



Avances en el cálculo de la corrosión



Nuevo calibrador para medir la velocidad de deterioro del acero en el concreto

Una empresa del Reino Unido ha creado un medidor para determinar automáticamente la velocidad y el potencial de la corrosión y la resistividad del concreto. Asegura que el mismo mejora notablemente los actuales métodos de inspección de estructuras.

Makers Industrial, una compañía especialista líder en la reparación del concreto, asegura ser la primera empresa comercial en el Reino Unido en ofrecer inspecciones que incluyen informes computarizados realizados por el medidor de la velocidad de corrosión, Gecor 6, que monitorea la condición del acero de refuerzo en una estructura de concreto.

Los actuales métodos de inspección dependen de mediciones potenciales que indican solamente una posibilidad de la corrosión existente en el acero de refuerzo.

"Sin embargo, los resultados pueden ser engañosos, particularmente en estructuras carbonatadas. En tales casos, se tienen que romper algunas áreas del concreto para una inspección visual, a fin de establecer el grado de corrosión del refuerzo existente", dice la compañía.

Asegura que la ventaja del Gecor 6 reside en que mide la velocidad a la cual está teniendo lugar la corrosión, y ha sido independientemente evaluada por el Consejo Nacional de Investigación en Washington, EUA., certificando que da "valores de la velocidad de corrosión que con mayor precisión se acercan a los valores reales".*

Al proporcionar información valiosa sobre la velocidad de corrosión causada por el ataque de cloruros o la carbonatación dentro de una estructura de concreto, una inspección con Gecor 6 "puede ser altamente rentable, ya que resalta las áreas que requieren atención e indican aquellas donde no se requiere o se requiere poco cuidado".

El acero de refuerzo corroído puede debilitar seriamente la estructura de concreto con el incremento en el volumen de agrietamientos por corrosión. Esto debilita la estructura, quitando la adherencia acero-concreto, causando astillamiento, permitiendo la penetración de agua y empeorando el ciclo daño-deterioro.

El Gecor 6, controlado por un microprocesador que incorpora un anillo de guardia controlado por un sensor para asegurar la precisión de las mediciones, opera con la técnica de resistencia de polarización, y automáticamente establece la velocidad y el potencial de la corrosión y la resistividad del concreto.

El Gecor 6 también registra temperatura, humedad relativa, tiempo, fecha y localización de las mediciones, todo lo cual toma entre dos y cinco minutos.

El sistema de mando del menú guía al operador a lo largo del procedimiento de instalación. Al tomar automáticamente las mediciones, puede almacenar cien lecturas que después pueden ser copiadas en una PC para el procesamiento de los datos, o en una impresión para utilizarse en el informe.

La compañía dice que la ventaja técnica y la rentabilidad del Gecor 6 han sido establecidas en "un número significativo de contratos, que incluyen una gran cantidad de puentes de carreteras, estructuras de concreto que sufren carbonatación".

* Makers Industrial dice que el Gecor 6 ha sido probado independientemente por:

. Programa Estratégico de Investigación de Carreteras (SHRP).

. Consejo Nacional de Investigación, Washington DC., 1993.

. Evaluación de la Condición de Puentes de Concreto en Relación con

la Corrosión del

Refuerzo. Volumen 2: Método de Medición de la Velocidad de Corrosión del Acero de Refuerzo.



Empalmes de tope y empalmes de traslape: ventajas comparativas

James R. Cagley y Richard Apple



A medida que los edificios de concreto reforzado han ido ganando altura, se ha visto la necesidad de limitar el empleo de los empalmes de traslape a determinadas condiciones de la estructura. Frente a éstos, los empalmes mecánicos a tope ofrecen ventajas que no implican una diferencia significativa en cuanto a costos.

Desde que empezó a usarse el concreto reforzado, los empalmes de traslape han sido el método aceptado para unir las varillas. Desde el punto de vista funcional, los empalmes se han comportado adecuadamente con varillas de tamaño pequeño, límites de tensión relativamente bajos, y cuando los edificios raramente exceden 15 pisos. Actualmente, los edificios de concreto reforzado están alcanzando cada vez mayores alturas hacia el cielo. Las Torres Petronas en Kuala Lumpur sobrepasaron recientemente los cien pisos.

En las prácticas comunes de diseño para marcos estructurales, se usan tamaños de varillas del núm. 8 (25 mm) hasta el 11 (35 mm) con límites de fluencia de 414 MPa (60 ksi) o 517 MPa (75 ksi). Los reglamentos aceptan resistencias del concreto de 55 a 83 MPa (8,000 a 12,000 psi) y se están utilizando cada vez mayores resistencias. El empleo de concreto de mayor resistencia, el cual es más susceptible a fallas por tensión por separación, considera longitudes de empalme más cortas, creando una condición cuestionable. Inversamente, las varillas con recubrimiento epóxico de un precio extra requieren longitudes de empalmes más largas.

Los trabajos de investigación sobre el acero de refuerzo convencieron al ACI de limitar el uso de empalmes de traslape a varillas núm. 11 o más pequeñas. El Reglamento del ACI de 1995 prohíbe los empalmes de traslape en miembros de enlace sujetos a tensión (12.15.5), y prohíbe los empalmes de traslape para las regiones de articulación plástica (R21.3.2). Los reglamentos modelo (BOCA, UBC, SBC) se adhieren a estos mismos requerimientos. Con estas decisiones tomadas por los cuerpos responsables de los reglamentos, queda cuestionada la integridad del principio de los empalmes de traslape, que exige que el concreto transfiera cargas en tensión y cortante.

El concreto es notablemente pobre en ambas de estas propiedades de transferencia de cargas.

Discusión

Cagley & Associates, Inc., estudiaron recientemente dos estructuras diferentes que estaban en proceso de diseño en su oficina de Rockville, Md. La primera estructura era un garaje de estacionamientos de 12 pisos en Harrisburg, Pa. La segunda era un laboratorio de química de tres pisos, para el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) en Washington, D.C. Cada estructura utilizó aproximadamente 7,600 m³ de concreto. Las dos estructuras emplearon diseños de marcos con base en el capítulo 12 del ACI 318-95. Solamente las varillas de columnas en el proyecto NIST requirieron empalmes, ya que las vigas emplearon acero de refuerzo continuo. Los empalmes de traslape se utilizaron en el garaje de estacionamiento.

Los empalmes mecánicos a tope se emplearon en el laboratorio de química NIST porque los empalmes de traslape hubieran forzado la relación acero / concreto a más del 8 por ciento en la zona de empalmes de traslape. El Reglamento del ACI prohíbe una relación mayor al 8 por ciento.

Para determinar los costos de mano de obra de la instalación, se consultó a cinco contratistas de acero de refuerzo sobre los costos comparativos de la instalación de los empalmes de traslape y de los empalmes mecánicos roscados a tope. El consenso fue que los costos de instalación eran iguales. Además, sólo se analizaron las varillas de las columnas. Si se hubieran considerado las vigas (que normalmente tienen longitudes de traslape más grandes), los costos de los empalmes de traslape hubieran sido más altos que los reportados.

Consideraciones estructurales: empalmes mecánicos a tope

El beneficio más importante al utilizar empalmes mecánicos a tope es la seguridad de mantener la continuidad de la ruta de carga del refuerzo estructural independiente de la condición o la existencia del concreto. El reglamento del ACI exige 25 por ciento de resistencia más alta para la varilla acoplada que el límite elástico de diseño. Esto asegura el buen comportamiento

muy adentro de la región de endurecimiento por deformación.

En regiones sísmicas, las demandas dinámicas colocadas en las estructuras son extremas. Los empalmes mecánicos mantienen la integridad estructural cuando las varillas están esforzadas en el rango inelástico. Los empalmes de traslape con frecuencia infringen la región de articulación plástica, violando los requisitos del reglamento. Los empalmes mecánicos pueden ser fácilmente localizados fuera de estas regiones de alta tensión.

En las regiones costeras y de franjas de nieve, la corrosión del refuerzo debido a los cloruros conduce a la delaminación y astillamiento del recubrimiento de concreto, haciendo inefectivos los empalmes de traslape. Cuando el concreto se cae, un empalme de traslape es ineficaz.

Un ejemplo trágico del efecto de la pérdida de continuidad de la ruta de carga se encuentra en el informe ASCE-FEMA sobre el Edificio Murrah en la ciudad de Oklahoma, Okla. Una falla catastrófica de la estructura fue resultado de la remoción de una columna. Los investigadores determinaron: "Pudo haberse evitado hasta 85 por ciento del colapso progresivo si la estructura hubiera utilizado marcos de momento especiales". Con el empleo de empalmes mecánicos a tope, los marcos de momento especiales incorporan refuerzo continuo y continuidad de ruta de carga.

