

PISOS DE CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO

Heidi Helmink y James E. Schibley

Los métodos de acabado correctos son una clave importante para producir un piso de alta calidad



Concreto reforzado con fibras de acero (SFRC: steel fiber-reinforced concrete) contiene fibras cortas discretas que están uniformemente distribuidas y orientadas al azar en todo el concreto para mejorar sus propiedades estructurales. Las fibras de acero típicamente se usan en losas sobre terreno para incrementar la resistencia a impactos, la resistencia a flexión, a fatiga y al agrietamiento, absorción de energía y rigidez. A tasas de dosificación típicas, los procedimientos de construcción para losas sobre terreno no difieren grandemente de los usados en el concreto convencional. Pero hay algunos puntos clave en la construcción de las losas de concreto reforzado con fibras que deben tenerse en cuenta para hacer que el proyecto transcurra sin dificultades.

SELECCIÓN DE LA MEZCLA CORRECTA DE CONCRETO

Por la experiencia, puede usarse concreto que contiene agregado grueso con un tamaño nominal máximo de hasta 1-1/2 de pulgada (38 mm), pero los agregados más grandes generalmente dan como resultado que haya más fibras en la superficie de la losa. Las proporciones de la mezcla deben proveer la pasta suficiente para recubrir con una capa tanto los agregados como las fibras de acero. Las especificaciones comúnmente exigen de 4 a 7 pulg (10 a 17.5 cm) de revenimiento después de

que se han agregado las fibras, y esto puede requerir un revenimiento de 1 a 3 pulgadas (2.5 a 7.6 cm) más grande, antes de agregar las fibras, que el revenimiento final deseado, dependiendo del tipo de fibra y la dosificación. Si se requiere ajustar el revenimiento, debe usarse un aditivo reductor de agua común o un aditivo reductor de agua de alto rango para mantener la relación de agua/material cementante especificada. Para determinar de qué manera las proporciones de la mezcla de concreto propuestas interactuarán con las fibras de acero, algunos proveedores de fibras evalúan la mezcla con un programa patentado basado en los documentos de la industria tales como la "Guía para la Especificación, Proporcionamiento y Producción de Concreto Reforzado con Fibras (ACI 544.3R-08)."¹

METODOS DE MEZCLADO

Las fibras deben ser distribuidas uniformemente para impartir el refuerzo deseado al concreto endurecido, de modo que se requiere de mucho cuidado durante el mezclado para asegurar que no se formen paquetes de fibras. La formación de paquetes típicamente comienza cuando las fibras se agregan al concreto, pero puede evitarse usando fibras ensambladas (fajas de fibras que se conservan unidas con pegamento, como los paquetes de grapas para engrapadora de escritorio) o controlando la tasa de adición de las fibras.

Las fibras de acero de alto desempeño típicamente tienen relaciones de aspecto (longitud/diámetro) mayores que 60, y por lo tanto, tienden a interactuar y a juntarse (formar manojos) en la mezcladora. Para aliviar este problema, se acomodan las fibras de alto desempeño en paquetes. Los paquetes de fibras ensambladas tienen relaciones de aspecto bajos con respecto a las de las fibras individuales, de modo que los paquetes se dispersan bien dentro de la mezcla. A medida que continúa la acción de la mezcladora, las fibras individuales rompen el paquete y se dispersan en toda la mezcla. Una vez que las fibras han sido apropiadamente dispersadas, generalmente permanecen dispersas.

Beckauer sugiere agregar fibras ensambladas o pegadas a una mezcladora de camión después de que esté operando a las velocidades de carga normal (12 a 18 RPM). Se requiere de esta velocidad de carga para alejar las fibras cuando entran a la mezcladora. Después de haber agregado todas las fibras, ponga la mezcladora a su máxima velocidad de mezclado y continúe mezclando a 70 revoluciones – aproximadamente de 4 a 5 minutos – hasta que la combinación de concreto y fibras

sea homogénea. Otros fabricantes de fibras de acero pueden recomendar procedimientos diferentes. Los fabricantes de fibras con una baja relación de aspecto, por ejemplo, pueden recomendar cargar las fibras en la mezcladora de camión previamente a los otros ingredientes. Solicite siempre instrucciones por escrito.

