

Concretos de endurecimiento rápido

Una guía de productos

Martin S. McGovern

PRESENTACIÓN: Cuando se trata de trabajos de reparación de estructuras, el cierre temporario del servicio suele ser un factor crucial en la consideración de los costos, al extremo de llegar a determinar la elección de un producto más caro si en verdad garantiza menor tiempo de obra. El cuadro que aquí se presenta contiene información muy útil de los principales morteros preempacados que alcanzan las resistencias de diseño en pocas horas; su consulta ayudará a tomar la mejor decisión.

Cuando se determina el verdadero costo de un proyecto de reparación de concreto, los propietarios deben considerar el impacto financiero de tener que cerrar una estructura para realizar el trabajo. ¿Cuál es el costo de los retrasos en el tránsito causados al cerrar un carril de una supercarretera? ¿Cuántas ganancias se pierden al cerrar una sección de una instalación manufacturera? Estos costos ocultos con frecuencia exceden grandemente el precio real de una reparación.

Los ahorros obtenidos al reducir el tiempo fuera de servicio de estructuras en operación han creado un gran mercado para los materiales de reparación del concreto, un mercado que gana fuerza rápidamente. Un propietario con frecuencia pagaría de buena gana una cantidad sustancial de dinero extra por un producto capaz de hacer que una estructura vuelva a estar en servicio en pocas horas, en vez de en pocos días.

La mayoría de los ingenieros y constructores prefieren usar concreto de cemento portland como material de reparación porque se puede obtener fácilmente. Pero una mezcla de concreto con aire incluido que contenga cemento portland Tipo I y una relación de agua-cemento de 0.4 necesita tres días para alcanzar una resistencia a compresión de 140 kg/cm^2 cuando se cura a 21° C (Ref. 1). Cuando se quiere llegar al límite, el concreto de cemento portland que contiene cemento Tipo III y aditivos aceleradores puede alcanzar 140 kg/cm^2 en un lapso de 4 a 6 horas (Ref. 2).

Si se requiere una ganancia más rápida de resistencia, véanse los productos que aparecen en el cuadro adjunto. Los cementos con aluminato de calcio, fosfato de magnesio u otras formulaciones patentadas de cementos permiten que muchos de estos productos de rápido endurecimiento alcancen las resistencias de diseño en menos de cuatro horas.

Los productos que integran la lista son morteros preempacados que generalmente vienen en sacos de 22 kg. Para trabajos más grandes, los contratistas pueden hacer compras a granel con algunos fabricantes. También hay fabricantes que ofrecen cementos de endurecimiento rápido a los que los contratistas agregan tanto agregados finos como ligeros.

Para resanes más gruesos de 2.5 cm, la mayor parte de los morteros se pueden extender hasta en 60 por ciento agregando de 1 a 1.3 kg de gravilla de 3 mm por cada saco de 22 kg. Para reparaciones más gruesas, consúltese al fabricante sobre la manera de utilizar agregados más grandes de 3 milímetros.

Comparando las propiedades físicas

Para elaborar el cuadro adjunto, reunimos información de todos los fabricantes que respondieron a nuestra solicitud de datos sobre sus productos. Para limitar el número de productos, hemos incluido sólo aquellos que alcanzan una resistencia a compresión de al menos 35 kg/cm^2 en tres horas, y de ese modo cumplen con los requisitos de resistencia a compresión para un concreto de endurecimiento rápido, tal como se establece en ASTM C 928.

Un material de reparación debe poseer muchas propiedades físicas para que se comporte bien. Algunas de las propiedades importantes que hay que considerar son la resistencia a compresión y a flexión, resistencia de adherencia, contracción por secado, módulo de elasticidad, fluencia, permeabilidad, y resistencia a congelación y deshielo.

Desafortunadamente, la mayoría de los fabricantes no miden o no mencionan muchas de estas propiedades. Para las que se miden, con frecuencia se usan varios métodos diferentes de prueba (o modificaciones de un método) lo cual hace virtualmente imposible comparar los valores. Por lo tanto, el cuadro contiene sólo aquellas propiedades sobre las que se informó de manera muy consistente; vida de servicio, resistencia a compresión y contracción por secado.

La vida de servicio es una estimación del tiempo después del mezclado en que el mortero es lo suficientemente plástico para ser compactado. Mientras que algunos fabricantes proporcionaron valores para la vida de servicio, otros sólo presentaron valores para el tiempo de fraguado inicial, el tiempo de fraguado final, o ambos. Cuando se incluyeron ambos tiempos de fraguado, utilizamos en el cuadro el tiempo de fraguado porque es una estimación más exacta de la vida de servicio del mortero.

Es sumamente importante seleccionar los materiales de reparación que presentan una mínima contracción por secado, para lograr reparaciones duraderas. La contracción por secado conduce a muchas fallas en las reparaciones, incluyendo agrietamiento, delaminación, pérdida de capacidad para soportar cargas, y corrosión de la varilla de refuerzo (Ref. 3). Los valores de contracción por secado incluidos en el cuadro se obtuvieron usando ASTM C 157, a menos que hubiera otra indicación.

Consideraciones

Aunque la mayor parte de los concretos de endurecimiento rápido serán tan durables como el concreto con cemento portland, algunos, debido a sus ingredientes, podrían no comportarse bien en un medio ambiente específico de servicio (Ref. 4).

Algunos concretos de endurecimiento rápido ganan resistencia y se expanden por la formación

de etringita. Si el concreto se expande por un periodo largo de tiempo, puede perder resistencia. Puede ocurrir una expansión retardada si el concreto se moja después de no haber sido suficientemente curado.

Debido a que algunos de estos materiales pueden contener niveles anormalmente altos de álcalis o aluminatos para proporcionar expansión, su exposición a sulfatos y a agregados reactivos debe limitarse. Verifíquese con el fabricante para determinar las condiciones de servicio apropiadas.

Algunos concretos de endurecimiento rápido contienen cemento de fosfato de magnesio. A diferencia del concreto con cemento portland, que requiere curado húmedo para mejores resultados, el concreto con fosfato de magnesio (MPC) debe curarse al aire.

Al extender los morteros con fosfato de magnesio, deben utilizarse únicamente agregados no calcáreos, tales como sílice, basalto, granito, roca trapeana y otras rocas duras. Los agregados calcáreos tienen una superficie carbonatada que reacciona con el ácido fosfórico producido cuando se mezclan agua y fosfato de magnesio. Esto produce dióxido de carbono que puede debilitar la adherencia entre la pasta y el agregado.

Aplique MPC únicamente en sustratos bien preparados donde se haya removido la capa de carbonatación. De otro modo, el MPC reacciona con la zona carbonatada y podría no adherirse bien al concreto.

El MPC ya curado es rígido, pero no tiene la rigidez que se encuentra habitualmente en los morteros modificados con materia orgánica. El material, por lo tanto, es susceptible de fracturas por cargas de impacto.

Referencias

1. Steven H. Kosmatka y William C. Panarese, *Design and Control of Concrete Mixtures*, Portland Cement Association, 1988.
2. Gerald F. Voigt, "Fast Full-depth Pavement Repair", *Concrete Repair Digest*, abril-mayo de 1995, pp. 115-120.
3. *Guide for Selecting and Specifying Materials for Repair of Concrete Surfaces*, International Concrete Repair Institute, Guideline núm. 03733, enero de 1996.
4. ACI 546R-96, *Concrete Repair Guide*, American Concrete Institute, 1996.