Adicionalmente, los empalmes a tope reducen la congestión del refuerzo. La congestión causada por los empalmes de traslape que doblan la relación acero / concreto crea problemas no solamente mientras se coloca la varilla, sino también durante la compactación del concreto. Al eliminar los empalmes de traslape también se libera espacio para las operaciones de postensado.

La economía de los empalmes mecánicos a tope

Las disposiciones ejecutivas federales 12699 y 12941 ordenan diseño con seguridad sísmica en toda construcción de nuevos edificios regulados o asistidos federalmente, y en todos los edificios existentes de propiedad federal o arrendados. Estos dos órdenes ejecutivos son parte de un movimiento para hacer que todos los edificios ocupados por cualquier departamento o agencia federal alcancen los estándares sísmicos, sin importar

la región geográfica. El diseño sísmico incluye marcos de momento especiales con una ruta de carga continua en el acero de refuerzo por el uso de empalmes mecánicos a tope.

El gobierno federal es el arrendatario más grande de espacios de oficinas en el país. Los propietarios de edificios que actualmente están rentando o que planean rentar a una agencia gubernamental, deben estar conscientes de que el cumplimiento de estas disposiciones ejecutivas es obligatorio.

Muchos compradores potenciales de edificios están insistiendo en inspecciones precompra por parte de un ingeniero en estructuras, para determinar la integridad del edificio o el cumplimiento del reglamento sísmico. Los cuerpos de los reglamentos también están considerando requisitos adicionales de integridad estructural. El comprador con frecuencia declinará la compra si el edificio no cumple con los estándares del reglamento. El actual propietario puede incurrir en los gastos para mejorar la estructura o tener que conformarse con la pérdida de su valor.

Está en marcha un movimiento de los ingenieros estructurales de California para pedir a las grandes compañías de seguros que reduzcan los porcentajes de las primas en los edificios diseñados y construidos sin los marcos sísmicos especiales. El principio es el mismo que el de un edificio con un sistema superior de rociadores contra el fuego, que cotizan una prima más baja. Si se logra este propósito, la prima más baja sobre la vida de la estructura significará mayores ahorros.

Conclusión

Los resultados de este estudio han demostrado que el costo asociado a la mejora de una estructura empleando empalmes mecánicos a tope fue de menos de 0.2 por ciento del costo total de la estructura. Como se hizo notar previamente, el análisis sólo tomó en cuenta las varillas de columna y no consideró el acero de las vigas, contemplando así el peor de los casos.

Las ventajas estructurales y económicas adicionales de los empalmes a tope sobre los de traslape hacen que la relación costo / beneficio sea extremadamente atractiva. Los empalmes mecánicos dan a la estructura rigidez y continuidad de ruta de carga adicionales que los empalmes de traslape no pueden

ofrecer.

Se exhorta a realizar mayor investigación sobre el comportamiento de los empalmes de traslape cuando se utilicen con materiales de alta resistencia.

Los empalmes mecánicos de tope (Izquierda) reducen la congestión del refuerzo. La congestión causada por los empalmes de traslape (derecha) duplica la relación acero-a-concreto(ver), y crea problemas no sólo al posicionar el acero de refuerzo, sino también durante la compactación del concreto.

(Recuadro:)

Análisis de costos

Garaje PNI, Harrisburg, Pa.

Costo total del proyecto: \$ 8.5 millones

Costo de la opción del empalme de traslape (utilizada): \$ 139,653

Costo de la opción del empalme a tope: \$ 158,583

Diferencia : \$ 18,930

Costo de acoplador adicional: \$ 18,930 = 0.00223

(0.2 % más en el costo total al usar empalmes mecánicos)

Laboratorio Químico NIST, Washington, D.C.

Costo total del proyecto: \$ 52 millones

Costo de la opción de empalmes de traslape : \$ 155,719

Costo de la opción de empalmes a tope (utilizada): \$ 221,092

Diferencia: \$ 65,373

Costo del acoplador adicional: \$ 65,373 = 0.00126

(0.13 por ciento más en el costo total al usar empalmes mecánicos)



James R. Cagley, de FACI, es presidente del Comité 318 del ACI, Reglamento de Construcción Estándar, y exmiembro del Consejo de Dirección. Es el director de Cagley & Associates, Inc., una firma de ingeniería estructural localizada en Rockville, Md. La firma está afiliada al Grupo Cagley.

Richard Apple es miembro del ACI, y vicepresidente y gerente de proyectos de Cagley & Associates, Inc., responsable del análisis, diseño y producción de sistemas estructurales para nuevos proyectos. Obtuvo su licenciatura en ingeniería arquitectónica en la Universidad Estatal de Pennsylvania

Este artículo fue publicado en *Concrete International* y se reproduce con la autorización del American Concrete Institute.



Impacto en los costos del concreto arquitectónico premoldeado

Ralph C. Robinson



Infinitas son las posibilidades estéticas cuando se trabaja con concreto arquitectónico premoldeado, y los resultados que se logran tienen mucho que ver con la creatividad del diseñador al manejarse dentro de los límites establecidos por el presupuesto de la obra. En este artículo se consideran cuatro categorías de decisiones importantes vinculadas con el problema de los costos.

En el número de noviembre de 1992 de *Concrete International* ("Concreto Arquitectónico Premoldeado - La Paleta de Colores Completa"), se estableció que el concreto arquitectónico premoldeado (CAP) era el colorido pavo real de la "granja" del concreto. Este artículo discute las implicaciones en los costos para la mayoría de las decisiones estéticas que realiza el diseñador. (Para información más específica, deberá consultarse a un fabricante de premoldeados bien informado.)

La amplia gama de elecciones de diseño que son posibles en el CAP, específicamente en la forma, tamaño, color y textura, exceden el número de elecciones disponibles en cualquier otro material de construcción. La gama de elecciones puede hacer que un diseñador llegue al extremo de estar "muy emocionado," pero con resultados frecuentemente frustrantes cuando se considera el total del presupuesto. El interés del autor consiste en mostrar las implicaciones en los costos de las decisiones en el diseño, sin destruir la importancia de la creatividad en el uso del CAP.

Si la regla fundamental en los bienes raíces es la "localización," la regla fundamental del CAP es la "repetición". Cada operación en la producción del CAP, desde el encofrado hasta el colado y el acabado, se benefician con la repetición. La instalación de unidades requiere altos costos en mano de obra y equipo. La repetición de unidades y consistencia de diseño de conexiones ofrece reales dividendos en el lugar de la obra.

Volviendo a nuestro énfasis en el diseño, examinemos cuatro

categorías de decisiones importantes: forma, tamaño, color y textura.

Forma

El CAP es un material moldeado a pedido especial; la forma menos costosa es la forma plana. Al agregar acabados en los bordes se incrementa el área terminada, pero el costo unitario es aproximadamente el mismo que si fuera plano. En los paneles planos, las rusticaciones se deben mantener a un espaciamiento uniforme para el mejor control en los costos. El uso de forros de encofrado prefabricados estándar es una manera económica de realzar la apariencia de los paneles planos. Al usar forros de encofrado con patrones que se repiten regularmente, el diseñador debe coordinar los tamaños de los paneles con las dimensiones de los patrones en los forros. Los insertos de los forros de encofrado deben terminar en la mocheta de un panel o una rusticación si no cubren el panel completo.

Los cambios en el plano según el proyecto de un edificio en las esquinas, en las proyecciones, etc., pueden hacerse con paneles planos, usando una junta a tope en un retorno o una esquina en inglete, las que siempre deben incorporar una estría (véase la figura 3) al menos tan grande como el agregado más grande utilizado.

Las mismas reglas se aplican en los durmientes y en los retornos de los sofitos. Si los patrones de las juntas requieren que los paneles se doblen en vez de ser junteados en la esquina, los paneles pueden tener retornos integrales de 1.2 m o más. Generalmente, cuanto más grande es el retorno, mayor es el incremento en el costo unitario de los paneles planos. Dependiendo de los requisitos de acabado, muchos fabricantes de premoldeados elijen producir paneles con al menos un retorno de 0.3 m por medio del colado en etapas.

En el colado en etapas se cuela una sección plana con un acero de refuerzo proyectándose, seguido de una rotación a la vertical en el molde, y al siguiente día se cuela la sección plana adicional. La mano de obra del colado para hacer esto es mayor que la del colado de un retorno de una pieza, pero los costos del moldeado y del acabado generalmente son menores. Los costos de la erección de esquinas de dos piezas planas

pueden ser mayores que los de los retornos de una pieza, pero la alineación de un retorno de una pieza puede ser engañoso.

El diseño de paneles planos puede ser más interesante si se utilizan costillas proyectantes o narices de toro. Es cierto que esto es más difícil de moldear que las jambas con incisiones, pero la disposición cuidadosa con el reúso de buenos moldes, puede minimizar el costo del agregado.

