

Abrasion test for precast concrete paving products

Michel Valles *Materials and Structures*, vol. 30, diciembre de 1997, 3 pp. El estudio realizado por siete socios europeos hizo que fuera posible desarrollar una prueba de resistencia a la abrasión de productos para pavimentos de concreto prefabricado. Esta prueba ha sido adoptada por las normas europeas. Este informe tiene las características principales del aparato y cómo se usa. Las pruebas se hacen en productos nuevos o en porciones cortadas de productos en el lugar.

Drying shrinkage of roller-compacted concrete for pavement applications

David W. Pittman y Steven A. Ragan *ACI Materials Journal*, vol.95, núm. 1, enero-febrero 1998, 8 p. Se presentan los resultados de una investigación de laboratorio sobre la contracción por secado de concreto compactado con rodillos (CCR) para aplicaciones de pavimento. Se variaron la granulometría de los agregados y el contenido de humedad de nueve mezclas de CCR; la contracción por secado se midió de acuerdo con los procedimientos descritos en ASTM C157, con algunas modificaciones.

Public art in concrete

M. K. Hurd *Concrete Construction*, noviembre de 1997, 4 pp. Desde 1985, el artista de Seattle, Vicki Scuri, ha trabajado para realzar el entorno visual en espacios urbanos públicos. La cochera de estacionamiento de la avenida Boren de Seattle es uno de los primeros éxitos de Vicki en el concreto. Su combinación de elementos de concreto prefabricado y de concreto colado en el lugar exhibe la plasticidad del concreto en una rica variedad de texturas superficiales.

Modeling the thermal stresses at early ages in a concrete monolith

Eric Ayotte y otros *ACI Materials Journal*, noviembre-diciembre de 1997, 11 pp. Se presentan detalles de un estudio experimental y numérico de deformaciones térmicas y de esfuerzos inducidos en concreto masivo de gran escala. Se construyeron tres monolitos en un sitio de la construcción de la presa en el James Bay Territory para vigilar el comportamiento térmico de concreto masivo sujeto primero al desarrollo de calor de hidratación y a subsecuentes ciclos de congelación y descongelación.

A study of corrosion inhibitor performance in chloride contaminated concrete by electrochemical impedance spectroscopy

Ping Gu y otros *ACI Material Journal*, septiembre-octubre 1997, 11pp. Se evaluó la eficacia de los aditivos que inhiben la corrosión en presencia y en ausencia de iones de cloro. El propósito de este estudio fue el de evaluar el potencial de comportamiento de largo plazo del nitrito de sodio y del ácido dinitrobenzónico usados como aditivos para inhibición de corrosión en concreto reforzado contaminado con cloro.

Influence of fly ash on setting and hardening characteristics of concrete systems

R. R. Naik y S. S. Singh *ACI Materials Journal*, septiembre-octubre de 1997, 6 pp. Este proyecto se realizó para investigar el efecto de la ceniza volante obtenida de varias fuentes. Una mezcla de referencia sin ceniza volante fue proporcionada para obtener resistencia de diseño de 35 MPa a los 28 días. Se proporcionaron mezclas de ceniza volante del orden de 0 a 100 por ciento por masa del medio cementante. La relación respecto a cemento se conservó en 1.25. En general, los tiempos iniciales y finales de fraguado de los concretos fueron afectados grandemente tanto por el origen como por el contenido de la ceniza. Los tiempos de fraguado fueron generalmente rechazados hasta un cierto nivel de reemplazo de cemento por ceniza volante.

Carreteras recicladas con cemento

Bob Lopez y Jan Prusinski

La experiencia que se ha tenido en el estado de Texas (EUA) demuestra que reciclar con cemento la capa base de una carretera deteriorada es una solución rápida, práctica, económica y duradera. ¿Se puede pedir algo más en nombre de la eficiencia?

La necesidad de mejorar las carreteras con asfalto deteriorado, sellado descascarado y con una base granular desnivelada, es una batalla constante. Los condados y las ciudades de Texas pueden reparar pavimentos gastados, flexibles y con fallas, reciclando la vieja superficie con cemento.

El pavimento existente generalmente recibe mantenimiento con parches y delgados revestimientos, o simplemente emparejando y compactando el material de base desnivelado. Sin embargo, estos métodos no resuelven lo que con frecuencia es el problema principal en las carreteras deficientes, es decir, una capa base inadecuada o con fallas.

