

Materiales de reparación para pavimentos de concreto

Eduardo de J. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

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

Ingrid N. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Doctorado en Ciencias.

Su correo electrónico es: ingrid@fco.uo.edu.cu

Desde el punto de vista del material componente, los materiales utilizados para la reparación de estructuras de concreto se pueden dividir en dos tipos: aquellos materiales de reparación a base de cemento y los modificados con polímeros. Se presenta en este escrito una breve reseña de los elaborados a base de cemento (**Fig. 1**) y de su aplicación en la reparación de elementos de concreto, entre los que los pavimentos tienen un lugar importante.

Existen varios tipos de materiales cementantes que se emplean frecuentemente para reparar estructuras de concreto. Entre estos podría hablarse no solo del concreto a base de cemento Portland; sino también de otros concretos como los que se elaboran a base de yeso, fosfato de magnesio, o también con altos contenidos de alúmina.

El concreto elaborado a base de cemento Portland es el material de reparación más utilizado; también conocido como Concreto de Cemento Portland (CCP) y debiendo cumplir determinados requisitos. Por ejemplo: deben tener resistencias a la compresión mayores a 35 MPa (de acuerdo a lo que se establece en ASTM C 150; 25 MPa a 7 días), con una máxima relación agua-cemento (a/c) de 0.42, y un contenido total de aire ocluido de entre un 6 y 8 %.

Si la estructura de concreto reparada requiere su apertura para ser utilizada con relativa rapidez, como es el caso por lo general de los pavimentos de concreto, se requiere el empleo de materiales de fraguado rápido o de elevada resistencia inicial, en lo que comúnmente se usan los aditivos acelerantes.



Figura 1



Fuente: ATE IMCYC.

Figura 2



Fotografía del equipo empleado en la estimación del cambio de longitud de muestras de mortero o concreto de acuerdo a la norma ASTM C157.

Fuente: www.testmark.net/showitem-386.html.

Un cemento o mortero hidráulico de fraguado rápido debe cumplir con requisitos tales como el tiempo de fraguado inicial, que como mínimo deberá ser de 30 minutos (según lo establecido por ASTM C403 "Método de Prueba Estándar para el Tiempo de Fraguado de mezclas de concreto por Resistencia a la Penetración"). En este caso se requiere que la mezcla tenga la suficiente trabajabilidad para permitir la colocación y compactación antes del fraguado inicial. Otros requerimientos son la resistencia a la compresión mínima, la contracción y la durabilidad ante ciclos de hielo-deshielo.

Respecto a la resistencia mínima se especifica que se deben de alcanzar 8.25 MPa a la edad de dos horas. La expansión/contracción se deberá evaluar según ASTM C157 "Método de Prueba Estándar para Cambio de longitud en Concreto y Mortero de cemento hidráulico endurecido" (Fig. 2), así como la durabilidad ante los ciclos hielo -deshielo de acuerdo con ASTM C666 "Método de Prueba Estándar para la Resistencia del Concreto a ciclos rápidos de hielo y deshielo". Otros requerimientos a tener en cuenta son: el uso de productos sin cloruros y la utilización del cemento antes de que expire su vida útil especificada.

En muchas ocasiones se tiende a reducir el período de reparación debido a que los procesos se llevan a cabo en construcciones en operación; por lo que se hace muy demandado el empleo de materiales de reparación con los que puedan obtenerse elevadas resistencias iniciales para diversas aplicaciones; en este caso suelen ser muy utilizados los aditivos superplastificantes.

El caso de la reparación de pavimentos de concreto, no es la excepción. Además de los productos elaborados a base de epóxicos, metacrilatos (metil metacrilato), microsilica, cementos de fosfato de magnesio, y cemento base yeso; los concretos de cemento Portland pueden ser una solución eficaz para la reparación de estas estructuras; mayormente cuando se requiere de la sustitución total del pavimento o de parte de este.

En general el concreto elaborado con cemento Portland, a edad temprana, puede desarrollar niveles de resistencia a la compresión mayor a los 20 MPa a 3 días, en cuyo caso se pueden usar aditivos químicos acelerantes para la mejora de esta propiedad.