Los recubrimientos de columnas y maineles también ofrecen múltiples elecciones. Los recubrimientos de columnas pueden ser rectangulares, redondos o elípticos. Los recubrimientos regulares pueden ser de cuatro piezas con todas las unidades planas, en forma de "U" con una pieza de cierre plana separada, o dos piezas en forma de "L".

Las piezas planas son las menos costosas de producir, pero las necesidades de diseño, así como los costos de erección y conexión, pueden hacer que sean preferibles las formas de paneles más costosas.

Las esquinas en inglete requieren estrías, como se hizo notar previamente. Los recubrimientos redondos o elípticos generalmente se hacen en dos piezas iguales. Cuando las unidades son apiladas para columnas más altas, es aconsejable girar los recubrimientos redondos 90 grados con cada hilada, de modo que no sean evidentes las pequeñas alineaciones defectuosas de las juntas. Las bases de columnas y de capiteles, con frecuencia se pueden moldear como parte del recubrimiento típico. Aunque los costos del moldeado y del colado pueden incrementarse, es factible simplificar la colocación, el alineamiento y la conexión de herrajes.

Los muliones son generalmente secciones sólidas con secciones transversales ahusadas o rectangulares a 90 grados. Se puede usar una "nariz" redonda y la sección transversal puede incorporar detalles semigóticos. La máxima repetición y el suficiente ahusamiento para permitir que el producto sea separado del molde, son importantes provisiones del costo. La sección transversal debe ser lo suficientemente grande para dar un recubrimiento adecuado al refuerzo (véase ACI 533). Los paneles de CAP curvos en el plano pueden lograrse fácilmente en la operación normal del taller del fabricante de

premoldeados, en comparación con la fabricación típica de largas líneas de paneles metálicos, en donde la única solución rentable puede ser los segmentos planos. Nuevamente, el factor importante es la repetición; trate de usar un solo radio para maximizar el reúso de los moldes.

El CAP es un material moldeado y, como tal, puede exhibir formas esculturales limitadas únicamente por el costo. La manera más económica para lograr efectos esculturales es con patrones con incisiones. Los forros de encofrado estándar o específicos para una obra dan patrones repetitivos; con frecuencia se usan logotipos de corporaciones, letras y otros diseños a pedido especial que pueden cortarse de espuma estructural o de madera. A menudo se emplean las formas tradicionales extraídas del léxico arquitectónico clásico. Las formas con rebajos y detalles finos pueden ser difíciles de lograr para productores de paneles en gran volumen. Nuevamente, la repetición es esencial para el control de los costos. Como se hizo notar previamente, se repite aquí para su énfasis, es necesario consultar a los fabricantes de premoldeados para estar seguros de que ellos pueden cumplir con los requisitos que se pretenden.

Tamaño

Existen algunos límites absolutos en el tamaño del panel que deben ser considerados. El concreto reforzado de peso normal para la mayoría de las aplicaciones del CAP deben calcularse a $2,483 \text{ kg/m}^3$. El concreto estructural de peso ligero usualmente se produce en una variedad que va de 1842 a 1922 kg/m^3 . El grosor de los paneles está limitado por las dimensiones de la cara (graficadas en el Manual 117 del PCI).

Las limitaciones en el peso empiezan con la manera en que el productor de premoldeados maneja el equipo. Es aconsejable consultar a los fabricantes de premoldeados en el área del proyecto para asegurarse de que los paneles diseñados pueden manejarse con equipo normal. La mayoría de los productores puede manejar paneles en un abanico de 10 a 15 toneladas. Es preciso verificar para estar seguro.

Las limitaciones en la transportación por medio de camiones afectan tanto el peso como el tamaño. Las cargas de 20 a 25 toneladas pueden requerir permisos especiales. Los paneles de

4 m de alto y 3.3 m de ancho pueden requerir permisos especiales o carros piloto. Los paneles altos pueden cargarse en armazones inclinados especiales. Normalmente, éstos están limitados en su número y representan un aumento en los costos de transportación. Debido a lo limitado del número, la descarga inmediata en el lugar de la obra puede ser una necesidad costosa. Se puede considerar que una carga útil para el transporte en camión es de un máximo de 20 toneladas, 2.4 m de ancho, y 2.4 m de alto y 12 m de largo.

Excederse de estos límites requiere una consulta especial.

Una vez que se han considerado los factores anteriores, la determinación del tamaño "exacto" del panel involucra requisitos estéticos, análisis estructural, y el logro de la máxima repetición. Los requisitos estéticos que afectan el tamaño de los paneles incluyen la localización de juntas, el tamaño de las mismas, y los patrones de la fachada.

Localización de juntas

La localización de juntas usualmente se determina por la separación de la fachada entera. Las ventanas con tiras continuas exigirán paneles de relleno con juntas verticales alineadas con los muliones. Los patrones de fachadas con columnas y formas de relleno usualmente tienen antepechos que se extienden entre las columnas estructurales con recubrimientos de columnas de uno o dos pisos de altura. Las ventanas "perforadas" en paneles de una pieza alrededor de la ventana pueden ser muy eficientes en término de costos de la erección, pero la altura del piso y el sistema estructural pueden exigir tamaños de paneles que sean difíciles de cargar y transportar.

Tamaño de las juntas

El tamaño de una junta puede ser considerado una decisión estética, pero en realidad, el tamaño mínimo de la junta está determinado por tres conjuntos de tolerancias: 1) tolerancia del producto, la cual más comúnmente utiliza los límites establecidos en el Manual 117 del PCI; 2) tolerancia de marcos, la cual es establecida por el ACI para marcos de concreto o por AISC para marcos de acero, y 3) tolerancia en la erección, establecido, como se dijo antes, en el PCI 117.

Diseñar tamaños de juntas que no tomen en consideración las tolerancias de construcción acumuladas causará problemas de campo que requieren soluciones costosas. La determinación del tamaño de las juntas puede impactar las consideraciones estructurales.

Análisis estructural

El análisis estructural del edificio está más allá del alcance de este artículo, pero los factores principales que se deben considerar al tomar decisiones sobre el tamaño de los paneles son la capacidad de la viga de borde, el espaciamiento de las columnas, el corrimiento de piso, el viento y las cargas sísmicas. Todo esto afecta las limitaciones estéticas del tamaño previamente discutidas.

Color

El CAP es un producto de cuatro ingredientes: cemento, agregado, arena y agua. Todos estos afectan su color, excepto el agua.

El cemento se halla disponible en varios tonos de gris; en algunas áreas, puede conseguirse cemento color ante, mientras que el cemento blanco, con pequeñas diferencias entre un blanco azulado y un blanco amarillento, puede obtenerse en todas las áreas.

Los agregados son gravas naturales o bien piedra triturada; las gravas redondeadas o las formas trituradas cúbicas resultan mejor para el CAP. Deben evitarse los pedazos astillados o planos y delgados. Los colores del agregado natural van desde el blanco hasta el negro. Las arenas naturales y las trituradas tienen básicamente el mismo abanico de colores que los agregados. La matriz o los colores del cemento/arena pueden intensificarse todavía más con la adición de pigmentos.

Existen elecciones adicionales de color en una amplia gama de recubrimientos, incluyendo "manchas" translúcidas, pinturas y sistemas multicomponentes sofisticados, virtualmente disponibles en cualquier tono.

Las unidades para revestimiento, incluyendo ladrillo, azulejos de cerámica y piedras, incrementan todavía más las

posibilidades de color del CAP.

Textura

Es imposible separar de la textura el impacto visual, así como también el costo del color en el CAP. La textura se logra con operaciones de moldeado y acabado. Los moldes pueden tener superficies lisas o simples, o pueden incorporar forros de encofrado estándar o con textura específica para un proyecto. Los forros de encofrado van desde simples copias de concreto sopleteado con arena o martelinados, hasta costillas lineales, amarilladas, o copias de texturas de piedra natural. Las esculturas exóticas hechas de arena, y los moldeados producidos por artistas se agregan a la lista de diseños posibles.

La textura en el acabado empieza con el acabado más simple en un molde "tal como es colado." El acabado texturizado fino, tal como corrosión con ácido y sopleteado abrasivo ligero, expone principalmente la matriz de arena/cemento, cuyo color determina el efecto final. La corrosión deja la arena definida y limpia, mientras que el sopleteado opaca la superficie, disminuyendo la intensidad de los colores. El sopleteado más profundo, la retardación química o la corrosión con ácido, exponen más agregado grueso, el cual se convierte después en el colorante dominante.

Pueden usarse en el CAP procesos de acabado de piedra natural tales como el esmerilado, acabado mecánico y martelinado, proporcionando texturas algo similares a la piedra.