En un arreglo de una planta de mezclado, las fibras pueden ser agregadas de muchas maneras, a condición de que las fibras no sean el primer componente, incluyendo:

- Añadir las a los agregados en la banda de transmisión y mezclar de una manera normal. Las fibras no deben apilarse o formar un manajo cuando estén en camino a la mezcladora;
- Añadir las a la mezcladora después de que son introducidos los agregados;
- Añadir las a la tolva de pesado del agregado después de que los agregados han sido pesados.

Usualmente este arreglo es más efectivo con una banda transportadora, debido a que las fibras y los agregados fluyen juntos a la mezcladora. Beckauer recomienda unos listones que alimenten las fibras y la mezcladora en una transportadora de banda (Fig. 1).



Fig. 1: El Dramix Booster es un aparato de transporte y dosificación completamente automático para las fibras de acero



Fig. 2: Una cuadrilla utiliza una bomba y una enrasadora láser para colocar una losa de concreto reforzado con fibras. A diferencia del concreto sin fibras de acero, con frecuencia ocurren bloqueos en las líneas de bombeo debido a que el concreto está demasiado húmedo, en vez de estar demasiado seco.

COLOCACION Y ACABADO

Concreto reforzado con fibras de acero puede ser colocado y acabado con un equipo estándar. Si el concreto será bombeado (Fig. 2), las mezclas demasiado húmedas —con revenimientos mayores a 7 pulgadas (17.5 cm) - con mucha probabilidad darán como resultado bloqueos en las líneas causados por presiones de la bomba que comprimen la pasta y el mortero hacia delante de las fibras y del agregado más grueso. El mejor remedio para las obstrucciones de concreto reforzado con fibras

de acero consiste en reducir el revenimiento o la humedad de la mezcla, de modo que no se pueda formar un tapete de fibras y de agregado grueso en la línea.

La gravedad específica de las fibras de acero es mayor que la del agregado grueso, de modo que las fibras tenderán naturalmente a quedar por debajo de la superficie superior, pero todavía es necesaria la vibración de la superficie después de la colocación. Las enrasadoras vibratorias láser son efectivas para compactar el concreto sin empujar

las fibras demasiado por debajo de la superficie, pero los ajustes óptimos deben ser coordinados con el proveedor de la enrasadora. También pueden usarse enrasadoras vibratorias manuales que descansan en plantillas o maestras húmedas (escantillones húmedos de concreto, enrasados al nivel requerido del acabado del piso).

Una vez que el concreto se coloca y se enrasa al nivel deseado, utilice una barra de verificación (también conocida como una regla recta modificada), como la que se muestra en la Fig. 3, con la cabeza en una posición plana para verificar transversalmente el piso, perpendicularmente a la dirección de la enrasadora láser o a la de la enrasadora vibratoria manual. Esto se hace no solamente para verificar los puntos altos y bajos, sino para cerrar cualquier rotura o área abierta que pudieran haberse desarrollado durante el enrasado. También ayuda a mantener las fibras de modo que no se salgan fuera de la superficie del concreto. Evite usar llanas de mango largo de madera u otras herramientas de acabado de madera. Ellas tienden a romper la su-