Guía de los materiales cementantes preempacados de endurecimiento rápido para reparación de concreto

Toda la información fue proporcionada por los fabricantes.

Vida de

Servicio a 21° C

Fabricante Producto (min)*

American Structural Repair Concrete 25(i)

Concrete Systems Highway Patch II 20(i)

Amer. Stone Mix IFSCEM 110 25(i)

W.R.Bonsal Rapid Patch-VR 20(i)

Burke Fast Patch 928 10¹

D.O.T. Patch 10

Conproco Express Set 5-10

Conspec Pave Patch 15-25(f)

Special Patch 15-25(f)

LPL Patch 30-40(i)

A.W. Cook Rapid Cure 30-40(i)

CTS Cement D.O.T. Repair Mix 10-20

Mortar Mix 29(i)

Dayton Superior HD-50 15

Day-Chem Perma Patch 15

Euclid Euco-Speed 18(f)

Euco Speed MP² 8-12(i)¹

Five Star Structural Concrete 20(i)

Highway Patch 15(i)

Fosroc Patchroc 10-60 16(i)

Patchroc 10-61 40

Fox Industries FX-928 15(i)

Gemite Fibre Patch ES 15-20

Harris (Thoro) Road Patch II 10-15(i)

L&M Durapatch Hiway 14(i)

Mapei Quickcem Top 102 30

Quickcem Top 202 30

Master Builders Emaco T415 14-21(i)

Emaco T430 75(i)

Set 45² 10-15(i)¹

Metalcrete Speedpave 16(f)

Speedpave MP² 13(f)¹

Metalcrete Rapid 16(f)

Quikrete Rapid Road Repair 20-25(i)

RH Sand Mix 30-45(f)

Sika Roadway Patch 15-25

Sonneborn Road Patch 10-15

STO Trowel Grade Mortar(acc) 30

Flowable Mortar(acc) 30

Symons D.O.T. Patch 15

Fast Set 5 5(i)

Fast Set 20 21(i)

Fast Set 40 42(i)

Tamms Dural Top Fast Set 15

Speedcrete 2028 20-35(i)

Speedcrete Greenline 6-15(i)

Target Traffic Patch 25(i)

Resistencia a compresión Kg/cm² Contracción por
_____ secado

1 h 3 h 1 día 28 días 28 días

175 351 562 -0.03

445 659 735 -0.03¹¹

140 281 492 -0.01¹²

210 421 492 -0.06

190⁹ 190⁹ 434⁹ 555⁹ -0.07⁹

224 312 441 681 -0.062

140 221 309 436

140¹⁰ 506 +0.04

84¹⁰ 492 +0.02

105 253 506 0.0

217 341 626

140⁶ 351 527 738 -0.036

140⁶ 244 333 534 -0.021

175 246 432 562 -0.138

175 281 366 765 -0.07

98 351 492 -0.054

351 421 527

175 351 562 0.05

175 386 457 -0.08

140 281 492 598 -0.02

210 633 -0.02

197 421 562 0.0

56^5 232 429 -0.02

172^3 322 444 -0.10^{11}

175^3 351 569

107 361 416 -0.06

83 247 491 -0.06

169^3 443 703 -0.10

69 316 773 -0.10

140 351 421 598 -0.02

105 281 527 -0.10

325 534 668 0.0

105 492 844 -0.10

210 239 366 588 -0.04

65 67 213 496 -0.05

105^3 281 562

210 337 499 689 -0.067

105 210 421 -0.05

105 210 421 -0.05

74 246 288 711 +0.01

70 288 602 -0.08

47 415 649 -0.08

40 232 446 -0.08

65 281 493

210 351 492 633 -0.013^{8.12}

140 222 449 -0.054

151⁶ 197 279 703 -0.033

¹ Se dispone de formulaciones con tiempos de fraguado extendidos para aplicaciones en clima caliente.

² A base de fosfato de magnesio

³ Resistencia @ 2 horas

⁴ Tiempo de fraguado @ 35° C

⁵ Resistencia @ 4 horas

⁶ Resistencia una hora después del fraguado

⁷ Resistencia @ 90 minutos

⁸ Contracción @ 7 días

⁹ Curado @ 4.4° C

¹⁰ Resistencia 3 horas después del fraguado

¹¹ Contracción medida usando ASTM C 596

¹² Resistencia medida usando ASTM C 1107

(i) Denota tiempo de fraguado inicial; (f) denota tiempo de fraguado final

Este artículo fue publicado en *Concrete Repair Digest*, junio-julio de 1997, y se reproduce con la autorización de dicha publicación.

Concretos estampados

Estructura y acabado en un solo procedimiento constructivo

PRESENTACIÓN: El sistema de pavimentos que aquí se presenta ofrece una serie de ventajas que hace competitivo el uso del concreto frente a otros materiales. La clave está en una técnica que introduce el elemento estético sin necesidad de más procedimientos constructivos que el colado y el estampado.

El acelerado crecimiento de la industria de la construcción ha propiciado que nuevos sistemas constructivos permitan la transformación de los insumos dentro de la funcionalidad y estética que requieren las obras, con un mejor aprovechamiento de recursos financieros y humanos.

La arquitectura y la ingeniería han diseñado infinidad de procedimientos y técnicas que permiten un mejor rendimiento y funcionalidad de los elementos estructurales, así como la durabilidad y estética de los insumos de terminados que logran el principal objetivo de la construcción, la transformación de los bienes insumos al menor costo.

En un proyecto, difícilmente se puede concebir un elemento estructural como decorativo, y esto hace necesario su recubrimiento con materiales y productos convencionales en procedimientos constructivos distintos, ocasionando la aplicación de recursos humanos y financieros que repercuten en la factibilidad del negocio de la construcción.

Actualmente se cuenta con la posibilidad de transformar el concreto en elemento decorativo sin necesidad de otros procedimientos constructivos fuera de su colado y estampado. En nuestro país, contamos para ello con el sistema de estampados Increte que vuelve competitivo el uso del concreto al reducir los tiempos, insumos y mano de obra, objetivo siempre buscado en la construcción.

El sistema de estampados Increte

Presentamos aquí un sistema de pavimentos que ha tenido gran aceptación en el mercado estadounidense, y recientemente en el mexicano. Su éxito se debe principalmente a la percepción del concreto como elemento decorativo sin necesidad de numerosas actividades, sin procedimientos complicados, utilizando herramientas de fácil manejo a la vez que conserva y mejora el diseño y la resistencia del concreto como elemento estructural.

Además, la diversidad de colores, estilos, medidas y presentaciones, así como la gran versatilidad de texturas que ofrece el sistema de estampados Increte, permiten al constructor realizar cualquier tipo de trabajo artesanal en pisos sin necesidad de contar con mano de obra calificada en recubrimientos.

En comparación con los sistemas y procedimientos de acabados en pisos convencionales, este sistema ofrece rapidez, impermeabilidad, fácil limpieza, diversidad de colores, resistencia a la abrasión, durabilidad, resistencia al desgaste y bajo mantenimiento en usos tales como

estacionamientos, andadores, calles, patios, albercas, parques, centros comerciales, etcétera.

Los pavimentos estampados Increte se trabajan sobre losas de concreto sin fraguar a base de moldes, con productos químicos colorantes, desmoldantes y selladores para lograr texturas similares a las de materiales naturales como son piedras, canteras, losetas, granzón y, en general, a las de pisos cerámicos.