Los costos en las combinaciones de color/textura se ven afectados por los costos de los ingredientes y la mano de obra. El costo del cemento se basa en el color gris, que es el más bajo; el color ante es ligeramente más alto, y el blanco es el más caro. La grava o la piedra para concreto locales no seleccionada en su color, son los ingredientes más bajos en cuanto a costo. Las piedras y las gravas coloreadas varían en el costo, dependiendo en gran medida de la distribución geográfica, pero son más caras que los materiales de concreto locales. Los costos de la arena son similares a los del agregado. Generalmente se usan pigmentos en muy pequeñas cantidades; su costo depende más de la mano de obra en la dosificación que del costo del material, con la posible

excepción de los tonos muy brillantes de azul y verde, que no pueden lograrse con los pigmentos de óxido normales.

El costo de la mano de obra en el acabado es algo subjetivo, con relaciones de costos que varían de un proveedor a otro. Sujeto a las preferencias locales, los costos en el acabado varían como sigue:

1. Acabado de molde tal como queda al colarse (molde simple).
1. Tal como queda al colarse en forros de encofrado en existencia.
1. Acabado liso con costal (con las pequeñas cavidades rellenas).
1. Sopleteado abrasivo (sujeto a regulaciones ambientales).
1. Forro de encofrado liso a pedido especial.
1. Químicamente retardado.
1. Corroído con ácido (sujeto a regulaciones ambientales).
1. Nervaduras martelinadas, amartilladas o con acabado mecánico.
1. Esmerilladas desde lisas hasta pulidas.
1. Las superficies recubiertas pueden variar desde un alisado con costal hasta esmerilladas, dependiendo del recubrimiento elegido.
1. Las unidades para revestimiento con frecuencia se evalúan agregando el costo del revestimiento al costo de los paneles tal como quedan al colarse.

Conclusión

Cualquiera que sea el acabado que se elija, no hay que olvidar nunca el valor de la repetición. La mayoría de los fabricantes de premoldeados agradecen la oportunidad de ofrecer alguna recomendación a los diseñadores sobre la mejor manera de usar el CAP. Es aconsejable hacer un presupuesto preliminar

en cualquier etapa del diseño, empezando con el desarrollo del mismo, para cualquier proyecto que difiera de experiencias anteriores del diseñador, ya sea en cuanto a complejidad o escala.

(Pies de foto:)

Figura 1. Vistas de un plano del junteo de paneles para cubrir columnas

- a) Se recomienda mocheta en la junta
- b) No se recomienda junta lisa
- c) Otros tratamientos de esquinas
- d) Use "estrías" en las juntas a inglete
- e) Se recomienda mocheta en las juntas
- f) No se recomiendan juntas lisas

Figura 2. Adición al edificio de Química, Universidad de Washington, Seattle, Wash. Esta foto ilustra dos colores de concreto sopleteado: verde y café.

Figura 3. Colado en etapas

- a) Refuerzo según el proyecto.
- b) El lado "menor" se coloca vertical
- c) Primero cuele el lado "menor"
- d) Cara
- e) Inglete con estría
- f) En segundo lugar, cuele el lado "mayor"
- g) "Estría"
- h) 3/4" es el tamaño práctico más pequeño
- i) Sellador
- j) Para duplicar el inglete real

k) Sellador (ver) falso

l) Para duplicar la junta a tope real

Figura 4. Estacionamiento de la Plaza Washington, Beaveton, Oregon. Esta foto ilustra paneles con forros de encofrados con marcos en los bordes y revestimientos aplicados en dos colores.

Figura 5. Adición al Hospital Sueco, Seattle, Wash. Esta foto ilustra cuatro acabados: 1) macetero decorativo hecho de piedra colada en un color rosa claro; 2) bases de columnas en rosa más oscuro; 3) recubrimientos de columnas en rosa mediano; y 4) paneles para fachada curvos, color rosado, sopleteados con arena.

Ralph C. Robinson, miembro del ACI, es vicepresidente de comercialización, Olympian Precast, Redmond, Washington. Es miembro del Comité 533 del ACI; Paneles Prefabricados, y del Comité 544 del ACI, Concreto Reforzado con Fibras. Es también miembro de los Comités E06, C09, C18 y C27 de la ASTM.

Este artículo se publicó en *Concrete International* y se reproduce con la autorización del American Concrete Institute.



Sistemas para renovar superficies de concreto

Bruce A. Suprenant



Se puede agregar color, patrón y textura a las superficies de concreto existentes utilizando recubrimientos cementantes modificados con polímeros y plantillas de papel o plástico. Aquí encontrará todo lo que hay que saber para la preparación de la superficie y la aplicación del producto de renovación.

Con una infinidad de arreglos de patrones y colores, los sistemas cementantes de renovación de superficies modificados con polímeros pueden agregar belleza a aceras, calles privadas, patios, plataformas de albercas y otras superficies existentes de concreto. Los sistemas pueden emplearse incluso en superficies verticales tales como muros y peldaños.

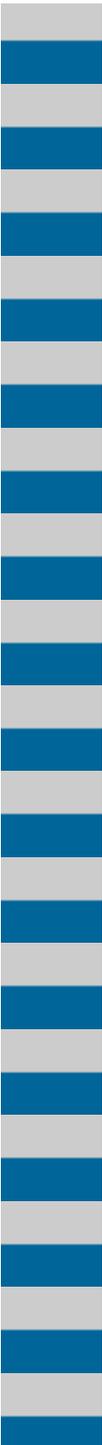
Los componentes de renovación incluyen un polímero líquido, aditivo colorante, y cemento portland premezclado y agregado fino. Los materiales se mezclan en el lugar con agua y luego se aplican en una o dos capas. Se puede utilizar el material de renovación solo o con plantillas de papel o plástico, lo que le permite crear una variedad de patrones (véanse las fotos).

Gracias a que los sistemas de renovación de superficies son fáciles de aplicar y rentables, se están convirtiendo en opciones populares para revitalizar superficies de concreto. Usted puede aprovechar este creciente mercado aprendiendo los pasos básicos para la aplicación de renovadores de superficie, así como la manera de preparar apropiadamente el concreto existente.

Preparación del concreto existente

El éxito en la renovación de una superficie depende de la preparación apropiada del sustrato de concreto subyacente (figura 1). Para asegurarse de que el concreto existente está adecuadamente preparado antes de la renovación de la superficie, haga lo siguiente:

- Barra todo el concreto y escombros sueltos.

- 
- Quite toda pintura, mugre, aceite o grasa.
 - Nivele, cuando sea necesario, con lechada cementante.
 - Utilice hojas de plástico para cubrir todas las áreas adyacentes a la losa que requieran protección
 - Asegúrese de que el sustrato esté seco antes de la operación de renovación.

Algunos fabricantes de sistemas de renovación de superficies requieren que el concreto esté picado con ácido. Si esto es necesario, siga las instrucciones del fabricante y tome las precauciones de seguridad apropiadas.

Qué hacer con las grietas. Preparar las grietas es un paso muy importante, ya que ellas pueden reflejarse a través de la superficie renovada y son difíciles de reparar. Las grietas menudas o las grietas por contracción plástica pueden ser cubiertas directamente con la operación de renovación; no se requiere preparación. Para manejar grietas más grandes, los fabricantes recomiendan varios procedimientos:

- Rebaje la grieta y llénela con una resina epóxica.
- Cubra la grieta, aplique una resina de polímero y aplane con llana en una o dos capas de malla de fibra de vidrio para formar un sistema de supresión de grietas.
- Considere la grieta como parte del patrón de renovación de la superficie rebajando y rellenando con calafateo de uretano del mismo color. Si la grieta es recta, puede ser incorporada en juntas planeadas. Las grietas movibles de formas irregulares pueden ser rebajadas y rellenadas con epoxia, y después aliviadas de tensiones con un corte de sierra a lo largo de ese lado. El corte de sierra directo puede incluirse en el patrón de renovación de la superficie. La figura 2 muestra una losa agrietada que fue reparada y renovada.

Puesto que las recomendaciones de los fabricantes para la reparación de grietas y las garantías de los materiales y rendimiento de los sistemas varían, lea cuidadosamente la literatura del producto antes de preparar la superficie.

Cuándo quitar y reponer el concreto. Algunas losas de concreto no son buenas candidatas para la renovación de la superficie. Si el sustrato está flojo o es inestable, o el concreto tiene agrietamiento extenso o un drenaje de agua inadecuado, quite la losa y repóngala.

Materiales de mezclado y renovación

Los componentes cementantes para la renovación modificados con polímeros vienen premedidos para un mezclado fácil con agua en el lugar. Los fabricantes entregan el polímero líquido en cubetas de cinco galones, y el cemento portland premezclado y el agregado mineral extra fino, en bolsas preempacadas. Algunos fabricantes embolsan el aditivo colorante con el cemento portland y el agregado fino. Otros lo entregan como un ingrediente separado que debe ser medido y agregado a la mezcla.