Existen tres grupos de acelerantes: los altamente alcalinos, el vidrio de aluminato de calcio finamente molido, y algunos aniones específicos (haluro, nitrato,



Figura 3

Fotografía del pavimento del aeropuerto Heathrow en Londres, Inglaterra.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Aeropuerto_de_Londres-Heathrow#mediaviewer/Archivo:Heathrow_LON_04_07_77.JPG.

Figura 4



Fotografía del pavimento del aeropuerto Charles de Gaulle en París, Francia.



Fuente: <http://airspot.ru/articles/samie-bolshie-aeroporti-v-mire-2011>

nitrito, formiato, etc.). Los acelerantes altamente alcalinos actúan aumentando el pH de la fase líquida, acelerando así la hidratación del aluminato tricálcico (C_3A). Si se usan silicatos alcalinos, el SiO_2 soluble está inmediatamente disponible para reaccionar con el hidróxido de calcio para formar cantidades adicionales de la fase de CSH.

Por otra parte, si el vidrio de aluminato de calcio finamente molido se mezcla en el cemento Portland, se genera una reacción con el sulfato de calcio presente en el cemento y se forma etringita, trayendo esto como consecuencia la aceleración del proceso inicial de fraguado; aunque también se reduce la resistencia a la compresión a corto plazo. También algunos aniones aceleran el proceso de hidratación del silicato tricálcico (C_3S), lo que contribuye al desarrollo de resistencia a edad temprana, al acortarse el tiempo de fraguado; aunque menos eficazmente que con el uso de aditivos, que por lo general tienden a aumentar el pH de la fase líquida.

De hecho, una investigación patrocinada por el Departamento de Transporte del estado de Oklahoma y por la Administración Federal de Carreteras (ODT y FHWA, por sus siglas en inglés) demostró la posibilidad de producir concretos con buen acabado y trabajabilidad, para su posible uso en la reparación de pavimentos. Con este estudio, los concretos para la reparación de pavimentos, mostraron niveles de resistencia a la compresión mayores a los 30 MPa a tan solo 6 horas, con el empleo de cemento Portland (tipo III según ASTM), así como con aditivos químicos acelerantes, reductores de agua de alto rango e incorporadores de aire; en donde también el calor de hidratación en las primeras edades y las características de la contracción por secado pudieron ser optimizados.

Otros cementicios utilizados en la reparación de pavimentos son los elaborados con cemento de aluminato (o de alta alúmina) y de sulfoaluminato de calcio, y con cemento de fosfato de magnesio. Con el cemento de alta alúmina, cuyo principal constituyente es el aluminato monocálcico, se tiene una más rápida ganancia de resistencia que con el cemento Portland tradicional. Este material debe ser utilizado con relaciones agua-material cementicio menores a 0.40, a fin de atenuar los problemas asociados a la estabilidad intrínseca de la mezcla. Existen reportes del uso de este material en la reparación de los pavimentos de los aeropuertos de Heathrow en Londres (**Fig. 3**), de Glasgow en Escocia, del Charles de Gaulle en París (**Fig. 4**), y de Stuttgart en Alemania.

El cemento de sulfoaluminato de calcio, cuyo principal componente es el sulfoaluminato de calcio anhidro, es un compuesto muy reactivo que combinado con el sulfato de calcio, forma etringita; con lo que se garantiza un fraguado rápido y una elevada resistencia a temprana edad. Alternativamente, con la presencia de cal libre, la formación de etringita será más lenta pero más expansiva; lo que constituye la base para la obtención de los cementos expansivos o de contracción compensada. Estos concretos, además de ganar resistencia con relativa rapidez, manifiestan una buena adherencia y una muy escasa contracción luego de la colocación. Son utilizados como concreto refractario; sin embargo, pueden perder resistencia con el tiempo, debido a las propias reacciones químicas que tienen lugar.