Los colorantes, además de dar la tonalidad deseada al estampado, trabajan y dan resistencia a la acción de agentes abrasivos, sellan los poros superficiales del concreto y se integran a éste como endurecedores, aumentando su resistencia.

Los desmoldantes son productos químicos que permiten el estampado al facilitar la operación de los moldes, son catalizadores del fraguado, evitan el sangrado del concreto y proporcionan tonos y contrastes al estampado.

El sellador se aplica en la capa superior, sellando y protegiendo las características del estampado, haciendo impermeable el concreto y consiguiendo la resistencia de la superficie para el rodamiento y las cargas del concreto.

Los procedimientos constructivos que implica este sistema son los siguientes:

1. Colado del concreto según su diseño de proyecto.
2. Rebosamiento del concreto con llanas de magnesio y aluminio.
3. Aplicación e integración del color en la fase de fraguado.
4. Integración del desmoldante.
5. Estampado del concreto con moldes especiales.
6. Limpieza y lavado del estampado del concreto.
7. Secado para lograr tonos irregulares de apariencia natural.
8. Aplicación del sellador.
9. Cortes de concreto.
10. Limpieza en general.

Especificaciones técnicas de los estampados

. Endurecedor de color

Es un endurecedor de color para superficies, listo para utilizar en la coloración y el endurecimiento de concretos. Se compone de cemento preensayado, un agregado de cuarzo

de sílice de grado especial, duro y resistente al desgaste, pigmentos colorantes inorgánicos fotorresistentes y álcalirresistentes finamente molidos, y otros componentes que mejoran las propiedades de la superficie acabada de concreto. El endurecedor de color proporciona color y durabilidad, y elimina el costo de pintar periódicamente la superficie.

Entre los beneficios de este producto está el lograr:

- . Superficies coloreadas en forma más intensa y uniforme
- . Superficies de alta densidad, fáciles de limpiar y resistentes a la penetración de grasas y aceites
- . Superficies de piso más fuertes y de mayor resistencia al desgaste
- . Superficies duraderas, más resistentes a las condiciones climáticas, al congelamiento y al descongelamiento, al descascaramiento ocasionado por las sales descongelantes.
- . Suelos de concreto coloreado fotorresistente y álcalirresistente.
- . Desmoldante

Los desmoldantes de color contienen un agente desmoldante especialmente formulado que forma una barrera húmeda entre las herramientas de estampado y el concreto sin fraguar para facilitar el desprendimiento de las herramientas flexibles. Es un material que se aplica por espolvoreo en seco directamente sobre el endurecedor de color antes del estampado. Este agente contiene un tinte de óxido de hierro integrado, excepto el desmoldante claro que no deja vestigios. Deben emplearse sólo en estampados texturizados.

Es imprescindible utilizar desmoldantes de color o claros en el concreto texturizado, ya que proporcionan la barrera necesaria para evitar el chupado de concreto que afecta su resistencia, desluciendo el producto terminado. En consecuencia, se reducirá la necesidad de realizar retoques a los estampados.

Entre los beneficios que ofrecen estos productos está –además del que acabamos de mencionar– el proporcionar un bello aspecto de antigüedad y una apariencia artesanal con gran similitud a los materiales naturales. Existen diversidad de combinaciones de colores que pueden ofrecer un efecto de dos tonos, acentuando los relieves. El color más oscuro aplicado sobre el endurecedor de color penetra en las líneas de lechada y en texturas profundas.

- . Sellador

Es un producto químico basado en silicona acrílica, diseñado para la penetración profunda. El sellador claro es resistente al salpicado de sales, a los ácidos, álcalis, agua, rayos ultravioleta y abrasión, seca o húmeda. El sistema de sellados, que combina resinas acrílicas y de silicona, tiene muy alta resistencia al tránsito y es muy recomendable para uso en exteriores. Se trata de un compuesto químico de alto peso molecular para una máxima resistencia a la

abrasión húmeda y seca, al agua y a los rayos ultravioleta. Contiene una mezcla de solventes aromáticos y alifáticos que producen excelente penetración, flujo y evaporación.

Condiciones de manejo del sistema

En el año 1993, Cementos Mexicanos adquirió en exclusiva la franquicia de productos Increte, Sistemas de Estampados de Concreto, con el objeto de incentivar el consumo de sus productos en pavimentos.

Con la finalidad de introducir exitosamente los sistemas Increte en todo el país, Cemex realizó una cuidadosa selección de importadores, distribuidores y comercializadores para que realizaran la promoción en las distintas regiones de la república mexicana, entre los cuales se halla Grupo Descon S.A. de C.V. en la región Centro.

El contratista o el constructor, o ambos, deberán tomar la capacitación y los seminarios establecidos por Increte, a través de Grupo Descon, a efectos de lograr su certificación y autorización para realizar los trabajos del Sistema de Estampados de Concreto Increte.

Entregó Volvo Trucks de México 10 unidades NE-64 con bomba concretera a Cementos mexicanos

Durante una emotiva ceremonia de entrega, efectuada en el Centro Caballar Los azulejos ubicado en el Estado de México, el director técnico de operaciones de Agregados de Concretos México de Cementos Mexicanos, ingeniero Jesús Alatorre, recibió 10 unidades NE-64 de parte del ingeniero Javier Sánchez Castañeda, gerente regional de ventas de Volvo Trucks de México, en representación del licenciado José Manuel Armenta, director comercial de esta prestigiada empresa.

En entrevista exclusiva para *Construcción y Tecnología*, Javier Sánchez Castañeda expresó: "Para nosotros es de suma importancia participar en la industria de la construcción en México ya que VOLVO es una empresa que se está especializando en este segmento. Colaborar con el Grupo Cemex es el primer paso, y pretendemos seguir avanzando con firmeza pues tenemos grandes expectativas de mercado. Agradecemos a Cemex la oportunidad que nos brinda y pretendemos darle un excelente servicio, lo mismo que a todo el rubro de la construcción".

Se refirió entonces a los equipos que fabrican: "Nuestras unidades están equipadas precisamente para este servicio con motobombas de concreto, ollas revolvedoras, camiones de volteo, grúas, etcétera. El NE-64 es un camión especializado para esta aplicación y su entrega representa un reto más para Volvo Trucks de México. Estamos muy conscientes de que la construcción necesita más apoyo y por eso VOLVO, que se preocupa por el desarrollo de nuestro país, produce unidades para este segmento, el cual está un tanto descuidado por los demás fabricantes."

El ingeniero Jesús Alatorre dijo a su vez: "Al ser la tercera empresa en su ramo, y posiblemente la segunda a partir del mes de agosto, Cemex está obligada a emplear las técnicas más avanzadas y económicas en el nivel mundial en lo relativo a cemento, concreto y bombeo; ante las carencias económicas, necesitamos desarrollar equipos que nos permitan llegar a las clases populares. Estamos interviniendo en Estados Unidos, Panamá, Venezuela, Colombia, Trinidad Tobago, España, Filipinas, y si se autoriza una reciente adquisición en Indonesia, también estaremos en ese país asiático".

En relación con lo anterior, expuso que la adquisición de las 10 unidades NE-64 de Volvo Trucks con bomba concretera de la marca italiana Cifa –distribuida en México por la empresa Botec– significó para Cemex una inversión de 3 millones de dólares, y comentó que dichos equipos de alta tecnología tienen costos inferiores a otros en condiciones similares. "Esto nos permitirá ofertarlos en México y surtir concretos con servicio de bombeo a un mejor precio y en mejores condiciones. Es la primera vez que le compramos a Volvo y vamos a comparar los gastos de operación de estos equipos con los tradicionales que tenemos, para volver a decidir el próximo año en función de ello".

