



Eduardo de J. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

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



ADICIONES (Parte II)

Adiciones al concreto y propiedades

CONTINUANDO CON el tema sobre la ganancia lenta de resistencia, debe señalarse que las adiciones trabajan de dos formas fundamentales. En primer lugar, hidratan al cemento Portland (caso de las escorias de alto horno) y en segundo lugar, actúan como "puzolanas" que proporcionan sílice a la mezcla y reaccionan con la cal hidratada (caso de cenizas volantes tipo F).

Las puzolanas necesitan mucho más tiempo que el cemento Portland para ganar resistencia; situación no deseada en la mayoría de las construcciones, donde se busca la resistencia inicial para lograr rápidos acabados y para el rápido retiro de cimbras.

Por otra parte, la reducción del contenido de agua en las mezclas por el uso de puzolanas, puede compensar la ganancia lenta de resistencia. Existen investigaciones de laboratorio en donde se han elaborado concretos con un alto porcentaje de sustitución del cemento por puzolanas, donde se reduce drásticamente el contenido en agua y en las que, añadiendo aditivos superplastificantes, se mantiene el revenimiento requerido. Sin embargo, estas mezclas no son habituales y pueden resultar costosas.

Existen evidencias de edificaciones para viviendas en las que usando mezclas fabricadas con una cantidad oscilante entre 15 y 25% de cenizas volantes o porcentajes algo mayores de escoria de alto horno, no se han manifestado niveles importantes de desaceleraciones en lo que respecta a la resistencia del material. También porcentajes más elevados pueden utilizarse en el caso de zapatas, en donde las altas resistencias iniciales no suelen ser importantes.

Sin embargo, los productores de piezas de concreto prefabricado deben mantener un control estricto de las mezclas, cuando se utilizan adiciones. Es común que estos elementos requieran de una alta resistencia inicial para una rápida reutilización de las cimbras; por lo que en la prefabricación con concreto, rara vez se emplean altos porcentajes de sustitutos de cemento.

Algunas cenizas volantes, en particular las del tipo F, contienen altos niveles de carbono que en

general, absorben los productos químicos contenidos en los aditivos inclusores de aire (utilizados para mejorar el desempeño del concreto en climas fríos) y de esta manera hacen que el contenido de aire en la mezcla sea imprevisible. Esta situación ha llevado a sustituir por escorias las cenizas volantes, dado que la escoria no contiene carbono; aunque también algunos proveedores de ceniza volante han comenzado a procesarlas para eliminar la mayor parte de este mineral.

Es común que en concretos con adiciones minerales sometidos a ciclos hielo-deshielo, se requieran mayores dosis de aditivos químicos inclusores de aire, debido a que las partículas más pequeñas de estas adiciones, pueden llenar las oquedades en el concreto, que de otro modo serían burbujas de aire.

En lo que respecta a la resistencia, se comenta que en general ésta mejora cuando se sustituye parte del cemento Portland por adiciones minerales. Las cenizas volantes tipo C y las escorias mejoran la resistencia del concreto, más que las cenizas volantes tipo F. En aplicaciones en donde la resistencia a la compresión es el parámetro de mayor importancia, como es el caso de los edificios de gran altura, el humo de sílice es el sustituto del cemento por excelencia. Con esta adición se pueden obtener niveles de resistencia a la compresión de 1000 MPa, o más.

Los concretos con ceniza volante tipo C son de color beige; mientras que con ceniza tipo F suelen ser de un color gris más oscuro. Los concretos con escorias de alto horno, tienen una tonalidad un tanto más clara, con una alta reflectividad. Durante el curado, éstos pueden mostrar un moteado azul-verdoso, que generalmente desaparecerá a los pocos días; desaparición que depende de la oxidación, por lo que este concreto no se recomienda para la construcción de albercas.