En el cemento de fosfato de magnesio, compuesto por óxido de magnesio y de un fosfato ácido soluble en agua, la velocidad inicial de la reacción a temperatura ambiente es bastante rápida y está asociada a la liberación de calor. Un mortero elaborado con este cemento puede llegar a tener más de 50 MPa, y con él se puede llegar a tener una excelente unión a sustratos de concreto ya existentes; de ahí que su uso se justifica mucho para la reparación de estructuras de concreto, en donde la

preparación de los sustratos resulta trascendental. Este material puede ser utilizado para reparaciones de superficies impermeables, en donde se requiere que el producto se adhiera a superficies limpias y secas.

Diversos estudios han sido desarrollados en torno a los materiales de reparación rápida en concreto a base de fosfatos. Estos materiales suelen elaborarse a partir de la mezcla de óxido de magnesio y polvo de fosfato diácido de amonio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) con bórax.

Algunas investigaciones han evaluado la composición química de referencia, así como las propiedades mecánicas del material de reparación resultante; encontrándose que se trata de un material con una buena adherencia y compatibilidad con el concreto, así como también una baja contracción y una aceptable resistencia a ciclos de congelamiento y deshielo.

Sin embargo, también han demostrado que se trata de materiales extremadamente sensibles a la humedad; en donde pequeños contenidos de agua en la mezcla, disminuyen la resistencia considerablemente. En general, este material de reparación no puede utilizarse con agregados de piedra caliza; ya que al ser un material neutral o ácido débil, no puede proteger al acero de refuerzo de la corrosión. Por otra parte, este tipo de material contiene un alto nivel de iones Na^+ , que pueden causar reacciones indeseadas álcali - sílice en el concreto.

Por su parte, los materiales de reparación a base de yeso (sulfato de calcio) ganan resistencia rápidamente; pudiendo ser utilizados en condiciones en las que la temperatura ambiente está cerca del punto de congelación. Sin embargo, con el concreto de yeso no suele ocurrir lo mismo cuando este se expone a la humedad o al clima húmedo; además de que la presencia de sulfatos libres en la mezcla típica de yeso puede promover la corrosión del acero en estructuras de concreto armado.

En general, si se requiere reparar superficies expuestas a la acción de sales o ciclos de congelación y deshielo, es conveniente un adecuado contenido de aire en el mortero o en el concreto de reparación; para ayudar a que el concreto sea capaz de resistir los requerimientos cíclicos derivados de los fenómenos alternados de congelación y deshielo. En general el congelamiento del agua produce un aumento del volumen del concreto del orden del 10%, que provoca esfuerzos de tensión en la masa de concreto (o de mortero). En estos casos la inclusión de aire en forma de microburbujas uniformemente espaciadas, ayudan a que en estas condiciones, mientras se forman los primeros cristales de hielo (con el consiguiente aumento de volumen) se produzca un proceso de empuje del agua líquida hacia las microburbujas adyacentes; provocando una benéfica reducción de las tensiones internas.

En otro orden, se ha demostrado por muchos investigadores que pueden lograrse Concretos de Temprana Resistencia (CTR), mediante el uso de materiales convencionales; con tradicionales diseños de mezcla, así como con prácticas normales de colocación y curado. Por ejemplo, se conoce de la existencia de concretos de cemento Portland que logran adquirir a 6 horas casi 40 MPa con una relación a/c de 0.40, o de otros concretos que logran adquirir más de 20 MPa a tan solo 4 horas utilizando PVC (Pyrament Blended Cement), con una relación máxima a/c de 0.29.

Los productos cementicios de reparación son aplicados mediante colado general o en capas de espesores limitados. En capas de espesores limitados, puede presentarse el inconveniente de la adherencia de la mezcla de reparación con el sustrato de concreto original; de ahí que se requiera la adecuada preparación de este, así como la aplicación de puentes de adherencia de aceptable y comprobada calidad. **C**

REFERENCIAS:

- Li Z., Leung Ch., y Zi Y. (2009), "Structural Renovation in Concrete". Spon Spress, First Published 2009 by Taylor & Francis, Abingdon, Reino Unido.
- Cement, Concrete & Aggregates Australia (2009), "Concrete Pavement Maintenance/Repair", www.ccaa.com.au.