El NE-64 tiene un chasis tipo recto de alta resistencia que permite cargas más pesadas y acceso fácil al motor para un mantenimiento y servicio seguros; presenta resistencia a

mayores impactos de peso y hace posible adaptaciones para una distribución adecuada de la carga. La cabina es de construcción sólida que elimina vibraciones, y resulta totalmente hermética al agua, al polvo y al humo; su diseño aerodinámico redondeado, sin aristas, contribuye a un ahorro significativo de combustible.

Para la industria cementera y de la construcción, la entrega de las unidades Volvo a Cemex representa entonces alternativas eficientes de tecnología que serán aplicadas en la construcción del futuro de México.

(

Mezcla, colocación y acabado del concreto reforzado con fibra

Moira H. Harding

PRESENTACIÓN: Al recibir la adición de pequeñas cantidades de fibras, el concreto se enriquece con el incremento de algunas propiedades. Quien opte por este tipo de refuerzo del material debe saber que, si bien los procedimientos de producción y construcción no difieren mucho de lo acostumbrado, hay que tomar ciertos recaudos durante los procesos de mezclado, colocación y acabado para obtener los resultados óptimos.

Al agregar al concreto fibras sintéticas o de acero en pequeños volúmenes, de acuerdo con una dosificación, se obtienen beneficios que no se encuentran en el concreto convencional. Las ventajas de las fibras de acero incluyen una mayor resistencia al impacto y mayor rigidez, así como el aumento de resistencia a la fatiga y al agrietamiento. Las ventajas de las fibras sintéticas comprenden una reducción en la contracción plástica y el agrietamiento por fraguado, y una mayor resistencia al impacto y a la fragmentación. Estos beneficios se obtienen comúnmente utilizando aproximadamente de 6 a 15 kg de fibras de acero o de 0.5 a 1.0 kg de fibras sintéticas por metro cúbico de concreto.

Con estas proporciones en la dosificación, los procedimientos de producción y construcción no difieren grandemente de los usados para el concreto convencional. Sin embargo, se requiere mucho cuidado durante el mezclado, la colocación y el acabado, a fin de evitar el desarrollo de bolas de fibras, la adición de agua al concreto en el lugar y la posibilidad de fibras visibles en la superficie del concreto.

Las fibras vienen en una variedad de materiales, longitudes, diámetros y geometrías. Las formas de las fibras de acero incluyen las redondas, ovaladas, rectangulares y con secciones transversales en forma de media luna. Las fibras sintéticas, hechas generalmente de nylon o polipropileno, pueden ser angulares fibriladas o tener un solo filamento suave y redondo. Si usted no está familiarizado con las fibras de acero, o las sintéticas, consulte al fabricante antes de usarlas. Un representante del fabricante conoce mejor la manera en que las propiedades de las fibras afectarán el concreto que usted planea colocar.

Mezclado

Fibras sintéticas. Las fibras sintéticas se empaquetan, de manera suelta, en bolsas degradables que pueden agregarse a la mezcla en la planta de dosificación o echarse al camión mezclador en el lugar de la obra. Sin embargo, los fabricantes recomiendan mucho agregar las fibras en una planta de dosificación confiable, al menos por dos razones. Primero, esto proporciona una medida adicional de control. Y segundo, es muy importante que las fibras sintéticas se mezclen por lo menos de tres a cinco minutos, algo que no siempre es posible en el lugar de la obra. La agitación mecánica apropiada asegura la separación de las fibras, eliminando virtualmente la formación de bolas de fibras en el concreto. También distribuye las fibras de una manera completa y uniforme en toda la mezcla.

Fibras de acero. Las fibras de acero vienen empacadas en cajas y bolsas, y se agregan manualmente al concreto en las plantas de premezclado o bien en el lugar de la obra. En las plantas de premezclado, algunos tipos de fibra pueden precargarse en los camiones de concreto antes de agregar los otros materiales de la mezcla. En muchos casos, las fibras se añaden a la corriente de agregados durante los procedimientos normales de dosificación, o se cargan en la cola del camión después que todos los otros componentes del concreto han sido agregados.

Para acelerar los procedimientos de dosificación, es ligeramente más ventajoso agregar las fibras de acero a los camiones antes de la dosificación del concreto o con la corriente de agregados. Si las fibras se cargan en la cola, o se agregan en el lugar de la obra, se requerirán aproximadamente dos minutos para introducir las fibras en el camión, y cuatro minutos de tiempo adicional para el mezclado, a fin de distribuir las fibras en todo el concreto.

Para evitar la formación de bolas de fibras, un fabricante por lo menos utiliza un adhesivo especial para mantener junto cierto número de fibras; durante el mezclado, el pegamento se degrada, dispersando las fibras en todo el concreto. El mezclado de algunas fibras de acero desordenadas puede requerir mucho cuidado para evitar el desarrollo de bolas de fibras en el concreto fresco. No agregue fibras a la mezcladora más rápidamente de lo que ésta pueda jalarlas hacia el tambor mezclador. Puesto que se sabe que estas fibras son susceptibles de formar amasijos si caen unas sobre otras, y se amontonan en la banda transportadora del agregado o en las aspas de la mezcladora, el Comité 544 del ACI (Referencia 1) recomienda tomar las siguientes precauciones:

- . Permitir que el ingeniero del proyecto revise y apruebe el equipo y el método utilizado para agregar las fibras a la mezcla.
- . Efectuar una prueba a gran escala, al menos ocho días antes de la primera colocación.
- . No permitir que las fibras se apilen o se deslicen hacia abajo de las aspas de un tambor parcialmente lleno.
- . No usar equipo con las aspas de mezclado desgastadas.
- . No sobremezclar, ya que esto puede causar la formación de bolas de fibras mojadas (compuestas tanto de fibras como de la matriz de la pasta de cemento).

La información contenida en la Referencia 1 se utiliza mejor como una referencia general. Asegúrese de consultar a los productores de las fibras para obtener la información más reciente.

Colocación

Tanto el concreto reforzado con fibras sintéticas como el reforzado con fibras de acero se pueden colocar empleando equipo convencional de colocación tal como canaletas de camión, cubos de concreto, bandas transportadoras y bombas. El equipo debe estar limpio y en buenas

condiciones para asegurar que el concreto reforzado con fibras fluya fácilmente.

Si se agregan pequeños volúmenes de fibras sintéticas o de acero se reduce el revenimiento, haciendo que el concreto bien proporcionado parezca más rígido y menos trabajable. Usted debe esperar esto y resistirse a la tentación de agregar agua, lo que incrementaría la relación agua-cemento y debilitaría el concreto endurecido.

Aunque el concreto reforzado con fibras parezca más rígido, es relativamente fácil de colocar y consolidar. Si se desea mejor trabajabilidad, ajuste la granulometría del agregado y agregue un reductor de agua de mediano o alto rango a la mezcla en vez de agua. Al igual que con el concreto convencional, utilice palas planas o azadones especiales para concreto, y nunca emplee rastrillos de jardín (con cinco o seis dientes) para moverlo.

Acabado

Aunque las operaciones de acabado del concreto reforzado con fibras son muy similares a las utilizadas para concreto simple, existen algunas diferencias. Emplee los siguientes procedimientos para producir una superficie satisfactoria.

