



Eduardo de J. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

Su correo electrónico es: evidaud@mail.imcyc.com



ADITIVOS

Consideraciones en torno a los aditivos para concreto (Parte II)

CON EL EMPLEO de los aditivos reductores de agua se requiere menos cantidad de agua para lograr un concreto con el mismo revenimiento, o aumentar éste con el mismo contenido de agua. Estos aditivos pueden tener como efecto secundario cambios en el tiempo de fraguado inicial del concreto. En general, dichos aditivos químicos son utilizados en mezclas de concreto colocadas bajo altas temperaturas y en mezclas que se pretenden bombear.

Un aditivo plastificante reductor de agua, sin embargo, es un polvo higroscópico que puede introducir aire en la mezcla de concreto por su efecto sobre la tensión superficial del agua, por tanto, otra de sus ventajas es la incorporación de aire.

Los aditivos inclusores de aire, son los que producen pequeñas burbujas de aire en el interior de la mezcla de concreto; cuya principal ventaja es la de garantizar una mayor durabilidad de las construcciones sometidas a ciclos de congelamiento y deshielo, especialmente relevante en climas fríos. Es común que en los concretos con aire incluido ocurra alguna pérdida de resistencia con el aumento del contenido de aire. Esta pérdida por lo general puede superarse mediante la reducción controlada de la relación agua-cemento y mediante el uso de otros aditivos.

Por su parte, los agentes colorantes se han vuelto cada vez más comunes. La mayoría son aplicados directamente sobre la superficie y con frecuencia tienen el efecto adicional de ser endurecedores de superficie; aunque es recomendable, que en el concreto de estas superficies no se incorpore aire. El concreto coloreado integral se encuentra disponible en el mercado.

Los impermeabilizantes y los aditivos amortiguadores de humedad incluyen: jabones, estearato de butilo, aceite mineral y emulsiones de asfalto. En general se utilizan para disminuir la cantidad de agua que penetra a través de los poros más grandes de la masa

de concreto. Los aditivos "anticongelantes" normalmente son acelerantes muy costosos que se utilizan, en dosis muy altas, para lograr un tiempo de fraguado muy rápido.

Los aditivos de tipo químico orgánicos se ven afectados por el tipo y la marca de cemento, por la relación agua-cemento, la granulometría de los agregados, y por la temperatura. En algunos casos, si no se siguen las instrucciones exactas (incluyendo la adición de materiales complementarios para balancear los efectos secundarios negativos o indeseables de una mezcla), la mezcla de concreto resultante puede verse comprometida. Es por esta razón que los aditivos sólo deben ser combinados en la mezcla por un profesional competente; pues algunos de ellos pueden interactuar entre sí o con algún otro componente de la mezcla, de manera indeseable.

En general, se requiere un conocimiento a profundidad de los efectos potencialmente complejos del uso de aditivos relacionados entre sí, además de las especificaciones para utilizarlos con éxito; lo que es aún más acentuado cuando hay varias partes involucradas en la fabricación del concreto. La elección de una mezcla adecuada para un trabajo específico debe estar a cargo de un experto, y siempre deben ser consideradas las alternativas relacionadas con el uso de aditivos.

El impacto ambiental de estos productos se presenta como una hipótesis aún cuestionable. Algunos superplastificantes pueden afectar el medio ambiente, debido a la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales; aunque esta situación requiere todavía de una mayor investigación.

En conclusión, los aditivos químicos son una opción adecuada, pero su utilización de ninguna manera puede compensar las posibles malas prácticas que se puedan seguir en la construcción de una obra de concreto, y mucho menos el empleo de materiales de baja calidad. **C**

REFERENCIAS:

Traducido y adaptado de: www.toolbase.org/Technology-Inventory/Foundations/concrete-admixtures



EDIFICIOS ALTOS

Torre Kingdom, en busca de las alturas

EL GRAN PARECIDO con la torre "Burj Khalifa" de Dubái en los Emiratos Árabes Unidos, actual poseedora del título de más alta del mundo, fue uno de los aspectos más llamativos del diseño de la Torre Kingdom una vez que se conociera que esta enorme edificación iba a ser construida. Diseñada por el arquitecto estadounidense Adrian Smith y emplazada en Yida, Arabia Saudita, la edificación se inició en el mes de junio del 2013 y se estima será culminada para el 2019.