En resumen, con el uso de adiciones en el concreto como sustituto del cemento Portland, se puede incrementar la resistencia al intemperismo. En este caso el concreto se hace menos permeable ante la acción de cloruros, atenuándose así el fenómeno de la corrosión y también reduciéndose la reacción álcali-sílice y el efecto del ataque por sulfatos. **C**

REFERENCIAS:

Traducido y adaptado de: www.toolbase.org/Technology-Inventory/Whole-House-Systems/cement-substitutes



CONCRETO LUNAR

¿Posibilidades de concreto en la luna?

T **TRAS EL VIAJE** de octubre de 2009 a la superficie lunar que determinó la existencia de hielo, el concreto como material ideal para una posible base lunar vuelve a cobrar fuerza en las teorías de la NASA.

Desde tiempos inmemoriales el hombre ha pugnado por conocer los planetas y satélites que están más allá de la Tierra. El "gran paso de la humanidad" ha seguido siendo un desvelo, ya no de conocimiento sino de ansias de colonización lunar. Primero habrá sido tema de la ciencia ficción; pero hoy, con los avances de las investigaciones sobre el concreto como material de las bases lunares, está mucho más cerca de convertirse en una posibilidad real.

A decir del profesor T.D. Lin, de Lintex International, se está a pocos años de lograr un concreto hecho con materiales encontrados en la superficie de la luna. De hecho, con el descubrimiento de hielo en la Luna, hecho por la NASA en octubre de 2009, de nuevo se anticipa el concreto como el material ideal para una posible base lunar; porque además de proteger a sus ocupantes de las radiaciones, se podría fabricar con materiales locales. Las mezclas experimentales advierten que las resistencias en promedio rondarán los 69 MPa, luego de un curado de 24 horas a unos 82 °C.

Desde 1989 la NASA encargó al laboratorio CTL de los Estados Unidos una simulación de mezclas de concreto utilizando materiales encontrados en una de las misiones Apolo. En 1991 el Consejo Nacional de Ciencias de Taiwán fue galardonado por las pruebas de hidratación de cemento con agua, basado en la concepción teórica de que calor y presión realzarían la reacción de hidratación.

Si bien los materiales disponibles en la Luna, recogidos durante la misión y ensayados en este proyecto, eran químicamente similares a los terrestres; las proporciones sí se manifestaban con diferencias. Así surgieron pruebas que investigaron la propiedad física de un concreto elaborado con 40 gramos de suelo lunar.

Este tipo de concreto utiliza azufre líquido en lugar de agua como conglomerante, soporta presiones de 17 atmósferas y endurece en sólo una hora; aunque para fabricarlo habría que extraer el azufre del suelo lunar y posteriormente calentarlo a temperaturas superiores a 130 °C.

Otro concreto lunar es el propuesto por Peter Chen, del centro de vuelo espacial Goddard de la NASA. El material se obtiene mezclando polvo lunar con resina epoxi y nanotubos de carbono, y se podría utilizar puntualmente para estructuras con elevados requerimientos de resistencia; permitiendo ahorrar un 90% del transporte con respecto a un material importado íntegramente desde la Tierra. Pensando a futuro y a partir del descubrimiento de hielo en la superficie lunar, el objetivo de la NASA vuelve a estar claramente apuntado a 2025, cuando se espera poder construir bases en el satélite, explotando recursos in situ. Estas construcciones de concreto estarían dentro de las posibilidades lógicas.

Los estudios recientes del doctor Lin muestran que los materiales lunares son ricos en cristal amorphous, potencialmente cementiceo. Además, la energía solar ilimitada puede utilizarse para colar el concreto prefabricado y así montar habitaciones, carreteras y puestos de almacenaje, entre otras construcciones; sin los enormes costos que supondría llevarlas desde la tierra.

Por otra parte, se eliminarían las dificultades indeseables del transporte del material y su elevado precio (transportar un kilo de material hasta la Luna costaría entre 50 y 100 mil dólares). Sin duda, existe un interés cada vez más creciente por visitar el espacio; de ahí que la Autoridad de Puertos Espaciales de Nuevo México, en Estados Unidos, contrató a una firma constructora para adelantar trabajos como el desarrollar una pista de concreto de 35 cm de espesor, capaz de soportar las aeronaves que utilizarán las compañías en sus promocionados vuelos al espacio. **C**

REFERENCIAS:

Aguado S., "Hormigón para vivir en la Luna", publicado en *Revista Hormigonar*, Año 7, No. 20, abril 2010.