Operaciones de enrase. Una clave para el acabado del concreto reforzado con fibras es usar vibración externa del molde o cimbra con una regla vibratoria, enrasadora eléctrica portátil o enrasadora guiada por láser, para nivelar el concreto. En algunas obras, este paso puede ser esencial. La vibración externa hace que la pasta salga a la superficie y cubra las fibras localizadas en la superficie de la losa, encapsulándolas en el concreto y minimizando así la exposición de las fibras. Si la vibración externa no es práctica para la aplicación, asegúrese de dejar en la superficie una capa de mortero que sea lo suficientemente gruesa para cubrir las fibras.

Enrasado y operaciones de nivelado. Al igual que en el caso del concreto con aire incluido, no utilice llanas u otras herramientas de madera, ya que pueden rasgar la superficie de concreto. Emplee mejor llanas de magnesio, que hacen un trabajo especialmente bueno para establecer una superficie de gran calidad, cerrando cualesquiera áreas abiertas o rotas a causa de la enrasadora. Tenga cuidado de no sobretrabajar la superficie, ya que esto haría aparecer excesivos finos en la misma, que podrían provocar grietas menudas. Si en la superficie hay agua de sangrado o finos excesivos, el material debe quitarse con la enrasadora y descartarse.

Periodo de espera. Los millones de fibras sintéticas en el concreto pueden bloquear o retardar la aparición de agua de sangrado en la superficie. Por lo tanto, asegúrese de que toda el agua de sangrado se haya evaporado antes de pisar sobre el concreto. Puesto que el concreto reforzado con fibras no parece nada diferente del concreto simple, se trata simplemente de esperar un poco más tiempo que el de costumbre. Pero si acabadores inexpertos interpretan erróneamente la falta del agua de sangrado como un signo de que ha ocurrido el fraguado inicial, pueden pisar sobre el concreto demasiado pronto, incrementando la posibilidad de problemas tales como fibras expuestas y delaminación.

Puesto que hay menos fibras de acero (por volumen) en el concreto, la aparición de agua de sangrado no se retrasa. Por lo tanto, el tiempo necesario para el acabado del concreto reforzado con fibras de acero es el mismo que para el concreto simple, y las prácticas de acabado no deben ser afectadas significativamente.

Operaciones finales de nivelado. Para el allanado final, emplee llanas de magnesio o herramientas mecánicas. Mantenga las herramientas manuales en lo plano (no en los bordes), y muévalas con un movimiento de aserrado (movimientos rápidos, cortos hacia adelante y hacia atrás) al pasarlas a través de la superficie. Al aplanado con llana de madera puede seguir un allanado con acero duro si se desea una superficie lisa, pero si usted no mantiene plana la llana, hará que aparezcan fibras de acero en la superficie.

Durante cada pasada del allanado con herramienta eléctrica, es común ver que las fibras de acero saltan de la superficie de concreto debido a las hojas de acabado. Estas fibras deben quitarse de la superficie de la losa antes del siguiente allanado mecánico. Adaptar imanes a las llanas mecánicas ayuda a recoger las fibras y evita que vuelvan a caer en la superficie de la losa. Después de allanar la superficie, espere hasta que pueda hacerse el acabado final sin dañar el concreto –generalmente en el momento del fraguado inicial.

Operaciones finales de acabado. Las fibras sintéticas son compatibles con casi todos los tratamientos y acabados de las superficies de concreto, incluyendo estampado de patrones, agregado expuesto, escobillado y allanado manual o mecánico. Sin embargo, las fibras de acero no son compatibles con acabados de estampado de patrones o agregado expuesto.

El uso de manta de yute para texturizar el concreto no se recomienda por lo regular en el concreto reforzado con acero ni en el reforzado con fibras sintéticas, ya que es muy probable que la manta de yute levante las fibras y rompa la superficie.

Si se desea una superficie texturizada, se puede utilizar una escoba con cerdas duras o un rastrillo texturizador (con aproximadamente 60 puntas), a condición de que se pase en una sola dirección. Si el rastrillo o la escoba se impulsan hacia atrás y hacia adelante, pueden desacomodar las fibras. Para evitar que las fibras sean removidas, un fabricante de fibras de acero recomienda mantener el rastrillo o la escoba en un ángulo muy pequeño en relación con la superficie del concreto; las cerdas o puntas deben estar en un ángulo de menos de 30 grados.

Corte con sierra. Se pueden emplear todas las formas de equipo de corte con sierra en el concreto reforzado con fibras. El concreto con un pequeño volumen de fibras de refuerzo se puede cortar con sierra de manera similar que el concreto no reforzado: se debe cortar una sección y evaluar las astilladuras de la superficie y el desmoronamiento de los bordes. Si el corte con sierra causa desmoronamientos en los bordes, espere de 30 a 60 minutos y luego intente de nuevo.

Fibras expuestas. Si hay fibras expuestas en la superficie de la losa, las fibras sintéticas relativamente suaves desaparecen por lo regular rápidamente bajo un tránsito ligero. Las fibras

de acero al carbono salientes corroen la superficie. Bajo un tránsito ligero, las fibras corroídas se pueden quitar con cepillo, pero dejarán pequeñas manchas de herrumbre en la superficie de la losa. En áreas de tránsito intenso, esto generalmente no es motivo de preocupación. Si causa problemas, utilice un endurecedor metálico o mineral ahogado para asegurarse de que las fibras de acero no sean visibles. Las fibras de acero que quedan expuestas en el concreto endurecido pueden cortarse con unas tenazas acodadas o con cortadoras de alambre.

Referencias

1. ACI Committee 544, *Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing, and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete*, ACI 544.3R-93, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1993.
2. *Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete and Shotcrete*, ASTM C 1116-91, ASTM, West Conshohocken, Pa., 1991.
3. A. Balogh. "Synthetic Fibers", *Concrete Construction*, julio de 1992, pp. 525-530.

Este artículo fue publicado en *Concrete Construction* en julio de 1996 y se publica con la autorización de The Aberdeen Group.

Récord mundial de bombeo de concreto

PRESENTACIÓN: Equipos franceses establecen una nueva marca internacional al alcanzar una longitud ininterrumpida de 2,015 metros.

Nos encontramos en el interior de la galería de Refrain en el departamento de Doubs, próximo a la frontera suiza, cerca de Besançon, a varias decenas de metros bajo tierra. El chirrido monótono producido por el ligero desplazamiento de las tuberías, que se deslizan en el interior de sus abrazaderas de fijación bajo la acción de los ataques bruscos y violentos del concreto bombeado, es la única manifestación perceptible de la proeza técnica en vías de realización: el bombeo de 2,015 metros sin interrupción. Jean Pierre Berraud, coordinador de calidad de Bouygues TP France, explica: "Hemos ido más allá de los 2,000 metros ya que no teníamos otra opción, teniendo en cuenta la configuración del lugar y el reducido espacio vital de que disponemos en el interior de la galería".

Contrariamente a algunas ideas que circulan dentro de la profesión, "el umbral de los 2,000 metros constituye muy probablemente uno de los límites actuales factibles, por lo menos en las configuraciones reales de obra". Aquí, el menor imprevisto de bombeo puede convertirse rápidamente en una catástrofe, por lo que hemos previsto todos los incidentes imaginables", precisa Jean-Alain Marconnet, responsable de la obra.