Siga las proporciones recomendadas de polímero / agua / polvo que da el fabricante. Mezcle los materiales en una cubeta de 18 litros durante un lapso de tres a cinco minutos utilizando una mezcladora de paletas; vierta luego la mezcla en el concreto existente y extiéndala con una llana de madera o una escoba de goma (jalador). Si lo prefiere, aplique el material empleando una pistola pulverizadora de yeso o estuco.

La mayoría de los fabricantes empacan los materiales secos en bolsas de 23 kg, ya que el contenido completo puede mezclarse con el agua y el polímero en una cubeta de 18 litros. Además, la mezcla resultante cubre habitualmente nueve metros cuadrados, de modo que los contratistas saben cuánto material hay que emplear para una área particular.

Aplicación del producto de renovación

La aplicación del producto de renovación es un proceso simple que comprende cinco pasos:

1. Aplique la capa base.
2. Instale la plantilla.
3. Aplique la capa superior
4. Limpie.

5. Selle la superficie.

Puesto que cada producto del fabricante es ligeramente diferente, asegúrese de revisar las instrucciones antes de empezar el trabajo. Aquí tiene un resumen de los procedimientos generales que recomiendan la mayoría de los fabricantes para la renovación de superficies de concreto.

Aplique la capa base. Aplane, aplique con escoba de goma, o en spray, la capa base en la superficie de concreto con un grosor de aproximadamente 0.3 a 0.6 cm. Si usted desea una superficie texturizada, aplane la capa base después de aplicarla con una escoba de goma o un pulverizador.

Aunque la mayor parte de las capas base están íntegramente coloreadas, usted también puede agregar color aplicándolo a las mismas. Si las grietas en el concreto van a formar parte del patrón, píntelas del mismo color que la capa base. La pintura coloreará los lados de la grieta, haciendo que sea menos notoria después que la operación de renovación se haya completado. Si usted desea crear líneas de lechada al utilizar una plantilla, emplee un color diferente para la capa base y para la capa superior.

Instale la plantilla. Las plantillas de papel o de plástico, algunas reusables, pueden comprarse en una gran variedad de patrones para producir superficies de concreto que se parezcan a ladrillos o piedras. En vez de las plantillas, algunos contratistas usan fajas o cintas de filamento para formar líneas de lechada, colocándolas en un patrón cruzado.

Después que la capa base se seque (el tiempo típico para el secado es de aproximadamente una hora), coloque la plantilla sobre la base, asegurándose de que esté correctamente colocada y puesta en escuadra. Algunas plantillas tienen un respaldo de cinta, y se adhieren a la capa base; otras pueden ser ancladas con tachuelas. Para grandes áreas que requieran más de una plantilla, asegúrese de que las plantillas tengan una línea de emparejamiento y que se ajusten al área que está siendo cubierta. Las plantillas pueden ser traslapadas y pegadas con cinta o sujetadas con tachuelas.

Examine el área que está siendo renovada antes de decidir cómo arreglar las plantillas. Después, extienda éstas como usted extendería un patrón de mosaicos en un piso. Use

franjeas o cinta de filamentos, cuando sea necesario, para extender las líneas de lechada en las esquinas y los bordes.

No intente poner un patrón de plantilla cuadrada o rectangular en un área de forma irregular. Considere el empleo de un patrón al azar que se ajuste al área.

Aplique la capa exterior. Aplique con espray, escoba de goma o llana, la capa exterior, cubriendo completamente la capa base, las plantillas y cualquier cinta. Si usted no está dando un patrón a la superficie con el empleo de plantillas, puede ser que no necesite una capa exterior.

La capa exterior debe tener el mismo grosor que la capa base (0.3 a 0.6 cm), y puede ser del mismo color o de un color contrastante, dependiendo de la vista deseada. Al igual que la capa base, la capa externa puede ser pintada después de la aplicación.

Si usted desea agregar textura a la capa externa, utilice una llana, un rodillo texturizado o carpetas con textura. Antes de emplear carpetas con textura, extienda un agente antiadherente sobre la superficie de concreto para asegurar que las carpetas no levanten la capa externa. Cuando la capa externa esté seca (por lo regular después de aproximadamente una hora), usted puede emplear el borde de una llana para desbastar la superficie si se desea más textura.

Limpie. Despegue la plantilla y cualquier cinta. Si usted tiene dos capas de cinta colocadas en un patrón cruzado para formar líneas de lechada, quite la capa superior, luego la capa inferior. Finalmente, use una escoba dura y un soplador de gas o eléctrico para remover cualquier remanente de desbaste suelto u otros materiales.

Selle la superficie. Permita que la capa superior seque completamente al menos durante 48 horas, o más tiempo si el clima es frío o húmedo. Luego aplique un colorante claro o de color. Los fabricantes recomiendan extender una o dos capas.

No mezcle e iguale selladores. Utilice el sellador recomendado por el fabricante, ya que algunos selladores están igualados con el color de la capa exterior.

Si las grietas han de ser calafateadas con uretano de color

igualado, verifique con el fabricante para determinar si esto debe hacerse antes o después del sellado. Un sellador puede evitar que el uretano se adhiera a los lados de la grieta.

Para mantener la máxima resistencia a la mugre y a las manchas, los fabricantes recomiendan volver a sellar las superficies cada dos años o cuando sea necesario.

Las operaciones de renovación en condiciones de congelación y deshielo

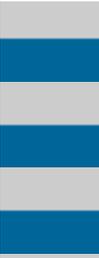
Aunque no se dispone de datos de prueba, los fabricantes informan que los sistemas cementantes de renovación de superficie modificados con polímeros son resistentes a las condiciones de congelación y deshielo, con base en el comportamiento de los sistemas en climas fríos. Un fabricante dice que su sistema ha sido empleado en Ontario durante más de 123 años para la renovación de las superficies de banquetas. Otro fabricante asegura que su sistema ha sido utilizado en plataformas de albercas, patios y caminos particulares al norte del estado de Nueva York, durante más de ocho años, sin tener evidencia de agrietamiento o descascaramiento.

Pero Jeff Potvin, director de ingeniería en Increte Systems Inc. en Tampa, Fla., recomienda precaución al emplear la renovación en concreto que no se está comportando bien en un ambiente de congelación y deshielo. Aunque la renovación de la superficie probablemente se comporte bien, estaría adherida al concreto con muchas probabilidades de descascararse o escamarse.

(Pies de foto:)

Los sistemas cementantes de renovación de superficies pueden emplearse para rejuvenecer aceras, patios, caminos particulares y otras superficies de concreto. Pueden crearse patrones que se parezcan a ladrillos o piedra cuando se utilice el sistema de renovación con plantillas de papel o plástico.

Figura. 1. La atención cuidadosa a la preparación del sustrato permite que los sustratos de concreto sanos, aunque gastados, como es el caso de esta terraza cubierta, sean renovados exitosamente. Hay que asegurarse de remover cualquier pintura, aceite, grasa y escombros sueltos antes de aplicar la



renovación de la superficie.

Figura 2. Antes de renovar la cubierta de esta alberca, los trabajadores rebajaron y rellenaron las grietas más grandes e incorporaron las juntas de contracción al patrón de renovación.

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



¿Cuán limpia debe estar la varilla corrugada?

Bruce A. Suprenant y Ward R. Malish

La mayoría de las especificaciones exigen que el refuerzo esté libre de materiales dañinos. Sin embargo, ¿tienen los contaminantes de construcción comunes un efecto perjudicial en la adherencia?



Los agentes descimbrantes, los eliminadores de adherencia, las salpicaduras de cemento, contaminan a veces el acero de refuerzo antes de la colocación del concreto. Sin embargo, el ACI 301-96, Especificaciones Estándar para Concreto Estructural,¹ dice: "Cuando se coloca el concreto, todos los refuerzos deben estar libres de materiales nocivos para la adherencia". Los supervisores con frecuencia citan esta frase cuando exigen que los contratistas quiten el exceso de descimbrantes o eliminadores de adherencia y las salpicaduras de cemento de la varilla contaminada. Pero, ¿es realmente necesario este trabajo?

El Grupo Aberdeen llevó a cabo una serie de pruebas de adherencia para valorar el efecto de los contaminantes sobre la resistencia de adherencia. Las pruebas de adherencia miden la fuerza adherente que actúa paralela a la varilla en la intercara entre la varilla y el concreto.² Nosotros probamos varillas de acero limpias, negras, de grado 60, y varillas con agentes descimbrantes, compuestos de curado/eliminadores de adherencia, salpicaduras de cemento, aceite de motor y herrumbre sobre la superficie. Los resultados pueden sorprender a la mayoría de los

supervisores.

Requisitos de una varilla limpia

Además de las enunciaciones generales del ACI 301 que exigen que todos los refuerzos estén libres de materiales nocivos, la especificación también menciona explícitamente a los agentes descimbrantes. "No permita que el agente descimbrante haga contacto con el acero de refuerzo o con el concreto endurecido contra el cual ha de colocarse concreto fresco." El Manual del ACI para la Inspección del Concreto³ establece que "el refuerzo debe estar limpio, y debe quitarse el aceite o mortero no adherente que se haya salpicado sobre él."

