en aluminato tricálcico.

Como cementos especiales están el aluminoso y el cemento supersulfatado. Para los primeros señaló el posible riesgo de su enriquecimiento, al hidratarse, en aluminato tricálcico. Sobre el supersulfatado expuso la conveniencia de esperar a contar con mayores datos experimentales. Sus conclusiones las resumió así:

- 1.^a Se pueden establecer tres grados de resistencia a los sulfatos, de los diferentes cementos.
- 2.^a Según su resistencia, los cementos se clasifican:
 - a) De moderada resistencia, MRS.
 - b) De alta resistencia, ARS.
 - c) De muy alta resistencia, MARS.
- 3.^a Es preciso fijar uno o varios métodos de ensayos acelerados que permitan comprobar los grados de resistencia a los sulfatos de los cementos, cualquiera que sea el tipo de conglomerante. Y como está en curso un importante trabajo de investigación sobre el tema en este Instituto, sería de desear se completara el mismo con la puesta a punto de ensayos existentes u otros nuevos.

9.6.3. Cementos siderúrgicos y otros

Selecciona, para su estudio, los siguientes tipos de cementos: 1.º Portland. 2.º Portland siderúrgico. 3.º Portland de horno alto. 4.º Mezcla a partes iguales de portland y natural. 5.º Supercemento. 6.º Supercemento puzolánico. 7.º PAS alemán. 8.º Portland de horno alto marca ABRA.

Los ensayos realizados fueron:

- a) Ensayo de Le Chatelier-Anstett.
- b) El mismo ensayo modificado por Blondiau.
- c) Ensayo de Koch-Steinegger.
- d) Ensayo de Taylor y Bogue.
- e) Ensayo de Merriman.
- f) Ensayo de agresividad del yeso al hormigón.
- g) Ensayo de incremento de longitud, en mortero normal sumergido en disoluciones sulfatadas.
- h) Resistencia del cemento al ataque de los yesos a largo plazo.

Los resultados obtenidos son:

El supercemento y el portland siderúrgico se han comportado de forma desfavorable en todos los tipos de ensayos a que han sido sometidos.

El C_3A correspondiente a estos cementos ha sido de 12,86 por 100 para el supercemento y de 7,10 por 100 para el portland siderúrgico. El clínker de que está compuesto este último ha dado un tanto por ciento de C_3A de 10,15.

El portland de horno alto se ha comportado mal en los ensayos de Le Chatelier-Anstett, en el de Koch-Steinegger y en el de agresividad del yeso al hormigón. En el ensayo de Taylor-Bogue, su resistividad a los sulfatos le cataloga como medianamente resistente. En el ensayo de Merri-man, aunque las placas aparecen algo afectadas, su comportamiento puede considerarse como mediano.

La mezcla de 50 por 100 de portland y 50 por 100 de cemento natural, se ha comportado mal en los ensayos de Le Chatelier-Anstett, y en el de agresividad del yeso al hormigón. En el ensayo de Koch-Steinegger, si se tienen en cuenta influencias relativas, su comportamiento puede ser considerado como mediano, al igual que en el ensayo de Taylor y Bogue. En el de Merri-man las placas presentan muchas eflorescencias y algo de alveamiento, es decir, que han sufrido cierta alteración.

Independientemente de su resistividad química, esta mezcla ha dado una resistencia mecánica a la rotura francamente baja, lo cual desaconsejaría su utilización en la práctica.

Con el clínker utilizado en el portland de horno alto se ha tenido un portland de 12,51 por 100 de C_3A y, por lo tanto, este portland de horno alto tendrá, aproximadamente, 5-6 por 100 de C_3A . A la mezcla de portland y natural le corresponden un 6,25 de C_3A .

Estos dos tipos de cementos, los cuales están preparados con clínker de portland normal, podrán ser considerados algo más resistentes que los del apartado anterior. Su % de C_3A es relativamente bajo; pero, no obstante, somos de la opinión de que tanto en estos dos cementos como en otros de adición, el clínker de que se compongan conserva una individualidad propia y que, por lo tanto, al contacto con los iones sulfato, se producirán los fenómenos de agresión consiguientes, los cuales, como es natural, serán menores cuanto menor sea el tanto por ciento de clínker. Es decir, que, en los cementos de adición, el comportamiento ante la agresión de los sulfatos está íntimamente relacionado con la composición mineralógica del clínker utilizado.

El cemento PAS, el supercemento puzolánico y el cemento ABRA se han comportado perfectamente en todos los ensayos.

El cemento preparado a base del clínker utilizado en la fabricación del ABRA y yeso, ha respondido bien a los ensayos a los que ha sido sometido.

Tanto el cemento PAS como el clínker utilizado en el cemento ABRA están exentos de C_3A . No se ha efectuado por el momento la separación de los componentes del supercemento puzolánico y, por lo tanto, no se ha determinado su porcentaje de C_3A , aunque, no obstante, su buen comportamiento señala ya una total ausencia de dicho componente.

Discusión conjunta de las ponencias presentadas por los señores Laffarga y Arrieta

El señor Otero Yustos solicitó información sobre la composición del cemento ABRA.

El ponente dice que se trata de un cemento de horno alto cuyo clínker está exento de aluminato tricálcico y de cal libre, y la escoria está dotada de estabilidad.

El señor Uría cita el caso de unas aguas ferruginosas de origen «pirítico» con pH comprendido entre 2,9 y 3,5. El efecto destructor es debido en este caso, no tanto a los sulfatos, cuanto a su acidez.

El señor Laffarga hizo notar la importancia de esta característica que, a menudo, se olvida. Existe un trabajo alemán que presenta cuadros de condiciones entre los cuales está el pH.

El señor Uría recuerda cómo en las conclusiones del I Coloquio Internacional de Obras Públicas en Suelos Yesíferos, se tuvieron en cuenta todas estas particularidades.