1,850 metros de galería para rehabilitar

La galería de Refrain se sitúa en un marco grandioso pero austero, próximo a las famosas Escaleras de la Muerte, acantilados bien conocidos por los alpinistas. Esta zona, de difícil acceso, está totalmente aislada y el "descenso" hasta la obra se efectúa a través de una cenagosa pista de varios kilómetros con un impresionante desnivel. De ahí la decisión de "disponer de nuestra propia central, con el fin de superar las eventualidades de aprovisionamiento y de calidad". Cabe destacar que el conjunto del proyecto responde a un plan de aseguramiento de la calidad ISO 9001.

La obra propiamente dicha consistía en rehabilitar en menos de 48 semanas una galería subhorizontal de 1,860 metros de longitud, construida en los años 1907-1908 y que permitiera, a partir de una presa río arriba situada 2,700 metros por encima de Doubs, alimentar una planta hidroeléctrica por medio de dos conductos forzados. En 1994 tuvo lugar un hundimiento en el PM 1350, el cual provocó la suspensión de la explotación. El conjunto de la obra, situado en las margas, reveló entonces toda una serie de defectos (fisuras de la bóveda, desprendimiento de los revestimientos) que permitieron augurar oscuras perspectivas. De ahí la decisión de rehabilitar la totalidad de la galería, destruyendo el antiguo revestimiento para reconstruirlo de forma idéntica.

Una sección reducida de 7 metros cuadrados

Esta solución de base no estaba exenta de peligro: "La demolición podía provocar riesgos en

la bóveda", precisa Jean-Alain Marconnet. Estas son las consideraciones de partida de la variante propuesta con éxito por Bouygues: destruir únicamente la capa de concreto y después excavar a 90 cm de altura, con el fin de revestir de nuevo el intradós mediante un ovoide que permitiera rehabilitar el perímetro mojado inicial (imperativo impuesto por EDF).

Quedaba entonces por resolver el problema más espinoso, el de la alimentación de la futura obra de concreto: una cimbra metálica maciza con una sección de 30 metros de longitud, que permite cimbrar bloques prefabricados de concreto de 24 metros.

La mayor parte de las soluciones posibles no resistieron durante mucho tiempo a un examen detallado de las limitaciones: el transporte por medio de vagones agitadores, examinado en el nivel de los estudios, fue rápidamente descartado.

"La capa de concreto redondeada hacía prácticamente imposible la instalación de rieles, sin hablar de la estrechez del lugar, que de entrada nos impedía ese estilo de solución pesada, como lo demostró nuestra experiencia de Transmanche". La opción de colado de concreto clásico por transporte, también chocaría con el cruel déficit de espacio imperante en la galería: menos de 3 metros de altura para una sección de unos 7 metros cuadrados.

Así pues, quedaba una única solución: la que desembocaría en un nuevo récord mundial de bombeo sin interrupción a más de 2,000 metros (el precedente se había establecido en España en 1990, con 1,661 metros), vista la imposibilidad de instalar cualquier bomba relevadora en la estrecha galería.

Una fórmula atípica

El secreto de esta proeza técnica es el fruto de una verdadera colaboración entre los equipos de Bouygues y de Transbéton quienes, para la ocasión, "habían invertido en una bomba de alta presión BSA 14,000 de la casa Putzmeister; la de mayor potencia actualmente disponible en Francia", destaca Michel Cheviot, director adjunto de la empresa.

Otro elemento clave del éxito: el diseño de mezcla del concreto. Está claro que la ausencia de cualquier referencia a tales distancias implicaría una gran flexibilidad de adaptación y una gran rapidez de reacción, con lo que los resultados prácticos se alejan siempre un poco de las teorías sobre la granulometría del bombeo. "Esto nos llevó a aumentar la relación A/C, pasando de un valor inicial de 0.46 a un margen de 0.49 a 0.52."

Sin embargo, el elemento clave del éxito es la dosificación de los aditivos encargados de mantener la reología de la mezcla. Un detalle que alcanza toda su importancia si se considera que en cada ciclo de bombeo (100 metros cúbicos) el solo hecho de llenar las tuberías necesitaba 24 metros cúbicos de hormigón, con un tiempo de recorrido medio desde la bomba hasta la cimbra que se hallaba entre 1 hora y 1 ¼ horas.

Otro factor que interviene a partir de esta distancia: la bomba relevadora Putzmeister BSA 1005. Su papel: evitar que los grandes aglomerados de agregados que salen de la tubería de transporte a partir de esta distancia, vayan a chocar contra la pared del túnel creando un tapón

susceptible de "plantar" 2,000 metros de canalizaciones. Esta bomba tampón, situada detrás de la cimbra (siempre por las mismas razones de la limitación de espacio) no servía para ayudar a la unidad de bombeo, sino únicamente para proteger la instalación a la vez que mejoraba la calidad de la mezcla por remezclado antes de su inyección en la cimbra. Esta bomba es la que, indirectamente, ha permitido franquear la barrera de los 2,000 metros de distancia, estando implantada 50 metros detrás de la cimbra en el momento del último bombeo. Explicaciones: 105 metros de tuberías antes de la entrada a la galería + 1,860 metros de túnel + 50 metros hasta la bomba relevadora = 2,015 metros, nuevo récord mundial.

Sujeciones en el concreto

Texto por el Staff del ICS

International Textbook Company, 1920

PRESENTACIÓN: Los insertos ahogados antes del vaciado han proporcionado históricamente el medio de sujeción en el concreto reforzado.

Puesto que es difícil perforar agujeros en el concreto reforzado, durante la construcción se deben proveer sujeciones para asegurar sistemas de ejes, equipo u otras instalaciones a las losas, vigas o trabes. Existen numerosos dispositivos que están pensados para ser ahogados en el concreto con el objeto de sujetar pernos con cabeza T o roscados, de una manera segura, de modo de explotar al máximo la resistencia de los pernos. Tales insertos deben ser acomodados en los moldes antes de vaciar el concreto.

Los insertos usados son de dos grandes tipos: no ajustables y ajustables.

Tamaño y espaciado de los insertos en el concreto. En casi todos los grandes edificios comerciales o industriales, es necesario fijar equipo o maquinaria al techo y, puesto que el costo de los insertos es comparativamente pequeño, se debe proveer de un número suficiente de éstos en todas las vigas o trabes para ajustarse a cualquier propósito. Habitualmente, los insertos deben ser con rosca para pernos de $3/4$ de pulgada, pero en lugares donde ha de emplearse maquinaria pesada o sistemas de levantamiento es mejor usar rosca interior de $7/8$ de pulgada en los insertos y proveer de pernos de anclaje de $7/8$ de pulgada. Los receptáculos y otro tipo de sujeciones se deben proveer cerca de los extremos de los puntos de apoyo de cada viga y cada trabe, y es recomendable no espaciar los insertos en más de 1.20 o 1.50 m a lo largo de cada viga o trabe.

Insertos no ajustables

Inserto unitario. El inserto unitario, que es la característica sobresaliente del sistema unitario de una construcción con marcos de trabes, es uno de los mejores dispositivos para sujetar con pernos los sistemas de ejes y asegurar tuberías u otros equipos en lecho bajo de vigas o trabes. Este inserto, del cual se muestra un detalle en la figura 1, es particularmente eficiente porque se agarra al refuerzo de acero y no puede desprenderse del concreto sin desprender el metal del refuerzo, el cual está firmemente adherido a la viga o trabe monolítica por medio de estribos o por su propia adherencia.