El uso de revestimientos gruesos sobre una nueva base es una estrategia que puede dar resultados, pero esta "reconstrucción" con frecuencia es muy costosa y no es un proceso típico estándar, a menos que la carretera sea de tránsito pesado y exija una estructura de pavimento de gran capacidad.

Sin embargo, la reconstrucción de este tipo no es una solución que pueda aplicarse a muchos kilómetros de carreteras rurales en el estado.

Reciclar las viejas bases de la superficie con cemento es una solución rápida y práctica que crea una nueva base de adherencia -cuando se combina con una delgada capa superficial-, y que ahorra dinero y proporciona muchos años de servicio con un bajo mantenimiento.

El cemento portland, combinado con los materiales pulverizados de las carreteras, amarra firmemente la vieja superficie con los materiales de la base. El resultado es una capa estabilizada, altamente resistente a cambios de humedad y a la degradación.

El Instituto Americano del Concreto informa que "el reciclado incrementa la resistencia de la base sin quitar los materiales de la antigua base o sub-base existentes, ni tener que reemplazarlos con grandes cantidades de material de base nuevo y costoso. Además, pueden mantenerse las líneas rasantes y de drenaje existentes.

Esto reduce los problemas con las guarniciones y cunetas o los pasos a desnivel. Otra ventaja de las carreteras recicladas con cemento es su capacidad para mejorar subrasantes débiles, reduciendo así los remiendos en baches y roderas.

El proceso básico

El procedimiento es simple y está bien establecido. Tanto las carreteras niveladas, como las que no lo están, pueden ser recicladas. Si la carretera contiene una superficie bituminosa, el asfalto debe ser relativamente quebradizo. Las superficies gruesas de asfalto que aun tienen elasticidad, podrían ser quitadas en vez de ser recicladas. Si se requiere un grosor incrementado de la base, se puede incorporar material de la subrasante, arcillas, limo o suelo granular, a la base reciclada.

Habitualmente se utilizan 15 cm de material reciclado, pero este grosor puede variar desde 10 hasta 30 cm, dependiendo de los requisitos.

La Asociación de Cemento Portland y el Consejo del Cemento y del Concreto de Texas, recomiendan que el material existente sea pulverizado en pedazos de menos de 5 cm, y que el 55 por ciento del material pase la malla núm. 4. Además, la capa bituminosa no debe componer más del 50 por ciento del material total.

Se puede permitir el tránsito local y de construcción sobre una base reciclada compactada, casi inmediatamente. Si llueve antes de la colocación de la superficie, la base reciclada se impermeabiliza de modo que no se requiera volver a trabajarla.

La carretera reciclada será más fuerte y durará más que una reemplazada. De hecho, la resistencia se incrementará durante la vida del pavimento, inclusive en la temporada de lluvia de Texas o en las condiciones de congelación de algunas regiones.

Si una carretera previamente nivelada se ha mejorado usando este método, se eliminará la necesidad de un mantenimiento continuo.

El Departamento de Tránsito de Texas ha reciclado con cemento muchos kilómetros de carreteras del estado. Los gobiernos locales también deben considerar las ventajas de costo y durabilidad del reciclado.

Pasos para el reciclado

Estos son los pasos necesarios para el reciclado exitoso de pavimentos con cemento:

Escarificar y pulverizar la antigua capa bituminosa y los materiales de la base en el sitio, con una mezcladora/pulverizadora rotatoria.

Mojar previamente el material y dar la debida forma al carril de tránsito adecuándolo a la corona y rasante.

Esparcir el cemento portland (normalmente de 4 a 10 por ciento por peso) y mezclarlo con el pulverizador.

Aplicar agua para lograr el contenido óptimo de humedad.

Compactar al 95 por ciento estándar, y proceder al acabado y el curado (camión de agua o una capa de un primer bituminoso a 0.90 l / m^2).

Aplicar un nuevo sellado con gravilla o una superficie delgada de asfalto (de 2.5 a 5 cm).

(Pies de figuras:)

Figura. 1. El pavimento con fallas puede repararse reciclando la antigua superficie con cemento. La superficie resultante será resistente a la humedad y a la degradación.

Figura. 2. Las superficies no pavimentadas, tratadas con cemento, repelen el agua, reduciendo el daño y alargando la vida de la carretera.

Bob López pertenece al Cement and Concrete Council of Texas y Jan Prusinski, a la Portland Cement Association.