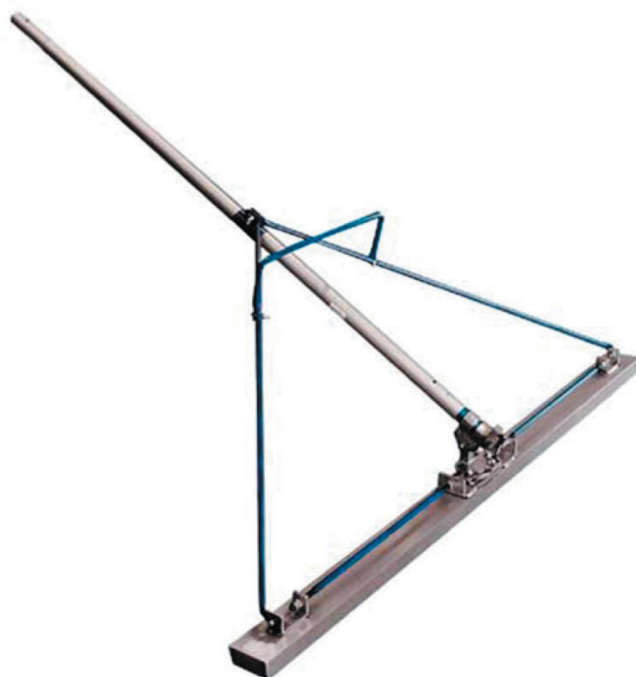


Fig. 3: Se usan barras de verificación (reglas rectas modificadas) por los acabadores para reducir las áreas salientes y rellenar los puntos bajos cuando el concreto está todavía plástico. Se les pueden adaptar varias herramientas que se ajustan en grados variables. (Foto cortesía de Wagman Metal Products)

perficie de concreto reforzado con fibras de acero, mientras que las herramientas de magnesio desarrollarán una superficie más lisa.

Las fibras de acero no tienden a afectar la tasa de evaporación del agua de sangrado. Cuando ha desaparecido el agua de sangrado y un trabajador puede caminar sobre el piso, dejando apenas una depresión perceptible de sus pisadas, empiece a aplanar con una llana viajera equipada con hojas alisadoras. Una máquina que se maneja caminando por detrás con una hoja de alisado de 90 cm de diámetro es efectiva en áreas que están demasiado restringidas para las enrasadoras viajeras. Al igual que con la colocación del concreto, los acabadores deben evitar empezar demasiado pronto las operaciones con hojas alisadoras. El aplanado prematuro tendrá no solamente un efecto negativo en la planicidad total del piso, sino que también traerá fibras de acero a la superficie, creando más problemas para los acabadores, ya que tratarán de crear un pulido muy brillante. Si las hojas alisadoras están produciendo grandes áreas de mortero suelto y el movimiento de la pasta está revelando las fibras hacia la parte superior, discontinúe el aplanado con hojas alisadoras hasta que estos síntomas de acabado prematuro desaparezcan. Sin embargo, si hay peligro de que al discontinuar el aplanado se formen costras en la superficie, los acabadores pueden cubrir las fibras visibles volviendo a aplanar con las hojas alisadoras el piso a un ángulo de 90 grados con respecto a la dirección original. Una vez que el piso ha sido aplanado con hojas alisadoras en las dos direcciones, las fibras de acero serán cubiertas con suficiente pasta y mortero para evitar problemas durante el allanado. Si únicamente algunas fibras aparecen en la superficie durante el aplanado con hojas alisadoras, recójalas inmediatamente. El aplanado mecánico continuo no enterrará las fibras por debajo de la superficie. Algunos contratistas asignan un trabajador para que camine sobre la losa y recojan las fibras sueltas cuando se está dando acabado a la losa. También pueden colocarse imanes en las llanas viajeras para este propósito.

Los acabadores de la Compañía Sundt utilizan la máquina de hojas alisadoras para dar a la superficie una consistencia muy apretada antes de cambiar a una llana viajera o que se maneja caminando por detrás con hojas de combinación. La elección de una llana viajera o una que se maneja caminando por detrás depende del tamaño del piso y de la situación, pero las hojas deben mantenerse tan planas por tanto tiempo como sea posible, para evitar exponer las fibras en la superficie.

Pueden usarse sierras de corte seco y temprano en el concreto reforzado con fibras de acero

Aunque pueden usarse hojas de combinación o de hoja alisadora para el acabado de un piso de concreto reforzado con fibras de acero, las hojas de combinación se flexionan más durante el allanado duro, y esto ayuda a evitar que salgan las fibras de acero. Las hojas de alisado tienen una tendencia ligeramente mayor a dejar salir las fibras de acero.