El inserto unitario que se muestra está arreglado para una viga angosta de concreto reforzado en donde se colocan las cuatro varillas de refuerzo en pares, un par encima del otro. El inserto *a*, que puede ser de acero maleable o acero fundido, se le hace rosca para un perno roscado de $3/4$ de pulgada *b*, por medio del cual el inserto y el acero de refuerzo al que está fijado por el perno *c*, se mantienen en una posición correcta en los moldes.

La parte inferior del perno *b* se proyecta a través de un agujero en la base del molde, al cual está temporalmente sujeto por medio de una tuerca que está atomillada hacia arriba en el extremo inferior. El perno *c* es suficientemente largo para extenderse entre las varillas de refuerzo, y por medio de la gruesa placa de la rondana *d* y la pieza fundida *e* sujeta las varillas del marco de las trabes. Así pues, además de ayudar a mantener las varillas juntas, este perno asegura el inserto *a* al refuerzo de acero de tal manera que evita que se salgan del elemento, haciendo que el punto más débil del dispositivo esté en la raíz del perno roscado de 3/4 de pulgada.

Este dispositivo es relativamente caro y complicado de fijar en su lugar, pero tomando en cuenta su seguro anclaje a la estructura, es preferible a los pernos de mayor tamaño. Se puede improvisar rápidamente un anclaje de perno similar para sujeciones a cualquier tipo de refuerzo. Por esta razón, este método tiene una amplia aplicación. Para los requisitos usuales en la práctica comercial, sin embargo, un inserto de hierro fundido o hierro maleable de suficiente extensión proporciona amplio anclaje para pernos de 3/4 o de 7/8 de pulgada, y es más económico en costo y en tiempo de colocación.

Otros tipos de insertos no ajustables. Existen muchos tipos de insertos; algunos de ellos han sido patentados y otros son simplemente recursos que se han diseñado de vez en cuando para cumplir con los requisitos en la práctica de la construcción. La figura 2 muestra cuatro formas de receptáculos de hierro fundido o hierro maleable. El inserto que se muestra en la vista (*a*) consiste en una pieza fundida con puntas en forma de horqueta, con rosca interior para el perno requerido como se indica en *a*. Las puntas están fundidas con un gancho en los extremos para proporcionar adherencia o amarre adicional en el concreto, y, cuando el inserto se coloca en el centro de la viga o la trabe, esta forma se adapta admirablemente al refuerzo que consiste en tres varillas, porque la varilla del centro puede descansar en la horqueta. Estos insertos se aseguran a la tabla molde por medio de pequeñas lengüetas *b*, que tienen muescas para recibir clavos que se fijan a la tabla del molde.

El inserto que se muestra en (*b*) es algo similar en su diseño al inserto horquetado, y su forma asegura un buen amarre al concreto. Este tipo de inserto puede tener puntas fundidas en el lado como se muestra, o puede mantenerse en su lugar apoyando la parte superior lateralmente contra la cimbra de la viga, en cuyo caso el extremo inferior se mantiene en su lugar clavando un gran clavo en la tabla del molde, y permitiendo que el agujero, con rosca para el perno, se deslice sobre él.

Los insertos de carrete simple del tipo que se muestra en la figura 2 (*c*), se han usado ampliamente para pernos de 5/8 y de 3/4 de pulgada.

El inserto Philadelphia que se muestra en la figura 2 (*d*) tiene la ventaja de no necesitar rosca interior, ya que la tuerca del perno está insertada.

Insertos de tubo y sujeciones de pernos. El tipo de inserto que se ilustra en la figura 3 (*a*) consiste en un pedazo de tubo cortado y abierto en el extremo superior, como se indica en *a*, con una barra o bloque de hierro forjado soldado al otro extremo, en donde la porción sólida del

bloque está roscado para el perno *b*, que pasa a través de la tabla inferior *c* del molde.

El inserto que se muestra en la figura 3 (*b*) puede usarse en lugares donde no existe objeción a que el extremo del perno se extienda por debajo del sofito de la viga o de la trabe. Consiste en una barra *a* con rosca en un extremo, y ensanchada en el otro. El extremo inferior está provisto de una tuerca *b*, la cual forma un apoyo para colocar el perno en los moldes. Enroscando hacia arriba la tuerca *b* en el extremo con rosca, y pasando este último a través de un agujero en el tablón inferior del molde *d*, se puede atornillar una tuerca en el extremo saliente, tal como se muestra. De esta manera, el perno puede quedar asegurado al molde y ser mantenido allí rígidamente mientras se está vaciando el concreto. El extremo superior puede ser ensanchado, hendido y cortado, o si la viga o la trabe es de peralte considerable, este extremo se puede dejar tal como está, siendo suficiente la adherencia del concreto para sacar el máximo provecho de la sección neta del perno.

Pernos pasantes. Cuando es necesario instalar un mecanismo de transmisión pesado de un motor grande o de un generador de corriente, o cuando se tiene que instalar un motor pesado, sujetado al techo, se deben usar pernos pasantes, en vez de insertos. Si la posición que ocuparán estos pernos puede determinarse de antemano, se pueden colocar en los moldes y quedar ahogados en el concreto, en cuyo caso los extremos con rosca deben estar salientes. Sin embargo, esta práctica no es tan buena como la colocación de trozos de tubos en los moldes, con un diámetro interior suficientemente grande para permitir que los pernos pasen a través de ellos. Tales trozos de tubos se pueden colocar de manera más conveniente en los moldes que los pernos, y también proporcionan un agujero limpio, revestido de acero, en el concreto, a través del cual los pernos pueden deslizarse hacia adentro y hacia afuera con poca fricción. Tales trozos de tubo han gozado de un uso extendido en grandes construcciones industriales, en donde se colocan horizontalmente a través del núcleo de las vigas y trabes, para proporcionar una buena instalación a sistemas de ejes y de otro tipo, en posición elevada.

Si fuera necesario proveer de agujeros para pernos después de haber sido colocado el concreto, se puede perforar con una broca con punta de diamante. En todos los casos, tales agujeros deben estar localizados en los planos de modo que no se vaya a cortar o a dañar las varillas de refuerzo. Si se topa uno con las varillas, no solamente hay probabilidades de que la construcción se debilite al cortar el acero y dañar el concreto, sino que también será muy difícil hacer agujeros exactos para pernos. Es también difícil colocar cualquier tipo de sujeciones en el sofito de una viga de concreto reforzado, a menos que se tomen las precauciones en la colocación de la obra de concreto. Esto se debe al hecho de que al taladrar en el concreto, el refuerzo de acero se encuentra a una distancia de 1 1/2 a 2 pulgadas a partir de la superficie, y también, a que tales sujeciones deben tener la característica de un perno de expansión, que es un perno atornillado entre dos placas metálicas insertadas en el agujero taladrado. En el mercado existen muchos diseños de pernos de expansión, pero ninguno es confiable cuando se lo sujeta a tensión.

Insertos ajustables

Los insertos no ajustables han sido reemplazados en gran medida por alguna otra forma de

insertos que permiten un ajuste en la posición del perno insertado después de que la construcción se ha terminado. El inserto ajustable siempre es ventajoso cuando hay que instalar sistemas de ejes de maquinarias y otros aparatos.