Este artículo fue publicado en y se reproduce con la autorización de .

El concreto sin refuerzo

Producto de la incesante investigación, el concreto de polvos reactivos es un material ultracompacto, casi hermético, resistente a fuerzas de hasta 800 MPa, flexible como el metal, que está llamado a revolucionar los métodos constructivos y la geometría de las obras mediante la supresión de las estructuras pasivas.

27 de noviembre de 1997: inauguración de la pasarela peatonal de Sherbrooke, en Quebec.

¿Qué particularidades puede tener esta modesta estructura de 60 m de largo para merecer un reconocimiento en el anuario alemán gotha de la ingeniería civil? El puente, prefabricado en dos meses y después montado a pie de obra por medio de una grúa con semitramos de 52 toneladas, es una obra fina y esbelta: la bóveda superior, compuesta por dos vigas (25 ´ 22 cm) sobremontadas por una losa nervada de 3 cm de espesor, está unida a una bóveda inferior (dos vigas de 38 ´ 32 cm) por 48 diagonales de 3.80 m de largo y 150 mm de diámetro. Hasta ahí nada especial; no es más que una estructura de enrejado, fina y muy aireada, que hace pensar en una construcción de tipo metálico.

Pero ahí está justamente lo asombroso: no se trata de metal. Toda la pasarela está realizada en concreto, sin ninguna armadura pasiva. ¿Cuál es el secreto de esta hazaña? La utilización de un concreto de polvos reactivos, un nuevo concreto preparado y desarrollado en los laboratorios de la dirección científica de Bouygues.

Los concretos dúctiles

La fórmula, a base de polvos (arena de cristalería, cemento, cuarzo y humo de silicio) extremadamente finos -el tamaño de los elementos más gruesos es de 500 micras (10^{-6} m) de diámetro- contiene otro compuesto clave: microfibras metálicas de 13 mm de largo y 200 micrómetros de diámetro.

El encargado del grupo de estudios de la dirección científica de Bouygues, Régis Adeline, precisa: "Estas laminillas están fabricadas a partir de un acero de muy alta calidad, con una resistencia de 2,600 MPa (megapascal = 10^{-6} Pascal), utilizado en la fabricación de las carcassas radiales de los neumáticos de coches". ¿Su papel? Asegurar a los concretos de polvos reactivos una gran resistencia a la tensión. Desde ahora, estos nuevos concretos ya están clasificados como dúctiles, es decir, capaces de estirarse de la misma manera que los hacen ciertos metales.

Estas propiedades aseguran la resistencia a los esfuerzos de cortante y a las sollicitaciones locales de tensión. Los esfuerzos de tensión principales están soportados por cables de pretensado de la estructura. Cabe señalar que las ventajas de la próxima generación, aún en fase de estudio, deberían aproximarse a las del acero en cuanto a la ductilidad, ya que los

resultados en tensión se vuelven óptimos gracias a una reducción de los valores. La segunda innovación de Sherbrooke: el pretensado se reduce a la mínima expresión. Un único trenzado de acero por cable, los anclajes se benefician de una nueva geometría más ligera, mediante la supresión de las placas de apoyo encargadas de repartir las fuerzas en el concreto.

Explicaciones de este pretensado miniaturizado: el concreto de polvos reactivos es capaz de recuperar directamente las fuerzas de compresión, mediante una resistencia estándar de 200 MPa por compresión -e incluso hasta 800 MPa a través de la aplicación de una presión durante la toma, seguida de un tratamiento de curado térmico a 250 °C.

En la práctica, el material es muy poco poroso, dos veces más resistente que cualquier roca natural conocida, además de ser impermeable tanto al aire como a la penetración de agentes agresivos -tales como los iones de cloruros-, mientras que la ausencia de poros capilares le confiere una mayor resistencia a los ciclos de hielo-deshielo.

El costo global

Los concretos de polvos reactivos deberían pues, teóricamente, revolucionar las estructuras de las obras públicas, con la condición de pasar a una nueva manera de diseñar las obras. El precio medio de un concreto de polvos reactivos -de 5,000 a 6,000 francos/ m³, frente a los 500 francos / m³ para un concreto clásico y los 45,000 francos / m³ para el acero- puede parecer, a primera vista, prohibitivo. Y, sin embargo, la solución parece competente, a través de la integración de dos condiciones previas: imaginar geometrías que aprovechen totalmente las posibilidades arquitectónicas y tecnológicas del material, teniendo a la vez una visión global del aspecto económico de los proyectos. Dicho de otra manera, reconsiderar la cadena completa, desde el diseño a la realización, pasando por todas las fases de estudio y de construcción.