Aunque todavía hay algunos detalles por decidirse, incluyendo su altura final exacta, está claro que el edificio romperá más de un récord mundial; al igual que su homólogo de Dubái.

Si la torre Kingdom se convierte en el primer edificio del mundo que supera el kilómetro de altura, se estaría anunciando la llegada de una nueva era en la construcción de edificios altos; estableciéndose así un nuevo reto en lo que respecta a las nuevas alturas que se podrían lograr. Eso sí, cualquier construcción de este tipo deberá considerar las experiencias del "Burj Khalifa", en lo que respecta a la solución de la cimentación que se implemente.

Antes de que se tuviera el proyecto concebido con exactitud, algunas fuentes afirmaban que la torre Kingdom tendría 50 pisos más que el Burj Khalifa, y que podría tener el doble de altura de la torre "Taipei 101" en Taiwan (terminada en el año 2004, con una altura máxima de casi 510 metros de altura, en un total de 106 niveles). Esta última era considerada la de mayor altura del mundo, hace algo más de una década.

Si la altura de la torre Kingdom llegara a ser, según lo propuesto, de 1007 metros; se estaría elevando el listón, tanto para el diseño, como para la construcción de estructuras muy altas. El hecho de que la construcción de más de 1 kilómetro de altura sea terminada en un periodo de tiempo de cinco años (mismo tiempo que se empleó en la torre "Burj Khalifa"), será un aspecto significativo que va a poner a prueba los límites posibles; tanto del desarrollo humano, como del tecnológico.

Afortunadamente, de acuerdo con el personal técnico encargado de diseñar los procesos constructivos a seguir en el desarrollo de la construcción, los procesos ya no tendrán que diseñarse completamente; sino perfeccionarse de manera que se puedan llevar a cabo de forma acelerada.

Según lo esperado, la construcción de la cimentación de la construcción está llamada a ser una de las más profundas que se conocen (según algunas fuentes consultadas). La cimentación contará con pilotes circulares desplantados a 45 metros de profundidad, pilotes rectangulares, que se desplantarán a una profundidad oscilante entre 85 y 120 metros. La solución se complementa con una losa de cimentación de 7,500 m², de concreto reforzada de alta densidad y baja permeabilidad, concebida para contener los efectos corrosivos del agua salada del Mar Rojo.

Muchos de los que estuvieron siguiendo de cerca el proyecto desde un inicio, aseguran que el tipo de cimentación posible fue un factor primordial a la hora de determinar la altura final del edificio. Entonces se especuló acerca de que los planes para que la edificación llegara hasta una milla de altura (1.60 km), se abandonaron, luego de que con una serie de pruebas se encontrara que el suelo de la zona de apoyo no poseía la capacidad portante necesaria para desempeñarse adecuadamente; cuando sobre él se desplantara la edificación con las cargas de posible ocurrencia.

Sin lugar a dudas, uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta en la construcción de los niveles superiores de la obra será el proceso de bombeo del concreto, que en la torre "Burj Khalifa" llegó hasta los 606 metros de altura. Un convencido de ello es Jens Bawidamann, uno de los responsables por parte de Putzmeister, compañía que en su momento bombeó el concreto de la cimentación y de los entrepisos de esa edificación. **C**

REFERENCIAS:

Adaptado y traducido de: "Kingdom Tower: Can it be done?", publicado en ConstructionWeekOnline.com. Septiembre del 2011.
Datos adicionales, extraídos de: http://es.wikipedia.org/wiki/Kingdom_Tower, "Kingdom Tower" de vista Octubre, 2013.