La figura 4 muestra un tipo de inserto ajustable conocido como Hancock. Este dispositivo consiste en una envolvente de hierro maleable o fundido que se hace en mitades flojas *a*, y que se amarran con alambre a través de lengüetas o cuñas *b*, vaciadas a los lados. Sin embargo, antes de que las dos mitades del inserto se amarren juntas, se coloca debajo una tuerca *c*, en la cual se puede atornillar un perno desde abajo. Las piezas fundidas se arreglan con las uñas o los patines *d* en la cara del extremo por medio del cual el inserto puede ser atornillado o clavado al tablón del molde, y de esta manera asegurado en una posición derecha y segura cuando se coloca el concreto. El patín *e* en el extremo superior del inserto proporciona una adherencia adicional o una cuña al concreto.

El inserto Hancock está hecho en longitudes de 3, 4 y 6 pulgadas para pernos de 1/4, 3/8, 3/4 y 1 pulgada. Los pernos son capaces de un ajuste considerable, gracias al juego o margen que se hace en la tuerca en el rebajo de la pieza fundida.

El inserto de concreto ajustable conocido como Bigelow, probablemente ha disfrutado de un uso muy extendido, más que cualquier otro, especialmente en construcciones de concreto de pisos de losas planas. La pieza fundida, como se muestra en la figura 5 (*a*), está hecha de hierro maleable, y arreglada con una ranura *a* que se agranda en *b*, de modo que reciba la cabeza del perno. A fin de que la pieza fundida quede asegurada firmemente en el concreto, se la provee de una placa *d* y piezas conectoras *e*. Al lado del inserto en la cara, se hacen inscripciones *c*, en las que se pueden clavar clavos para fijar el dispositivo a los moldes de la losa. Este inserto está hecho para pernos de 1/4, 5/16, 3/8, 7/16 1/2 y 3/4 de pulgada.

Un receptáculo más recientemente inventado, que es similar en principio al que se muestra en la figura 5 (*a*), es el inserto Dayton que se muestra en la figura 5 (*b*) y (*c*).

El inserto Truscon, figura 5 (*d*), tiene un amplio margen de ajuste. Debido a su longitud, se debe colocar en una dirección paralela al refuerzo de tensión, pues de otro modo ocuparía el lugar destinado para el acero de refuerzo, reduciendo así el peralte efectivo de la losa.

Los insertos que se muestran en la figura 5 (*a*) y (*b*) pueden asegurarse a los moldes por cualquiera de los tres métodos mostrados en la figura 6. En el método que se muestra en (*a*) (que es el generalmente empleado), el inserto se asegura por medio de clavos a través de las lengüetas al lado de la pieza fundida; en (*b*) se emplea un perno con su cabeza en la ranura y pasando a través del tabla del molde; y en (*c*) se pasa una solera de acero o estribo sobre la parte superior de los tabloncillos del vaciado, y sus extremos se aseguran con clavos al molde. Los pernos pueden asegurarse al inserto por medio de contratuercas, como en la figura 7.

Insertos continuos para pernos con cabeza T. En la construcción de edificios de fábricas, a veces es deseable arreglar una ranura en la parte inferior de una viga o trabe de concreto, de modo que pueda introducirse un perno de cabeza T en cualquier punto a lo largo de toda la

extensión. El inserto Truscon que se muestra en la figura 5 (d) es especialmente útil como un inserto continuo. Se emplean varios otros métodos, siendo los principales los que se ilustran en la figura 8.

En (a), el perno tiene una cabeza en forma de T y está suspendido entre dos ángulos de acero *b*. El perno se inserta deslizando la cabeza T en sentido longitudinal en la ranura, y después, girándolo cuando está en la posición deseada, debe estar en ángulos rectos como se indica. Los dos ángulos de fierro se aseguran al concreto por medio del perno *d* con su yugo acompañante como se muestra en (b). La ranura *c* en la que se deslizan los pernos T se forma colocando un tablón en el molde cuando se cuela la viga.

Otro método para arreglar pernos ajustables se muestra en (c). Consiste en insertar un tubo e cerca del sofito de la viga de concreto. Este tubo se ranura y se separa de modo que reciba el perno con cabeza T como se muestra. El tubo se mantiene en su lugar en los moldes por medio de las cuñas o calzas *f* mientras el concreto está siendo vaciado. Para evitar que el tubo se salga del concreto, se usan soleras de hierro que pasan alrededor del tubo y que tienen sus extremos firmemente ahogados en el concreto. Una modificación de este método se muestra en (d). Aquí, se usa una forma forjada especial conocida como la vía, en lugar del tubo hendido. Esta forma se mantiene en el concreto por medio del perno enramado como se muestra. El perno T *a*, en este caso, es de una forma especial, con dos lengüetas *g* que se acomodan sobre los bordes de la vía.

El dispositivo para proporcionar un sujetador continuo para pernos que se muestra en la figura 8 (e), consta de dos canales de acero ligeros *h*, mantenidos aparte a la distancia requerida por medio de placas superiores e inferiores, o por separadores. Este arreglo de canales se asegura a la obra de concreto por medio del perno *d*. El perno *a* con cabeza T, en la vista (f), se puede insertar a través de la ranura formada por los patines inferiores de los canales, y cuando se le da una media vuelta se puede usar para asegurar sistemas de ejes para un equipo en cualquier posición.

Arreglo de insertos y sujetadores. Como se muestra en la figura 9, los insertos que se acaban de describir se pueden usar para asegurar el marco requerido para soportar sistemas de ejes. En este caso, se emplean los insertos en las vigas para roscar los largueros *b*, y de este modo, proporcionar un soporte firme y rígido para el colgador *c*. Generalmente, las trabes se hacen de mayor peralte que las vigas en las obras de concreto reforzado. Pero frecuentemente, es preferible hacer ambos conjuntos de miembros del mismo peralte, de modo que sus sofitos estén en un plano. De esta manera, se facilita grandemente el soporte de los sistemas de ejes y de otros equipos.

La figura 10 muestra otro uso de los insertos. En este caso, una vía de una viga *l* para elevador de cargas está soportada por dos canales de acero *d*. Estos canales se colocan espalda con espalda, estando espaciados por medio de separadores y pernos *a*, y asegurados a la viga de concreto con pernos *b*. La vía para el montacargas *c* puede ser sujeta a los canales de acero acanalados en cualquier punto. Los canales arreglados de esta manera soportarán, con toda seguridad, horquillas o ganchos, y son lo suficientemente fuertes para

soportar la carga colocada en los montacargas de este tipo.

Insertos de losas. Es una buena práctica en los trabajos de concreto reforzado, especialmente en plantas industriales, donde han de pasar alambres para la luz y los motores por encima de los sofitos de las losas del piso, ahogar pequeños insertos de hierro fundido, con roscas interiores de 1/4 de pulgada. Para este propósito, se puede emplear el tipo de inserto que se muestra en sección transversal en la figura 11 (a). Se pueden colocar varios insertos a intervalos sobre los tablonos de los moldes de la losa y cada inserto se puede mantener en su lugar con un clavo, como se muestra en la vista b, mientras el concreto está siendo vaciado. Generalmente, cinco o seis insertos son suficientes para un tablero.

Los insertos de losas siempre deben ser del tipo que pueda sujetarse con seguridad al molde de la losa. Puesto que están sujetos a un uso muy rudo, al colocar y apisonar el concreto se desarreglan y desplazan con facilidad, pudiendo fácilmente quedar inutilizados.

Este artículo fue publicado en *Concrete Construction*, diciembre 95/enero/96, y se reproduce con la autorización de NZ Concrete Construction de Nueva Zelanda.