Para ejemplificar, podemos señalar que, si bien la ausencia de herrajes se traduce en un ahorro directo de material, fácilmente evaluable, también hay que repercutir estos datos en la simplificación de los estudios -ya no se necesitan cálculos y planos de armaduras complejos-, y en sus consecuencias en la obra -reducción de los plazos y demoras, y de los costos de mano de obra-. Otro dato de interés: las obras más ligeras, pero de igual capacidad, necesitarán cimentaciones menos importantes.

Además, aumenta su duración de vida y mejora su estética. La reducción de las estructuras puede traducirse en múltiples ventajas para la explotación: superficie habitable rentable, aumento del volumen de las plazas de cajones para estacionamiento o del número de entresijos en las torres de gran altura...

Otras aplicaciones

Otras dos recientes realizaciones acaban de testimoniar el interés de la profesión hacia estos nuevos concretos: la renovación de las vigas internas de intercambio de los aerorrefrigeradores de la central nuclear de Cattenom, en la región de las Ardenas, y la construcción de 200 m² de fachada de una escuela, en el distrito número 12 de París. En el primer ejemplo, queda claro que son las ventajas del material en términos de perennidad los que parecen haber inclinado la balanza a su favor. Régis Adeline explica: "La estructura interna está sometida a un entorno extremadamente agresivo, provocado por los importantes cambios térmicos que se producen entre el agua de refrigeración y el aire. Las solicitaciones aumentan por la acción de los ciclos hielo-deshielo, puesto que esta región de Francia a menudo está sometida a temperaturas negativas".

Para EDF (Electricidad de Francia), el sobrecosto de la solución parece no contar, en virtud de los mayores beneficios de explotación que suponen una mayor duración; "disminuye la frecuencia de las interrupciones de producción para trabajos de mantenimiento". El revestimiento del edificio escolar demuestra las múltiples posibilidades estéticas del material: "Las placas arquitectónicas de la fachada presentan una superficie en bruto igual a la del concreto pulido". Los túneles, a través de la construcción de dovelas más sólidas y tres veces más ligeras que los elementos de fundición, podrían interesar a la ingeniería civil.

Contacto en Francia: BOUYGUES / Sr. Régis Adeline, jefe del Grupo de Estudios, Dirección Científica / 1, Avenue Eugène Freyssinet / F-78061 St. Quentin en Yvelines / Tel.: 33 1 30 60 23 11 / Fax: 33 1 30 60 48 61.

Contacto en México: Centro Francés de Prensa Industrial y Técnica / Evelyne De Bruyne / Tel.: 282 98 31 / Fax: 282 98 34.

Pasarela de Sherbrooke (Canadá). Foto Bouygues.

El museo histórico Chikatsu Asuka

Tadao Ando y Asociados, Arquitectos

Fotografías: Mitsuo Matsuoka y Shigeo Ogawa

La colección japonesa más rica de restos y vestigios arquitectónicos provenientes de conjuntos sepulcrales habita este magnífico museo, cuyo proyecto fue concebido por el gran arquitecto Tadao Ando como un homenaje a la cultura Kofun.

La isla de Kansai alberga una de las principales ciudades de Japón, Osaka, que con sus casi tres millones de habitantes es uno de los centros productivos más grandes del país.

En la parte meridional de la jurisdicción de Osaka se halla la región que lleva el nombre de Chikatsu-Asuka, escenario de los sucesos que han caracterizado el periodo más antiguo de la historia japonesa. En la zona fueron descubiertos más de doscientos conjuntos sepulcrales de la que es, sin duda, la colección más rica de su tipo en Japón, la que incluye cuatro tumbas imperiales.

La obra, cuyo proyecto se debe a Ando y sus colaboradores, pretende ser un homenaje a la cultura Kofun y exaltar sus testimonios, subrayando las características a través de la exposición de los restos y de los vestigios arquitectónicos de los sepulcros.