En contraste con los requisitos de quitar el aceite y el mortero, el ACI 301 provee diferentes criterios para la herrumbre: "El refuerzo con herrumbre, escamas de fábrica, o una combinación de ambos, será considerado satisfactorio a condición de que las dimensiones nominales mínimas, el peso nominal y la altura promedio mínima de las deformaciones de un espécimen de prueba limpiado a mano con un cepillo de alambre, no sean menores que los requisitos aplicables de la especificación del ASTM." Esta recomendación se basa en las pruebas realizadas por Johnson y Cox en 1940.⁴ Estos investigadores realizaron aproximadamente 420 pruebas de adherencia en especímenes de varillas corrugadas con 78 diferentes grados de herrumbre.

No pudimos encontrar estudios similares que mostraran el efecto de los contaminantes comunes en la construcción sobre la adherencia de la varilla corrugada. Sin tales datos, la mayoría de los supervisores adoptan una posición conservadora exigiendo la remoción de tales materiales de la varilla. Pero quitar los contaminantes es una tarea costosa y que toma mucho tiempo, y si los contaminantes de la construcción no son nocivos a la adherencia de la varilla corrugada, su remoción puede no ser necesaria. Debido a la falta de datos, el Grupo Aberdeen empezó un programa limitado de pruebas.

Contaminantes comunes

Los contaminantes comunes de la construcción se aplicaron a varillas corrugadas limpias, y se incluyeron varillas limpias, negras, de acero con herrumbre, como estándares de referencia. En el cuadro 1 se describen los contaminantes de varillas y la manera en que los aplicamos.

Se usaron varillas de refuerzo corrugadas de grado 60, núm. 4. El descimbrante y el compuesto de curado/eliminador de adherencia fueron aplicados en espray en 100 por ciento de la superficie de las varillas corrugadas (figura 1), para duplicar el peor caso de cobertura contaminante posible durante la construcción. El aceite usado de motor se aplicó con un trapo a toda la longitud de la varilla. Se mezcló una pasta de cemento y se aplicó a varias áreas de la varilla (figura 2a). Para producir varillas con herrumbre, se bañaron tres varillas en ácido hidrociorídrico y luego se almacenaron en un cuarto de curado húmedo. La figura 2b muestra la cantidad de herrumbre en las varillas.

Construcción de los especímenes

Construimos especímenes para prueba de adherencia con una profundidad de ahogamiento de 15 cm, utilizando la mitad inferior de moldes cilíndricos de plástico de 15 ´ 30 cm, con un agujero de 1.6 y 1.3 cm de diámetro taladrado a través del fondo de cada uno (figura 3). Los moldes, 27 en total, fueron colocados en tablones de 5 ´ 15 cm en los que se habían taladrado de antemano agujeros de 1.6 y 1.3 cm de profundidad. Insertamos varillas corrugadas núm. 4, grado 60, de al menos 60 cm de largo, en una posición vertical, de manera tal que 1.3 cm de cada varilla salía desde el fondo del molde cilíndrico hacia el agujero del tablón. Esta configuración ayudó a mantener la varilla en posición vertical durante la colocación del concreto y proporcionó suficiente longitud protuberante de la varilla para los agarres de la máquina de prueba.

Se entregó al laboratorio de prueba concreto premezclado con un revenimiento de 9 cm y 1.3 por ciento de contenido de aire. La resistencia a la compresión del concreto en el momento de la prueba de adherencia era de 386 kg/cm².

El concreto fue colado de modo que fraguara en la dirección de la carga aplicada, eliminando cualquier efecto que el

sangrado pudiera haber causado en la adherencia medida. Colocamos el concreto en dos capas, varillamos cada capa 25 veces y golpeteamos ligeramente con la mano los lados de los cilindros después de varillar cada capa. Se aplanó la superficie superior y después se la cubrió con una tapa de cilindro que tenía un agujero de 1.6 cm de diámetro taladrado en el centro. La tapa proporcionó el curado inicial y mantuvo las varillas en una posición vertical. Después de 24 horas en el aire del laboratorio a aproximadamente 21 °C, se removieron las tapas de cilindro y los moldes, y se colocaron los especímenes de prueba en un cuarto de curado húmedo. Los especímenes permanecieron en el cuarto de curado húmedo 15 días y se probaron a esa edad. Después de la remoción del cuarto de curado húmedo, los extremos cargados de los especímenes de concreto fueron recubiertos con un material cementante a base de yeso de alta resistencia.

El tamaño de los especímenes de prueba, la longitud ahogada de las varillas de refuerzo, la dirección de la colocación del concreto y las condiciones de curado fueron las mismas que las usadas por Johnson y Cox para determinar el efecto de la herrumbre en la adherencia de las varillas corrugadas.

Procedimientos de prueba

La figura 4 muestra una configuración típica para una prueba de adherencia. Los especímenes de prueba fueron colocados sobre un bloque de apoyo esférico en la parte superior de la máquina de prueba. Después se conectaron agarraderas dentadas a la varilla corrugada para permitir que la máquina cargara la varilla en tensión. Se usó un marco de tensión / compresión universal Tinus-Olsen de 27 ton para aplicar la carga a la varilla a aproximadamente 90 kg por segundo. Los técnicos midieron el deslizamiento del extremo libre de la varilla corrugada con un indicador digital electrónico.

A medida que se aplicaba la carga a cada espécimen, una persona leía la carátula del indicador mientras que otra persona monitoreaba la carga a cada lectura de deslizamiento. Una tercera persona registraba los datos y observaba los modos de falla del espécimen.

Los contaminantes tuvieron poco efecto sobre la fuerza de adherencia

En vez de sacar el espécimen de concreto -lo que sería de esperar si los contaminantes destruyeran completamente la adherencia-, la varilla corrugada se rompió en ocho de los nueve conjuntos de tres pruebas. Los especímenes de concreto se tronaron en la prueba restante. La tabla muestra el deslizamiento promedio en el punto cedente y la carga última, la tensión promedio en la carga última, y el modo de falla para las varillas de referencia y las siete varillas con contaminantes. El esfuerzo último alcanzado por las varillas no se vio afectado por ninguno de los contaminantes.

Tronamos hasta abrir los especímenes de concreto para examinar la superficie de falla de la varilla. Entre las deformaciones, era evidente una superficie brillante sobre la varilla de refuerzo, que indicaba en dónde se había aplicado con espray el contaminante. Sin embargo, en las deformaciones no era visible ninguna superficie brillante que indicara que el concreto apoyado contra las deformaciones de la varilla corrugada durante la carga hubiera removido el contaminante por la fricción. Creemos que el mayor deslizamiento inicial de la varilla cubierta con los contaminantes se debió a la pérdida de adherencia a lo largo de la parte lisa de la varilla entre las deformaciones. Como se muestra en figura 5, después del deslizamiento inicial, la carga fue resistida por el apoyo de las deformaciones sobre el concreto y la resistencia a cortante del concreto entre las deformaciones.⁵

Una cantidad excesiva de deslizamiento antes de que se alcance el valor mínimo del esfuerzo de la varilla incrementará la deflexión de los miembros de concreto reforzado. Mientras que el deslizamiento es mayor para varillas de refuerzo con contaminantes, el incremento en el deslizamiento es similar al de las varillas con herrumbre cuando se compara con las varillas sin herrumbre.⁴

Los datos y conclusiones se basan en sólo 27 pruebas de varillas con nueve condiciones diferentes de superficie. Las mismas representan un tamaño de varilla, grado de acero y nivel de resistencia del concreto. Sin embargo, cuando Johnson y Cox probaron las varillas de refuerzo con

herrumbre y sin herrumbre, notaron efectos similares para diferentes tamaños de varillas, niveles de herrumbre y resistencias del acero y el concreto. Puesto que las pruebas del Grupo Aberdeen fueron hechas con cien por ciento de recubrimiento de contaminantes del acero de refuerzo, ellas representan el peor caso posible. En estas severas condiciones, los contaminantes no afectaron adversamente la adherencia.

ILUSTRACIONES

Figura 1. Se aplicó un agente descimbrante en espray sobre la varilla corrugada, cubriendo cien por ciento de la superficie.

Figura 2. Cantidad de salpicadura de cemento (a) y herrumbre (b) sobre la varilla corrugada probada.

Figura 3. Los especímenes para la prueba de adherencia fueron colados en moldes de cilindros de 15 cm de diámetro y 15 cm de alto con una varilla corrugada núm. 4, de al menos 60 cm de largo, insertada en el centro.

Figura 4. Con el espécimen de prueba colocado sobre un bloque de apoyo esférico en la parte superior de la máquina de prueba, se aplicó una carga de tensión con agarres dentados. Un indicador digital electrónico medía el deslizamiento en el extremo libre de la varilla corrugada.