Puede haber algunas fibras que se salgan de la superficie de concreto cuando los acabadores pulen mucho un piso. Puesto que las hojas de las llanas de combinación atrapan estas fibras, éstas pueden girar creando diminutos huecos en el piso. Un acabador debe caminar sobre el piso y juntar las fibras con unas tijeras para cortar alambre o empujarlas hacia abajo con una llana puntiaguda, y luego resanar esas marcas cuando el piso está siendo acabado. En una pesada losa industrial con alta dosis de fibras de acero, la aplicación en polvo de un endurecedor es efectiva para reducir el número de fibras visibles en la superficie del concreto.

Únicamente deben usarse herramientas manuales de acero durante el acabado. Agarre las herramientas manuales de manera que queden planas, y muévalas en un movimiento de vaivén en rápidos movimientos cortos a través de la superficie del concreto. Si un allanado con acero sigue al aplanado manual, mantenga la llana de modo que esté plana. La orilla de la llana de acero puede hacer que las fibras salten de la superficie de la losa.

Durante la última fase de acabado, un acabador debe, una vez más, caminar sobre el piso y resanar cualquier marca de las fibras de acero que aún quede en la superficie. Los pasos finales de acabado consisten en marcar líneas con gis para el corte con sierra y aplicar un buen compuesto de curado.

JUNTAS DE CONTRACCION ASERRADAS

Pueden usarse sierras de corte seco y temprano en el concreto reforzado con fibras de acero. La profundidad del corte con sierra debe ser de 1 pulgada (2.5 cm) mínimo para losas de hasta 9 pulgadas (22.5 cm) de espesor.² Debe usarse una hoja más nueva con la placa de deslizamiento apretada y apropiadamente alineada. Elija la hoja de la sierra con base en la dureza del agregado. El aserrado

temprano típicamente empieza tan pronto como el concreto se ha endurecido suficientemente para evitar que los agregados se desacomoden por la hoja de la sierra y que las orillas del corte causen un desmoronamiento. Una buena regla es esperar aproximadamente una hora en clima cálido y 4 horas en clima frío después del acabado final de la losa, antes de empezar el corte temprano. Calcule el tiempo para el aserrado de modo que las fibras de acero o el agregado grueso no sean jaladas hacia arriba por la sierra. Si las fibras son jaladas hacia arriba, retrase el aserrado hasta que no haya fibras que queden al descubierto.

También puede usarse aserrado convencional con hoja mojada en el concreto reforzado con fibras de acero. El tiempo adecuado para el aserrado puede variar debido a la temperatura y la humedad, pero tradicionalmente el periodo de espera es de 4 horas en clima cálido y 12 horas en clima frío después del acabado final de la losa. A dosificaciones altas de fibras de acero o para losas gruesas, el aserrado puede tener que extenderse a 1/3 de la profundidad del espesor de la losa para activar la junta.

ES RECOMENDABLE TENER UNA REUNION PREVIAMENTE A LA CONSTRUCCION

Es altamente recomendable llevar a cabo una reunión previa a la construcción en la que participen representantes de los fabricantes de las fibras, el constructor y el productor de concreto. El sistema correcto para el concreto reforzado con fibras para cualquier proyecto también requiere de una instalación correcta. Las fibras perfectamente mezcladas, un revenimiento consistente, y acabadores con experiencia son factores que contribuyen al éxito de un proyecto.

Referencias

1. ACI Committee 544, "Guide for Specifying, Proportioning, and Production of Fiber-Reinforced Concrete (ACI 544.3R-08)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2008, 16 pp.
 2. ACI Committee 302, "Guide for Concrete Floor and Slab Construction (ACI 302.1R-04)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2004, 76 pp.
- Publicado en Concrete International julio 2009, se reproduce con autorización del American Concrete Institute.