En su intento por ser lo más estricto posible desde el punto de vista filológico, el arquitecto ha elaborado un orden arquitectónico general, cuya finalidad última y explícita es, justamente, ofrecer a los visitantes una reconstrucción del periodo histórico al que pertenecen los restos, lo más apegada posible al modelo original. De aquí parece nacer la invención, el golpe de efecto, la idea-guía de la cual procede la composición entera que debe albergar precisamente los restos de importantes monumentos sepulcrales subterráneos. Ando ha concebido y realizado - él mismo- un edificio desarrollado todo en profundidad, una especie de cripta ideal sobre la cual poder caminar y debajo de la que se encuentra un espacio donde se exhiben piezas arqueológicas.

El edificio del museo constituye, por lo tanto, una especie de núcleo edificado dispuesto en el centro de una extensa zona de excavaciones, el parque arqueológico de Fusoki-no-Oka, del que forma justamente el espacio de exposiciones: el estuche que resguarda y expone las piezas descubiertas en dicho sitio.

Por el paseo que traspone el atractivo paisaje de la colina se llega a un pequeño lago que domina la figura del edificio y frente al cual es posible estacionar los automóviles. Cuando se alza la vista se aprecia la escalera monumental que domina el paisaje, reflejándose el perfil de los innumerables escalones en las plácidas aguas de la cuenca lacustre.

El ritmo cerrado de los escalones evoca la atmósfera sagrada de un edificio religioso y conduce a la cima de lo que semeja un templo de la arqueología concebido en afinidad con el paisaje del entorno, como una colina artificial.

Después de la primera rampa, la inmensa escalinata llega a un descanso de donde parte una estrecha pasarela, protegida a lo largo de sus bordes por altas paredes de concreto y cuyo punto de llegada constituye el portón de acceso al museo.

El aspecto exterior, solemne y austero, se inspiró en la sobriedad -que refuerza la idea de

templo- del sitio donde se rinde homenaje a las tradiciones, a las raíces culturales y a la estatura de los protagonistas de la historia antigua del lugar. Sin apasionamiento ni demora, de manera sincera y directa, el maestro nipón diseña los trazos de la composición, las líneas rectas y curvas en alternancia y dimensiones, y evalúa con sapiencia la geometría, elige entre los arquetipos formales los perfiles ideales y los compone con simplicidad, logrando con ello un mundo fascinante de espacios interiores.

El camino que Ando elige conduce siempre a la profundidad, cada vez más hacia la oscuridad, y lleva al visitante hacia una especie de recorrido catártico, forzándolo a desligarse de todo vínculo con la realidad cotidiana para vivir intensamente el contacto con los vestigios del pasado.

El aspecto sepulcral se evoca sin alusiones, se tiene la impresión de ser conducido al reino de los vivos en ultratumba.

Los dos ámbitos se pueden distinguir por las condiciones de iluminación de los locales: impregnados de la luz policroma de los vitrales el vestíbulo y los locales de servicio; carente de iluminación el nivel más bajo.

Las salas de exposición se suceden, separadas por fragmentos de muros de forma y dirección diversos, si bien inconclusos, como si fuera obligatorio dejar entrever cada punto del edificio. Espacios amplios, elegantes y esenciales, sobriamente concebidos asimismo por el empleo de materiales discretos, expresamente pensados para acoger el material de exposición, amplios nichos iluminados que resguardan los testimonios de la cultura Kofun.

El nivel más bajo del edificio es también el punto de llegada del recorrido ideal, de aquel viaje desde el reino de los vivos hacia el reino del más allá, que se expresa en el mensaje que transmiten los sepulcros. Esta meta ideal en la base de la inmensa escalinata construida con bloques de granito, ostenta una forma peculiarísima que se define en una gran sala hipóstila de forma circular, cuyas columnas sostienen el peso formal de la diferencia de altura entre el núcleo central y el deambulatorio. Una larga rampa semicircular, dispuesta en la parte interna del cerco que forman las columnas, permite que se junten ambos niveles; a lo largo de las paredes del deambulatorio, amplias cavidades resguardan las piezas y el texto informativo correspondiente a cada una, para uso de los visitantes.