ADICIONES

Influencia de las cenizas volantes en la durabilidad del concreto

LA DURABILIDAD del concreto está influenciada por la capacidad de transporte de los fluidos en su red porosa. En las últimas décadas se han realizado esfuerzos para mejorar la calidad y durabilidad de este material. El uso de cenizas volantes (CV) en el concreto está extendido por el ahorro económico que supone y los cambios microestructurales motivados por la adición, aunque existe consenso en que las CV reducen el tamaño del poro; los cambios microestructurales y de composición en la durabilidad del material no están completamente claros.

La variedad de composición química y de propiedades físicas de las CV hace difícil predecir de forma general la modificación de las características del concreto. Por esta razón, el Instituto Americano del Concreto (ACI por sus siglas en inglés) recomienda el análisis de las CV y la realización de ensayos de caracterización de los concretos elaborados con esta adición mineral.

Se presentan en este escrito los resultados de una investigación que estudia la influencia de las CV como sustituto parcial del cemento Portland en la durabilidad del concreto; considerando los límites de cantidad de ceniza admitidos por la normativa vigente. Para lograrlo, se realizaron ensayos de resistencia a la compresión y de porosimetría por intrusión de mercurio (MIP por sus siglas en inglés) en concretos adicionados con CV. Además, se estudió la resistencia de estos concretos adicionados a la penetración del CO_2 y al ión cloruro.

El concreto del estudio se elaboró con cemento con diferentes relaciones de C3S/C2S: el primero alcanza la clase resistente por finura de molido, y el segundo por su composición. Los agregados empleados fueron de naturaleza silíceo y de la misma procedencia; los gruesos procedían de un proceso de trituración, con un tamaño máximo de 20 mm y un módulo granu-

ométrico de 7.08. En el caso de los agregados finos se refiere que la arena tenía un módulo granulométrico de 2.86 y un equivalente de arena del 76%. Las CV empleadas resultaron de naturaleza silíceo y de bajo contenido en óxido de calcio.

La dosificación de los agregados se realizó mediante el método de Bolomey, y en general fueron empleados 350 kg de cemento por m^3 de concreto, con una relación agua/cemento (a/c) de 0.65.

Las probetas se confeccionaron en amasadas de 95 litros, obteniéndose de cada amasada 16 probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, y 6 probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura. El proceso de mezclado y curado siguió las recomendaciones que se especifican en la norma ASTM C 192.

En sentido general, los resultados presentados permiten asegurar que existe una mejora en el comportamiento a la compresión de concretos adicionados con cenizas volantes, como sustituto parcial del cemento Portland. Se concluye que las CV pueden contribuir a mejorar la resistencia a compresión a edades tan tempranas como los 28 días.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que las cenizas no modifican del mismo modo la carbonatación y la difusión de cloruros. La eficacia de la adición de ceniza frente a la penetración de carbonatos depende del contenido libre de portlandita; siendo más efectiva la adición cuanto mayor sea el contenido de portlandita libre. Asimismo, la penetración del ión cloruro se reduce por el uso de CV; en este caso, la eficacia de la ceniza frente al avance de cloruros está asociada a las reducciones de porosidad producidas por la adición.

El comportamiento de los concretos con cenizas volantes varía en función de las características físicas y químicas de los cementos empleados, a pesar de que éstos estén catalogados bajo la misma designación de cementos comunes. **C**

REFERENCIAS:

Molina Bas O. I., Moragues Terrades A., Gálvez Ruiz J. C., "La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento Portland en la durabilidad del hormigón: Propiedades físicas, difusión del ión cloruro y del dióxido de carbono", publicado en *Anales de Mecánica de la Fractura* 25, Vol. 2, 2008.