Figura 5. Las fuerzas de tensión aplicadas en la varilla corrugada son resistidas por la adhesión (v_a) a lo largo de la superficie de la varilla, apoyada (f_b) contra la cara de deformación y cortante en el concreto (v_c) entre las deformaciones adyacentes. Para una varilla recubierta con contaminantes, se redujo la adhesión, pero la varilla todavía se deformaba debido a la resistencia proporcionada por el apoyo y la resistencia a cortante del concreto.

(Cuadro:)

Resultados de las pruebas de adherencia (promedio de tres

pruebas)	Descripción
	Varilla corrugada simple -en su lugar antes de colar el concreto
	Varilla con herrumbre -en su lugar antes del colado
	Salpicadura de cemento -aplicado 24 horas antes del colado
	Descimbrante ¹ -aplicado 24 horas antes del colado
	Descimbrante ¹ -aplicado 15 minutos antes del colado
	Curado/eliminador de adherencia ² -aplicado 24 horas antes, y luego limpiado ⁴ 15 minutos antes del colado
	Descimbrante ⁵ -aplicado 24 horas antes del colado
	Aceite usado de motor -aplicado 24 horas antes del colado
	Deslizamiento Deslizamiento Esfuerzo Modo de falla
	en el límite de en la carga último,
	fluencia, cm última, cm kg/cm
	< 0.00025 ± 0.0012 7,110 Varillas rotas
	± 0.0005 0.0066 7,107 Varillas rotas
	< 0.00025 ± 0.0025 7,107 Varillas rotas
	± 0.0012 0.0081 7,107 Varillas rotas
	.± 0.002 0.0124 7,066 Varillas rotas
	± 0.002 0.0086 6,831 Concreto roto
	± 0.0005 0.006 7,101 Varillas rotas

± 0.0005 0.005 7,107 Varillas rotas

± 0.001 0.007 7,130 Varillas rotas

1. Un agente descimbrante de concreto a base de petróleo, químicamente reactivo

2. Un compuesto de curado y eliminador de adherencia a base de solvente, químicamente reactivo.

3. Un compuesto de curado y eliminador de adherencia a base de agua, químicamente reactivo.

4. Un desmoldador y desgrasador de concreto que cumple con VOC.

5. Un agente descimbrante a base de petróleo, químicamente neutro.

Reconocimientos

Los autores agradecen a Dayton Superior Corp., Miamisburg, Ohio, el haber proporcionado los agentes descimbrantes y los eliminadores de curado/adherencia; a la división de premezclado de CAMAS Colorado, Inc., Denver, por haber proporcionado el concreto, y a GTC-Geotek, Denver, por auxiliar en la construcción y prueba de los especímenes.

Referencias

1. ACI 301-96, *Standard specifications for structural concrete*, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1996.

2. ACI Committee 408, "Bond Stress -The State of the Art", *Journal of the American Concrete Institute*, ACI, noviembre de 1966.

3. ACI 311, *ACI Manual of concrete inspection*, SP-2, ACI, 1992.

4. Bruce Johnston y Kenneth C. Cox, "The Bond Strength of Rusted Deformed Bars", *Journal of the American Concrete Institute*, ACI, septiembre de 1940.



5. R. Park y T. Paulay, "Chapter 9: Bond and Anchorage", *Reinforced concrete structures*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1975.

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

**Instituto Mexicano del Cemento y del
Concreto, A.C.**
Revista Construcción y Tecnología
Febrero 1999
Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



De libros, revistas y memorias

Concreting workmanship and its influence on serviceability reliability

Anúnciese

Mark G. Stewart

ACI Materials Journal, noviembre-diciembre de 1997, 9 pp.

Se utiliza un modelo de seguridad de capacidad de servicio para calcular probabilidades de falla para vigas de concreto reforzado. Se informa de los resultados de un reconocimiento que investiga el porcentaje de sitios de construcción que exhiben niveles bajos, regulares o buenos de mano de obra para trabajos de compactación y curado de concreto que influyen en la resistencia de éste. Con el empleo de esta información se han desarrollado modelos probabilísticos para describir la influencia que estos trabajos tienen sobre las resistencias a compresión y de tensión del concreto.

Los costos de centros comerciales

Enrique Armida Moreno

Reunión Nacional e Internacional de Analistas de Costos, del 26 al 28 de julio de 1998, Sociedad Mexicana de Ingeniería Económica Financiera y de Costos pp.

El desarrollo de centros comerciales es probablemente uno de los negocios inmobiliarios más complejos en el que los promotores se ven involucrados hoy día. Pocos desarrollos de este tipo pueden considerarse exitosos y llevados a cabo en épocas de crecimiento económico. El desarrollo de centros comerciales que resultan "poco exitosos" conlleva graves prejuicios económicos tanto para el promotor como para los comerciantes.

Como en todo negocio, el principal factor es la recuperación de

la inversión, y en función de esto se analizará su factibilidad. Los centros comerciales pueden recuperar su inversión mediante la renta o la venta de espacios comerciales. La decisión tomada será básica en el diseño del centro comercial. Como parte del presupuesto deberán considerarse los costos de mantenimiento para la época de operación y en función del proforma de ocupación se deberá provisionar el remanente. Al no haber otro ingreso se analizarán los costos.

Ingeniería económica

Enrique Núñez Jiménez

Reunión Nacional e Internacional de Analistas de Costos, del 26 al 28 de julio de 1988, Sociedad Mexicana de Ingeniería Económica Financiera y de Costos, A.C., pp.

La ingeniería económica permite decidir acerca de la conveniencia, desde los puntos de vista financiero y económico, de llevar a cabo un proyecto de inversión o de escoger, entre diversas posibilidades de inversión, cuáles son las convenientes. Para esto se requiere definir cuáles son los niveles de rentabilidad requeridos en la utilización de los recursos económicos y pronosticar, basándose en los flujos de efectivo esperados, qué rentabilidad podría obtenerse de una propuesta determinada.

En este trabajo se presentan algunos conceptos y temas relacionados con la aplicación de la ingeniería económica a los proyectos de inversión.

Predicting the life of concrete structures using neural networks

N.R. Buenfeld y N.M. Hassanein

Structures and Buildings. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, vol. 128, núm. 1, febrero de 1998, 11 pp.

Este documento delinea una investigación dentro del uso de redes neurales (NNs) para analizar datos a partir de ensayos de exposición naturales y estudios de durabilidad para ayudar en la predicción de la vida en servicio de las estructuras de

concreto. El área de aplicación se restringió a la corrosión del acero en el concreto.

El disco compacto acelerogramas

Leonardo Alcántara y otros

Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, México, 1997, 9 pp.

La Base Mexicana de Datos de Sismos Fuentes fue creada con el objetivo de reunir el gran volumen de información que sobre instrumentación, registro de temblores fuertes y sismicidad asociada se ha recolectado en México. En la actualidad se cuenta con aproximadamente 500 estaciones acelerográficas y se han obtenido cerca de 9 mil acelerogramas. Para su difusión se ha editado un primer disco compacto que contiene la información de 1960 a 1995, las series de tiempo de 4,659 registros, todos en un nuevo formato estándar y un sistema de búsqueda que facilita el acceso a los datos.

Rediseño de estructuras de concreto mediante incorporación local de dispositivos pasivos disipadores de energía

Juan Enrique Martínez Rueda

Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, México, 1997, 6 pp.

Este artículo resume algunas de las experiencias del autor relativas al desarrollo de un nuevo enfoque en el uso de dispositivos histeréticos de bajo costo para el rediseño de estructuras de concreto. Los dispositivos propuestos son de tipo friccionante o fluyente (basados en la fluencia de acero estructural dúctil). La literatura técnica al respecto describe el

buen comportamiento experimental, así como la buena predictabilidad analítica, y la facilidad de construcción de estos dispositivos. Adicionalmente, se ha demostrado que debido al comportamiento histerético estable de dispositivos friccionantes y fluyentes, es posible utilizar un enfoque unificado para la modelación de estos dispositivos, lo cual significa que dada una solución friccionante existe una solución fluyente equivalente.

Lighter/Economical two-way slabs

Sompandh Wanant

Concrete International, enero de 1998, 5 pp.

Los sistemas de losas de dos direcciones que se están construyendo incluyen losas planas (placa plana y losa plana) y losas aligeradas. Durante muchos años ha habido muy pocos desarrollos que consideren mejora a los sistemas de losa. Este artículo presenta un sistema de losas en dos direcciones más ligero y económico.

Carbonation of some coastal concrete structures in Kuwait

H. Al-Khaiat y M.N. Haque

ACI Materials Journal, noviembre-diciembre de 1997, 6 pp.