CARBONATACIÓN

Ensayos al concreto elaborado con ceniza volante

LA **CARBONATACIÓN** es una reacción química que ocurre entre la portlandita y el dióxido de carbono (CO_2). Cuando el CO_2 penetra en el concreto endurecido reacciona con la portlandita, presente de la hidratación del cemento, y en presencia de humedad se forma el carbonato de calcio (CaCO_3). Este fenómeno depende principalmente de la humedad relativa, la concentración de CO_2 , la presión de penetración y la temperatura ambiente a que se expone el concreto.

No existe gran consenso en la comunidad ingenieril acerca del efecto de la ceniza volante (CV) en el comportamiento del concreto frente a la carbonatación, de ahí que este aspecto resulta la principal motivación de la investigación que se divulga en este escrito. Ésta fue desarrollada en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad de Leeds en Inglaterra.

En el estudio se usó cemento Portland normal (NPC) y CV clase F, así como agregados finos y gruesos naturales triturados limpios de origen cuarsítico. En la arena se midió una absorción 0.1% y una densidad en condiciones saturadas de superficie seca (SSD) de 2.65 g/cm^3 . La grava exhibió un tamaño máximo nominal de 10 mm, con un 0.6% de absorción y una SSD de 2.63 g/cm^3 . También se utilizó aditivo superplastificante reductor de agua de alto rango comercial del tipo carboxílico.

Para estudiar en tiempo abreviado el fenómeno de la carbonatación en el concreto adicionado con CV, se realizó un ensayo de carbonatación acelerada utilizando un controlador medioambiental. Se realizaron cinco tipos de mezclas de concreto (M0, M1, M2, M3, M4). La primera (M0) sin adición y el resto, todas con adición de CV (con y sin superplastificante). La relación agua-cemento (a/c) varió en un rango desde 0.28 hasta 0.55.

La proporción de la mezcla de control (M0) fue de 1:1.5:3, a razón de NPC, arena, y arena

gruesa, respectivamente. La cantidad de NPC fue de 400 kg/m^3 y la a/c de 0.55. Las mezclas de concreto adicionadas con CV se elaboraron con niveles de reemplazo del NPC, de 50 y 70% en peso. En las mezclas M1 y M3 se usó aditivo superplastificante.

Se elaboraron especímenes cúbicos con dimensión 5 cm, en los que se aceleró el ensayo de carbonatación. La resistencia a la compresión del concreto estudiado fue medida utilizando especímenes cúbicos de 10 cm de lado. Las probetas fueron desmoldadas después de 24 horas en el laboratorio y se curaron algunas a 20°C con 65% de humedad relativa (HR), y otras a 20°C , con 100% de HR hasta el momento del ensayo. Igualmente se estudiaron otras propiedades del concreto como: abrasión, contracción por secado y evolución del calor.

De esta investigación se concluye que el concreto elaborado con CV con un 70% de reemplazo mostró un mayor nivel de carbonatación que aquel con reemplazo del 50% y NPC, para condiciones de curado húmedo y seco. Asimismo, el concreto elaborado con 50% de reemplazo mostró una carbonatación más baja o comparable a la del concreto con NPC para ambas condiciones de curado.

En otro orden, se demostró que la influencia del aditivo superplastificante en la profundidad de carbonatación resulta insignificante, así como que un período de curado inicial más largo propicia una carbonatación más baja; haciéndose más marcado el efecto con un curado húmedo. Por último, se puede concluir de este estudio que existe una fuerte relación estadística entre la resistencia a la compresión y la profundidad de carbonatación del concreto, así como también que puede obtenerse un concreto de alto desempeño elaborado con un reemplazo del 50% en peso de NPC por CV, en donde se registren bajos niveles de carbonatación. **C**

REFERENCIAS:

Cengiz Duran, Atiş, "Accelerated carbonation and testing of concrete made with fly ash", en *Construction and Building Materials*, 17 (2003), 147-152.