FISURACIÓN DEL CONCRETO

Fisuración por contracción térmica inicial (Parte I)

LA FISURACIÓN por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. La diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Tras el colado, la hidratación de los materiales cementicios en todo tipo de elementos de concreto genera calor por varios días. Este calor se disipa rápidamente en secciones delgadas y cuando no existe una gran diferencia de temperatura con el ambiente y generalmente no causa problemas. La contracción de la superficie exterior está restringida por la sección interior, que no se contrae tan rápidamente como la superficie, cuando existen gradientes considerables de temperatura. Esta restricción crea esfuerzos que de superar la resistencia a tensión del concreto a edades tempranas pueden fisurar la superficie del concreto, como resultado de esta diferencia de temperatura no controlada a través de toda la sección.

Generalmente, la fisuración por contracción térmica aparece a edades tempranas en los primeros días después del colado, cuando las reacciones de hidratación se desarrollan más rápidamente liberando calor de hidratación, y cuando el concreto es más débil para resistir muy bajos esfuerzos a tensión. Las fisuras aparecen entre un día y hasta dos a tres semanas después del colado, alcanzando su máxima abertura en estas últimas edades.

Los cambios volumétricos por sí mismos no crean esfuerzos, sino que la restricción de estos cambios es la que origina la incompatibilidad de deformaciones, e induce los esfuerzos que pueden fisurar al concreto.

La contracción térmica inicial puede originarse por restricción externa o por restricción interna. La externa es la que existe a lo largo del plano de separación de una superficie de concreto con cualquier otro material en contacto durante el colado; y puede estar dada por otras estructuras, por el terreno, o por la sub-base de apoyo. La interna aparece en la misma estructura por cambios de volumen no uniformes en una sección.

En función del origen de la restricción pueden aparecer inconvenientes en dos grandes tipos de estructuras: las de concreto masivo y las que tienen gran superficie expuesta.

En las estructuras de concreto masivo está dado por la baja conductividad térmica del concreto, por lo que el calor escapa muy lentamente e intenta hacerlo por su menor dimensión; siendo ésta la que controla a tales estructuras. En estos casos, es importante el elevado gradiente térmico que puede generarse y que aparece en las primeras horas durante la liberación de la mayor parte del calor de hidratación y dura hasta encontrar un equilibrio; ya sea con la temperatura ambiente, con el terreno, o con los elementos estructurales adyacentes. En este último caso, si los elementos masivos están vinculados a estructuras que provocan restricción cuando el concreto comienza a enfriarse, puede resultar en fisuración.

En el segundo tipo de estructuras, la superficie en contacto con el ambiente en pavimentos se expone a variaciones de temperatura bastante abruptas, comparadas con las pequeñas variaciones de la sub-base. Una importante diferencia de temperatura entre las caras superior e inferior puede resultar en fisuración; fundamentalmente el primer día después del colado, cuando el concreto es aún muy débil. Cuando la estructura se encuentre en servicio, es importante el adecuado diseño, ejecución y mantenimiento de juntas de expansión y contracción para prevenir la fisuración del concreto endurecido.

Las fisuras térmicas en concreto masivo aparecen como erráticas sin seguir ningún patrón en la superficie de los elementos; haciéndose notorias por lo general a los pocos días del colado o descimbrado de los elementos. Por su parte, estas fisuras en pavimentos son muy similares a las fisuras por contracción por secado. Estas generalmente ocurren perpendicularmente al eje más largo de la sección colada en el día; pero son visibles mucho más temprano que las fisuras de contracción por secado. En muchos casos el perfil de estas fisuras no atraviesa todo el espesor del pavimento.

En la segunda parte de este escrito se comentará acerca de cómo minimizar las fisuras térmicas, cómo prevenirlas, cómo y cuándo repararlas. **C**

REFERENCIAS:

Segeer M., "Los cuándo, por qué y cómo de las fisuras en el concreto endurecido: Fisuración por Contracción Térmica Inicial", publicado en Revista Hormigonar, No. 20, Abril 2010.