

PAVIMENTOS

## Pavimentos de concreto

2ª parte.

EN EL NÚMERO anterior se hizo mención de la preparación de la sub-base en este tipo de pavimentos; hoy hablaremos de cómo debe asegurarse el uso de un concreto de calidad ya que el concreto para los pavimentos debe ser diseñado para alcanzar una resistencia a compresión de 280 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días. Sin embargo, una característica aún más importante del concreto de calidad es la durabilidad. También debe soportar de todo a través del tiempo; todo tipo de tráfico, clima húmedo y seco así como ciclos de congelación y deshielo. Los factores que contribuyen a la durabilidad incluyen: los agregados de calidad, una mezcla bien graduada (para una baja permeabilidad), una resistencia adecuada así como el aire incluido apropiado (bien disperso y típicamente de alrededor del 6%).

La inclusión de aire protege el concreto cuando ocurre congelación. Estas diminutas burbujas en la mezcla de concreto sirven como válvulas de aire cuando tiene lugar la congelación. La inclusión de aire en áreas donde no hay congelación también hace al concreto más trabajable. “El aire incluido actúa como si se trataran de pequeños cojinetes cuando el concreto está siendo trabajado en fresco, antes de que endurezca. El concreto naturalmente contendrá burbujas de aire, pero si se controla, puede hacer el trabajo más fácil, así como también, puede contrarrestar los problemas de congelación y deshielo.

Es importante recordar que el concreto contiene agua en toda su vida. Las burbujas de aire incluidas, por sí mismas no se llenan de agua. El agua está en otra parte en la microestructura de concreto. Durante la congelación, las burbujas de aire son un gran amortiguador ya que el hielo tiene un 9% más de volumen que el agua. Cuando el agua se expande, las burbujas de aire sirven como ‘válvulas de presión’ en miniatura en el concreto. Si no están presentes, el concreto fácilmente se romperá.

El revenimiento mide la trabajabilidad y la fluidez del concreto. Una buena mezcla de pavimento trabajable para construcción de cimbras fijas tendrá un revenimiento de 10 a

12.5 cm. Si el revenimiento de una dosificación de concreto es demasiado bajo, el agregar agua no será una solución. El problema que tienen algunos ingenieros, supervisores, o propietarios es que piensan que las mezclas con un revenimiento realmente alto se lograron con agua extra que fue agregada, pero ese no es necesariamente el caso. No hay porque agregar agua pues se pueden agregar aditivos químicos para hacer que la mezcla sea más trabajable sin afectar la resistencia del concreto o sin causar todos los aspectos negativos resultantes de agregar agua.

Si el revenimiento es demasiado bajo y la mezcla muy rígida, se aconseja agregar un aditivo reductor de agua que incrementará el revenimiento sin usar agua. El agregar agua incrementaría la relación de agua-cemento, que deberá ser de 0.45 o más baja. Esta cifra es un buen objetivo a alcanzar. Cabe decir que las relaciones más altas de agua-cemento reducen la durabilidad del concreto. ☉

Referencia: *Concrete Construction*, diciembre 2005.



## Avances en los aditivos

PREMEZCLADOS

LOS ADITIVOS son conocidos desde tiempos antiguos; por ejemplo, los griegos y los romanos usaban puzolanas mezcladas con cal para producir cemento hidráulico. Los romanos agregaron algo de imaginación a la mezcla al descubrir que sustancias como la sangre, la leche, y la grasa, mejoraban la trabajabilidad al incluir aire. En Abril de 1976 la revista *Concrete Construction* lamentaba que “la aceptación general de los aditivos ha sido lenta, en parte debido a que muchos son productos de desecho y algunos fueron introducidos sin la purificación o control apropiados”. La renuencia, sin embargo, no disuadió el espíritu innovador de la industria. Durante el último medio siglo, la mencionada revista ha reportado acerca de muchos desarrollos de aditivos.