CONCRETO BIOLÓGICO (Parte I)

Fachadas vivas

EL GRUPO DE Tecnología de Estructuras de la Universidad Politécnica de Cataluña, encabezado por el investigador Antonio Aguado, ha desarrollado y patentado un nuevo concreto biológico para la construcción de fachadas vivas, en las que proliferen musgos y líquenes. Las ventajas de este material, desde el punto de vista medioambiental, estético y térmico, son varias: reduce las emisiones de CO₂ a la atmósfera, mejora la estética de las ciudades e incrementa la eficiencia térmica de las construcciones.

Este grupo ha desarrollado y patentado este tipo de concreto biológico, con capacidad para que crezcan en él organismos pigmentados, de manera natural y acelerada. El material, que está ideado para fachadas de edificios u otras construcciones en climas mediterráneos; ofrece además ventajas medioambientales, térmicas y ornamentales respecto a otras soluciones de construcción similares.

Los científicos crearon este nuevo tipo de concreto biológico a partir de dos materiales basados en cemento. El primero de ellos es el concreto convencional carbonatado (basado en cemento Portland), con el cual se obtiene un material con un pH en el entorno de 8. El segundo material está fabricado con un cemento de fosfato de magnesio (Magnesium-Phosphate Cement. MPC, por sus siglas en inglés), conglomerante hidráulico que no requiere ningún tratamiento para reducir el pH, puesto que éste es ligeramente ácido.

El MPC se había utilizado anteriormente como material de reparación por su propiedad de rápido fraguado. Además, también se ha empleado como biocemento en el ámbito de la medicina y la odontología, lo cual indica que no tiene un impacto medioambiental adicional. La innovación de este material es que se comporta como un soporte biológico natural para el crecimiento y desarrollo de determinados organismos biológicos; concretamente ciertas

familias de microalgas, hongos, líquenes y musgos. Una vez patentada la idea, el equipo investiga ahora la mejor manera para favorecer el crecimiento acelerado de este tipo de organismos en el concreto.

El objetivo de la investigación es conseguir acelerar el proceso natural de colonización, obteniendo un aspecto atractivo en no más de un año. La idea es también que las fachadas construidas con el nuevo material muestren una evolución temporal mediante cambios de coloración en función de la época del año, así como de las familias de organismos predominantes. En este tipo de construcción, se evita la aparición de otros tipos de vegetación para impedir que sus raíces echen a perder el elemento constructivo.

Para obtener el concreto biológico se han modificado, además del pH, otros parámetros que influyen en la bioreceptividad del material, como por ejemplo la porosidad y la rugosidad superficial. El resultado es un elemento multicapa; es decir, un panel que además de una capa estructural, consta de otras tres capas más. La primera es la capa de impermeabilización situada sobre la anterior, la cual sirve de protección contra el paso del agua hacia la capa estructural, para evitar que ésta pueda deteriorarse.

Por su parte, la capa biológica es aquella que permitirá la colonización y acumulación de agua en su interior y que actúa como microestructura interna, favoreciendo la retención y dirigiendo la expulsión de la humedad, ya que tiene capacidad para captar y almacenar el agua de la lluvia. Esta capa facilita además el desarrollo de los organismos biológicos. Finalmente, la última capa está basada en una capa de revestimiento, la cual será discontinua y funcionará de impermeabilización inversa. Esta capa permitirá, en general, la entrada del agua de la lluvia y evitará su pérdida; de modo tal que se redirigirá la salida del agua en donde interese obtener el crecimiento biológico. **C**

REFERENCIAS:

Adaptado de: "Un nuevo hormigón biológico permitirá construir edificios con fachadas vivas", en "Tendencias tecnológicas", en la *Revista Electrónica de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Cultura*, ISSN 2174-6850.

www.tendencias21.net/Un-nuevo-hormigon-biologico-permitira-construir-edificios-con-fachadas-vivas_a14477.html