En el centro de esta cavidad uterina rodeada por amplias columnas, un podio (basamento/pedestal) circular contiene un modelo a escala de un conjunto sepulcral, mientras que la parte interna semicircular e inclinada de la escalinata confiere al conjunto un aspecto íntimo, venerable, semejante al de una cripta secreta ideal para custodiar reliquias preciosas. Es necesario resaltar nuevamente el empleo inteligente de los materiales y el grado de perfección que se logró, desde la madera de los pisos hasta el granito que recubre la escalinata, o la gran maestría con que los constructores consiguieron dar a la superficie del concreto un acabado excelente, valiéndose de bloques tratados con productos a base de poliuretano. Al evitar cualquier complacencia decorativa, Ando ha elegido una vez más el camino de la claridad expresiva, de los volúmenes netos, de las superficies decididas, de la arquitectura definida por las relaciones del juego sutil de luz y sombra, tanto en el exterior como en el interior del enorme museo.

Una obra sublime, en la que los acentos poéticos se mezclan con la nostalgia de un pasado conspicuo, con los testimonios de grandes acontecimientos históricos de civilizaciones pasadas y con la certeza de que no existe futuro sin la conciencia plena de lo que ha sido.

Se trata de una obra de gran valor que confirma una de las constantes del trabajo del gran maestro japonés, expresada a través de la búsqueda de una armonía general que consigue siempre obtener un edificio "natural" como el ámbito en el que se inserta. (M.S.)
Este artículo fue publicado en L' industria italiana del cemento en abril de 1997.

Productos y equipos

Cortadoras de mampostería y concreto

BBC cortadora compacta de mampostería

Estas versátiles cortadoras son las más portátiles de las cortadoras de mampostería de la exitosa línea Clipper. Se hallan disponibles con motores eléctricos de 1 ½ y 2 HP o motores de gasolina de 5 HP con capacidad para disco de 14 pulgadas.

Cortadoras portátiles Chopper de alta velocidad

Estas cortadoras se presentan en dos tamaños. El modelo CC312 tiene un motor de 4.2 pulgadas cúbicas con capacidad para disco de 12 pulgadas. El modelo CC314 se ofrece con motor de 5.8 pulgadas cúbicas, con capacidad para disco de 14 pulgadas.

Sistemas para superficies

Una superficie PERMA · CRETE[®] consiste en un sistema de recubrimiento de polímero acrílico de cementación de tres partes, con una resistencia a la compresión superior a 422 kg/cm², que proporciona una superficie arquitectónica capaz de resistir cargas.

Los tres componentes del sistema PERMA · CRETE[®] SON: 1) una mezcla aglomerante de concreto y aditivos especialmente mezclados con un pigmento colorante estándar de dispersión a base de agua (el cliente puede elegir entre 20 colores estándar), 2) un químico aditivo aglutinante que es una resina de polímero acrílico soluble en agua, y 3) un sellador colorante de resina acrílica.

Canastillas-pasajuntas

Los armazones de barras pasadores, comúnmente conocidos como canastillas-pasajuntas, se utilizan para sostener y alinear los pasadores o pasajuntas de transferencia de carga en las juntas de los pisos y pavimentos de concreto, manteniendo la alineación vertical entre las losas de concreto adyacentes.

La introducción de pasajuntas para transferencia de cargas en las juntas de pavimentos de concreto ha disminuido los costos de mantenimiento, y aumentado muchos años de vida útil de los mismos.

Reducción de permeabilidad

El *fly ash* (ceniza volante) reduce la permeabilidad del concreto, lo cual reporta una serie de

beneficios entre los que se cuentan los siguientes:

resistencia mejorada de aguas agresivas; reducción considerable de la expansión debido a la reacción álcali-agregado con el cemento; reducción de la posibilidad de corrosión del armado del acero; reducción sustancial de eflorescencia; reducción de la penetración de agua y humedad a través de pisos de concreto, paredes de sótanos y áreas subterráneas; reducción de la erosión en el concreto empleado para tubería, canales, canaletes de riego, vertederos y puentes expuestos al flujo de aguas.

Concreto autocompactante de alto comportamiento

Hajime Okamura

Este es el texto de una conferencia en la que el autor refiere los avances hechos en Japón para lograr un concreto autocompactante que resolviera los problemas de durabilidad que presentaban las estructuras en ese país. También menciona algunas obras en las que se está utilizando este material que, al no requerir vibración, evita la segregación y conduce a una mayor racionalización del trabajo de la construcción.

Significó un gran placer y un privilegio para mí haber sido designado Conferencista de Ferguson, pues hace aproximadamente 30 años estudié con el profesor Ferguson en la Universidad de Texas, en Austin. Dos estudios,^{1,2} publicados por el ACI, fueron el fruto del tiempo que pasé con él.