**Octubre de 1959: Inclusión de aire.** “De todos los productos que se han puesto en el mercado en las últimas décadas, hay uno que



ha sobresalido preponderantemente sobre los otros por su eficacia. Es, por supuesto, el agente inductor de aire.” Tres décadas más tarde vio el amanecer de una burbuja mejor”.

**Abril de 1988.** Se reportó que un nuevo agente inductor de aire, —la cocamida modificada— evita los problemas encontrados en los productos tradicionales de resina vinsol, tales como la resistencia disminuida del concreto y las fluctuaciones en el contenido de aire. El nuevo aditivo mejora el sistema de huecos de aire produciendo burbujas con paredes más gruesas.

**Febrero de 1972: Bombeo.** Gracias a la introducción de productos químicos para bombeo, el bombeo del concreto se ha vuelto económicamente atractivo. Ahora, el concreto puede ser bombeado más lejos, más rápido y más alto, en los días más cálidos y más fríos. De hecho, “Los aditivos para concreto han logrado tal éxito en años recientes que algunos productores de concreto premezclado ahora garantizan la bombeabilidad de sus productos”.

**Diciembre de 1987: Agente formador de espuma.** Se descubre que la espuma premoldeada —comúnmente usada para hacer concreto celular de peso ligero— mejora también las propiedades del concreto convencional. El agente formador de espuma mejora la trabajabilidad y corrige los problemas causados por la pobre granulometría de la arena.

**Agosto de 1992: Aditivos pre-empaquetados.** Los ingenieros aprueban el uso de nuevos aditivos secos en polvo y empaquetados para su adición en el sitio de la obra. Los aditivos vienen en dosis predeterminadas en bolsas solubles en agua que se colocan en la tolva de un camión de premezclado y se disuelve en el concreto fresco.

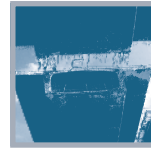
**Agosto de 1993: Sistemas de control extendido del fraguado.** Los aditivos químicos introducidos hace algunos años pueden extender el tiempo de fraguado del concreto por horas o inclusive días.

**Julio de 1995: Reductores de agua de rango mediano.** Una nueva clase de aditivos reductores de agua que reducen la relación de agua-cemento elevan la hidratación y mejoran la resistencia del concreto, el revenimiento y la trabajabilidad. Estos productos también proveen tiempos de fraguado

más predecibles y aceleran el bombeo y la colocación.

**Julio de 1996: Control de la contracción.** Aparece un aditivo líquido diseñado para reducir la contracción de los materiales debido al secado. Se dice que fue el primero de su clase en alterar químicamente el mecanismo básico de contracción sin agregar materiales expansivos al concreto; el aditivo, según se informa, reduce la contracción del concreto a 28 días en 50% a 80%, con reducciones en la contracción última del 25% al 50%. 🌐

Fuente: *Concrete Construction*, noviembre de 2006.



PREFABRICADOS

## Sistema Coolwall

2ª parte.

**EN TORNO AL TEMA** de este interesante sistema de muro fresco, cabe decir que investigaciones recientes, como la hecha por la Universidad de Glamorgan, han descubierto que el incrementar el aislamiento puede dar como resultado un incremento en los costos de combustibles y emisiones debido a sobrecalentamiento de un espacio interno. El efecto práctico de estos resultados respecto a la nueva construcción es el de alentar a los arquitectos e ingenieros ambientales a enfocar sus propósitos en algo distinto. Una vez que se logren los niveles de aislamiento requeridos por las reglamentaciones de construcción estándar de 2002, Parte L, se podrán buscar otros métodos para reducir las emisiones y los costos de los combustibles.

Brian Spires —ingeniero y jefe del grupo de sustentabilidad del despacho HLM desarrollador de Coolwall— ha comandado la investigación en un intento por dividir el espacio construido y dominar la necesidad de reducir significativamente las cargas de calor, proveyendo un muro divisorio flexible de propósitos múltiples de rápida instalación. Para valorar la capacidad y desempeño potencial de CoolWall, se han emprendido estudios iniciales de simulación térmica dinámica usando una herramienta por computadora desarrollada por la Universidad de Strathclyde.