En este documento se informa acerca de propiedades del concreto tales como densidad, resistencia a la compresión y profundidad de carbontación. Los incendios de pozos petroleros en Kuwait en 1991 no parecen haber causado ningún daño adicional a las estructuras de concreto. Los resultados de esta investigación, sin embargo, sugieren que las estructuras costeras expuestas al calor y a las condiciones



climáticas de Kuwait dan por resultado una profundidad de carbonatación superior a la de los edificios costeros cercanos.



Punto de encuentro



Aquí! 

6a. Conferencia Internacional sobre Comercio, Transporte y Manejo del Cemento a través de Asia y la Costa del Pacífico
17 y 18 de marzo en Bangkok, Tailandia

Informes: INTERCEM Asia, Congrex House, Inglaterra

Tel.: +44-181-669 5222

Fax: +44-181-669 9926

E-mail: info@intercem.co.uk

Website: <http://www.nettradecenter.com/intercem>



Simposio Internacional sobre el Papel de los Aditivos en el Concreto de Alto Comportamiento

Del 21 al 26 de marzo de 1999 en Monterrey, México

Informes: Dr. Ing. Raymundo Rivera Villarreal, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León

Tel.: +52 (8) 352-4969, 352-2748

Fax: +52 (8) 376-0477

E-mail: rilem99@ccr.dsi.uanl.mx



Build-India 99

Tecnología y Materiales de Construcción Basados en Desechos Del 13 al 16 de abril en Nueva Delhi, India

Informes: Building Materials and Technology Promotion Council, Ministry of Urban Affairs and Employment

Tel.: +91-11-3792462, 3019367

Fax: +91-11-3010145

E-mail: bmtpc@del2.vsnl.net.in

Website: <http://www.bmtpc.org>

 Feria de Comercio Internacional y Congreso de Tecnología de Aislamiento de Muros y Cubiertas
Del 12 al 15 de mayo en Stuttgart, Alemania
Informes: Messe Stuttgart International
Tel.: +49-711 2589-353
Fax: -657 (Project Manager)

 7a. Conferencia Internacional sobre Carreteras de Bajo Volumen
Del 23 al 27 de mayo en Baton Rouge, Luisiana, EUA
Informes: Transportation Research Council, 2101 Constitution Avenue, NW, Washington, DC 20418, EUA

 16o. Congreso Internacional BIBM ?99
Del 25 al 28 de mayo en Venecia, Italia.
Informes: ASSOBETON, Milán
Tel.: +39/2/70100168
Fax: +39/2/7490140
E-mail: assobeton@galactica.it

 8a. Conferencia sobre Durabilidad de Materiales de Construcción y Componentes / Vida en servicio y administración de activos: Hacia la integración de métodos de predicción de aplicación de la vida en servicio
Del 30 de mayo al 3 de junio en Vancouver, Canadá
Informes: Conference Secretariat 8dbmc, National Research Council Canada
Fax: (613) 993-7250

 8a. Conferencia Internacional EXPERTCENTRUM / Predicción de la Vida y Administración de la Edad de las Estructuras de Concreto
Del 5 al 7 de julio en Bratislava, Eslovaquia
Informes: Profesor T. Jávora, EXPERTCENTRUM, Eslovaquia
Fax: xx421-7-5311738

 24a Conferencia sobre Nuestro Mundo en las Estructuras y el Concreto
25 y 26 de agosto en Singapur
Informes:



Tel.: (65) 733-2922

Fax: (65) 235-3530

E-mail: [ci-premie@ si.com-sgngnet](mailto:ci-premie@si.com-sgngnet)



RILEM Simposio sobre Concreto Autocompactante

Del 13 al 15 de septiembre en Estocolmo, Suecia

Informes: RILEM "Self Compacting Concrete"

c / o Congrex Sweden AB

Tel.: +46 8 459 66 00

Fax: +46 8 661 91 25

E-mail: [rilem@ congrex.se](mailto:rilem@congrex.se)



Nuevos productos y equipos

Anúnciese

Bombas montadas en remolques

Las bombas mecánicas de válvula de bola ofrecen confiabilidad, calidad y rendimiento. Requieren muy poco mantenimiento, lo que hace su operación económica e incrementa utilidades a todos sus trabajos de bombeo, para aplicaciones de concreto o lechadas en mampostería, cimientos y muros, lechado de pasta cementante, concreto ligero celular, refractarios, cementaciones a presión, cementaciones de túneles y pilotes de barrena fundidos.

Compuesto para curado

El compuesto para curado del concreto en emulsión de agua, basado en la cera 1300-CLEAR de Sealtight, cuando se lo aplica adecuadamente, da un sello impermeable que mejora la retención de agua. Es un material de emulsión de agua que ha sido producido en cumplimiento de los límites VOC para el control de la contaminación en los recubrimientos arquitectónicos.

El compuesto para curado se emplea en las aplicaciones de concreto interiores y exteriores, horizontales o verticales, donde no se aplicarán subsecuentes tratamientos a la superficie.

Lechada de calidad para toda construcción

La lechada para construcción CG-86 de Sealtight no se contrae. Fue desarrollada específicamente para proporcionar lechada de alta resistencia y bajo costo para propósitos generales, a fin de utilizarse en toda la gama de proyectos de construcción. Viene premezclada y lista para utilizarse; puede extenderse para lechadear profundamente con gravilla, para mayor rendimiento y economía.

Para reducir el ataque de sulfatos al concreto

Cuando se emplea fly ash con cemento que contiene un bajo aluminato tricálcico (C_3A) se produce un concreto de alta calidad, denso, de baja permeabilidad, con una relación agua /



cemento menor, lo que proporciona menos permeabilidad y aumenta su densidad, con el consiguiente aumento de su resistencia al ataque de los sulfatos.

El ataque de sulfatos puede ocurrir cerca de canales, zonas costeras, plantas de tratamiento de aguas residuales o de drenaje. Otro ambiente expuesto puede encontrarse cerca de las plantas químicas, torres de enfriamiento y mantos freáticos ricos en sulfatos debido al suelo, y también en los fertilizantes que pueden causar ataque de sulfatos en jardineras y adornos de concreto.



Construcción
y Tecnología



Nuevos productos y equipos

Anúnciese

Grouts y concretos para reparaciones permanentes

Los productos Five Star® ofrecen grouts (lechadas) y concretos para reparaciones estructurales permanentes.

Five Star Grouts proporciona las siguientes ventajas: alta precisión y resistencia, no contráctil, 98% de área efectiva de contacto; alta adhesión al concreto base; alto desempeño en corto tiempo y mayor versatilidad de aplicación. Se utiliza en equipos que requieren alta precisión y alineación, anclajes, cimentaciones; columnas estructurales y en paneles prefabricados y pretensados.

Five Star Structural Concrete ofrece estas ventajas: reparaciones permanentes, alta resistencia en corto tiempo, económico, resistente a cambios de temperatura, versátil, fácil de usar y no requiere aditivos de adhesión. Se utiliza en columnas, pisos, paredes, pistas aéreas, muelles y estructuras marinas, anclajes y cimentación.

Climatización natural y silenciosa

El funcionamiento de los sistemas de techos radiantes KaRo se inspira en el cuerpo humano: el agua circula por una red de esteras constituidas por tubos capilares de 2 mm de diámetro. Según las variaciones de temperatura del agua (entre 15 y 30 °C), esta red asegura climatización y

calefacción. El agua es el fluido transportador de calor que reemplaza al aire tradicional sin generar ruido y con menor consumo de energía.

Estas esteras ahorran espacio, son flexibles y modulares, están disponibles en todas las medidas y se adaptan a todo tipo de soporte. Pueden integrarse en techos, falsos techos o en paredes. El sistema "Clip and Cool" permite conectar rápida y fácilmente cada componente normalizado del sistema KaRo.

Compuesto para endurecer y poner a prueba de polvo

El compuesto DUST-GARD de SEALTIGHT ha sido formulado específicamente para endurecer y poner a prueba de polvo superficies de concreto nuevas o viejas.

Se recomienda para uso interior o exterior en superficies verticales u horizontales. Es ideal para pisos industriales y comerciales, pisos de garajes y sótanos, pisos de hospital, patios, áreas de piscinas y aceras.

Aislamiento térmico gracias al poliuretano

Las ventanas constituyen uno de los puntos débiles en el aislamiento térmico de los edificios. La empresa Pazen GmbH eurotec ha conseguido controlar ese foco de pérdida de energía con sus ventanas de la serie 0.5, las cuales aíslan el doble que las ventanas convencionales con marco de madera.

Su coeficiente de conductividad térmica de sólo 0.7 vatios por grado y metro cuadrado se lo deben al marco con núcleo de espuma rígida de poliuretano producido por el fabricante de ventanas con sede en Zeltigen-Ratchig a base de materias primas de Bayer Baydur® y Desmodur®.

Revista Construcción y Tecnología
Enero 2000
Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)