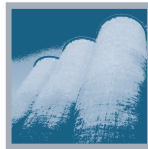
Los estudios han producido importante información sobre el desempeño espacial, térmico, de enfriamiento y acústico que ha probado la viabilidad de los sistemas.

CoolWall tiene entre 21% y 40% más masa térmica que una losa de concreto de núcleo hueco y la admitancia —es decir, la capacidad de una construcción de intercambiar calor con el medio ambiente para una habitación particular— fue de 40-51% más grande. Esto muestra que el invento de Spires tiene el potencial de manejar cargas térmicas más grandes que un sistema a base de cielo raso para cualquier tasa dada de intercambio de aire, un alto grado de confort, transferencia de calor por radiación y convección, con la ventaja adicional de proporcionar almacenamiento interno.

### Conclusión

El énfasis se ha dado en los cálculos de energía, que son el resultado más importante en el deseo de reducir significativamente las cargas de calor y el consumo anual de energía. Tales cálculos se convertirán en una especificación importante y en un requisito para la construcción amigable con el medio ambiente que los ingenieros seguramente apreciarán y favorecerán. Cabe subrayar que CoolWall está aún en desarrollo. ☺

Referencia: *Concrete Engeneering International*, verano de 2006.



TUBOS

## Requisitos en el diseño de tubos de concreto reforzado

2ª parte

EN EL NÚMERO anterior hablamos de las características de este tipo de tubos y de su criterio de diseño, hoy mencionaremos algunas situaciones que se dan en torno a este producto. Cabe decir que el tubo de concreto reforzado está diseñado para agrietarse. El agrietamiento bajo carga indica que los esfuerzos de tensión han sido transferidos al acero de refuerzo. Una grieta de 0.25 mm de ancho en un tubo no indica trastorno estruc-

tural; un tubo así se comportará exitosamente en la condición instalada.

Una excepción a lo anterior ocurre cuando el tubo es fabricado con un recubrimiento mayor que 25 mm sobre el acero de refuerzo. En estos casos, el ancho de grieta aceptable debe ser incrementado en proporción al recubrimiento de concreto adicional.

### Capacidad para soportar carga

La resistencia de un tubo de concreto reforzado se establece en términos de carga D, que es la carga en kg/m por metro lineal del diámetro interno. Los requisitos de pruebas de resistencia según el método TEB están clasificados de acuerdo con la carga D que produce una grieta de 0.25 mm y la carga D que produce la carga última.

Cuando un tubo de concreto está sometido a carga externa, los esfuerzos resistentes inducidos en la pared del tubo son de tensión por flexión, axial y diagonal. Se desarrollan esfuerzos de tensión en la pared interior, en la corona y en la plantilla, y sobre el exterior de la línea de curvatura. Concurrentemente, se desarrollan esfuerzos de compresión, en las paredes opuestas a los esfuerzos de tensión. El refuerzo de un tubo de concreto básicamente consiste en la colocación de refuerzo de acero en aquellas zonas de la pared del tubo en donde existen esfuerzos de tensión. No se requiere refuerzo en la pared del tubo en donde existen esfuerzos de compresión; sin embargo, se usa en varios métodos de refuerzo para facilitar la colocación. Cabe decir que los estribos que son colocados radialmente dentro de la pared del tubo en la corona y en las zonas de plantilla resisten el esfuerzo cortante diagonal inherente y los esfuerzos de tensión radiales producidos por la carga externa del tubo.

### Diseño indirecto

También conocido como el concepto de Carga D/Carga de Servicio, el tubo es diseñado para una carga de prueba concentrada que es determinada por la relación del momento calculado en el campo al momento de prueba (TEB) para la misma carga. Esta relación se conoce como un factor de lecho (*bedding*). Para realizarla, divida el momento de flexión obtenido en una prueba TEB entre el momento

de flexión controlador en el campo para obtener el factor de lecho. Sin embargo, muchos tubos —particularmente aquellos con diámetros grandes y clases de resistencia alta, tales como los de Clase IV y V— tienen su resistencia regida por cortante en las pruebas TEB, mientras que su resistencia en el campo puede ser regida por el esfuerzo cortante y por la flexión.

El método de diseño indirecto para tubos de concreto es similar al método común de esfuerzo de trabajo en el diseño de acero que utiliza un factor de seguridad entre el esfuerzo de fluencia y el esfuerzo de trabajo deseado.

En el método de diseño indirecto, el factor de seguridad se define como la relación entre la resistencia última de la carga D y la carga D que produce una grieta de 0.25 mm. La carga D de una grieta de 0.25 mm es la carga máxima de prueba TEB soportada por un tubo de concreto antes de que ocurra una grieta que tenga un ancho de 0.25 mm, medido a intervalos cerrados, en todo un tramo de al menos 300 mm. La carga D de la resistencia última es la carga máxima de prueba TEB soportada por un tubo. 🌐

Referencia: *Concrete Engineering International*, verano de 2006.



## Mortero refractario

2ª parte

MORTEROS

**EL MORTERO REFRACTARIO** de fraguado hidráulico es la mejor elección existente. Puede ser usado para colocar los ladrillos refractarios, para revocar o enlucir el acceso a la chimenea y el cuarto para fumar y para poner revestimientos de conductos de humo. Tiene la trabajabilidad del mortero hecho con cemento Portland ordinario y puede ser de casi cualquier tono usando el color del mortero ordinario.

Este tipo es el único que debe usarse para colocar revestimientos de conductos de humo de arcilla. Una vez que ha curado, el mortero de fraguado hidráulico se vuelve insoluble al agua y resistente a ácidos. El mortero premezclado se disuelve en agua, inclusive después de que ha secado y podría deslavarse si el conducto se vuelve húmedo. Puesto que el mortero refractario hidráulico es resistente al

ácido y soluble al agua, es el único producto para cualquier conducto que desfogue el humo de un aparato que trabaje con gas o aceite. Cabe decir que el mortero de fraguado hidráulico se embarca y almacena más fácilmente que el premezclado. Viene seco en cubetas o sacos y no está sujeto a separación, endurecimiento o congelación antes de que sea usado. Asimismo, el mortero hidráulico trabaja mejor en climas húmedos en donde el producto premezclado requiere de largo tiempo para secarse; a veces conduce a eflorescencia.

### Premezclado

El mortero refractario premezclado está hecho con silicato de sodio como aglomerante, el cual no se deteriora con el calor. Puesto que el mortero refractario premezclado no es del tipo de fraguado hidráulico (más bien se seca y cura por reacción química como el mortero ordinario) el albañil puede hacer juntas muy delgadas y no tiene que empapar previamente el ladrillo refractario.

Con un ladrillo refractario seco y una junta de 1/16 a 1/8 pulgada (1.5 a 3 mm), la caja de fuego (hogares) puede ser hecha rápidamente. Diez segundos después de colocar un ladrillo, se requiere de cierto esfuerzo para dislocarlo. El secado rápido del mortero no compromete su resistencia como lo haría un mortero hidráulicamente fraguado.

“Yo construí mis primeras paredes posteriores de mi chimenea derechas —dijo un especialista— pero el mortero refractario premezclado hace que construir una caja de fuego inclusive con curvas o con paredes inclinadas sea algo muy fácil, ya que no tiene que cimbrarlo o esperar a que fragüe el mortero”. El mortero refractario premezclado ensucia fácilmente, pero es soluble en agua de modo que se limpia rápidamente.

“Yo embadurno una delgada capa del mortero refractario en el ladrillo refractario que voy a colocar,” dijo un especialista en este tipo de trabajo. “Uso una pequeña llana con borde en escuadra porque se acomoda mejor a la cubeta de mortero que una llana con punta para ladrillos. El ladrillo refractario se coloca con una junta mínima de 1/16 pulgadas (1.5 mm); el mortero en exceso se raspa con la llana”. 🌐

Referencia: *Masonry Construction*, octubre 2006.