Estos trabajos de investigación involucraban cálculos con el empleo de un programa creado por el profesor Breen.³ Este programa, en el cual se adoptó la no linealidad de los materiales y la geometría, constituía lo más avanzado en el campo en ese tiempo.

Un poco antes del trabajo del profesor Breen, realizamos investigaciones en la Universidad de Tokio.⁴ Nuestro programa bidimensional FEM simula el comportamiento no lineal del concreto reforzado, bajo una carga cíclica invertida (figura 1). El éxito de la simulación deriva del modelo constitutivo exacto del concreto reforzado que fuimos capaces de crear.

Desarrollo de un concreto autocompactante de alto comportamiento.

El concreto autocompactante es una mezcla que puede compactarse en todos los rincones de una cimbra únicamente por medio de su propio peso y sin necesidad de compactación por vibración. A pesar de su alta fluidez el agregado grueso no tiene segregación.

Se utilizó una cimbra modelo para observar si el concreto autocompactante fluía bien a través de los obstáculos (figura 2). El concreto se coloca en la torre derecha, fluye a través de los obstáculos, y se eleva en la torre izquierda. Los obstáculos se escogieron de modo que simularan las zonas confinadas de una estructura real. El concreto autocompactante a la izquierda se puede elevar casi al mismo nivel que el de la derecha.

Se realizaron experimentos similares de este tipo en un período de aproximadamente un año, y se pudo verificar la aplicabilidad del concreto autocompactante para estructuras prácticas. Esta investigación se empezó a sugerencia del profesor Kokubu, otro de mis supervisores y miembro honorario del ACI.

Durante varios años a partir de 1983, el problema de la durabilidad de las estructuras de

concreto fue un tema de gran interés en Japón, e inclusive, se lo consideró un problema mayúsculo que enfrentaba la sociedad japonesa. Para construir estructuras de concreto durables se requiere de suficiente compactación por trabajadores calificados. Sin embargo, la gradual reducción del número de trabajadores calificados en la industria japonesa de la construcción ha llevado a una reducción similar en la calidad de los trabajos de construcción. Por eso, yo comprendí que era necesario el desarrollo de un concreto autocompactante para garantizar estructuras de concreto durables en el futuro.

Al principio, pensamos que sería fácil crear este nuevo concreto, pues se tenía ya en la práctica un concreto subacuático antideslavante. El concreto subacuático antideslavante se cuela por debajo del agua y se evita estrictamente la segregación, agregando una gran cantidad de un agente viscoso hecho de un polímero soluble en agua. Esto evita que las partículas de cemento se disuelvan en el agua circundante. Sin embargo, se encontró que el concreto subacuático antideslavante no era aplicable para estructuras al aire, por dos razones: primero, las burbujas de aire atrapadas no podían ser eliminadas debido a la alta viscosidad; y segundo, la compactación en las áreas confinadas de las varillas de refuerzo era difícil. Por lo tanto, nosotros empezamos a investigar la trabajabilidad del concreto.

El experimento de visualización fue desarrollado por el profesor Hashimoto de la Universidad de Gumma⁵ (figura 3). El uso de un material polímero transparente en lugar del mortero nos permite observar el movimiento del agregado grueso. El resultado del experimento mostró que el bloqueo del flujo a través de secciones transversales angostas ocurre como resultado del contacto entre el agregado grueso. Para evitar esto, es necesaria una viscosidad moderada.

Cuando el concreto fluye en las varillas de refuerzo, se cambia la localización relativa del agregado grueso. Este desplazamiento relativo causa esfuerzos de cortante en la pasta entre el agregado grueso, además de esfuerzos de compresión. Para que el concreto fluya suavemente a través de los obstáculos, el esfuerzo de cortante debe ser suficientemente pequeño para permitir el desplazamiento relativo. A fin de entender mejor este tipo de esfuerzo cortante, realizamos un experimento para simular su generación; el experimento involucró un par de placas de acero con pasta entre ellas (figura 4). Los resultados del experimento indican que la fuerza de cortante requerida para el desplazamiento relativo, depende en gran medida de la relación agua-cemento (a / c) de la pasta. De esto, nosotros derivamos una a / c óptimo para minimizar la generación de esfuerzos de cortante (figura 5).

Sin embargo, aunque la manipulación de la a / c conduce a una fluidez mejorada de la pasta de cemento, también conduce a una viscosidad reducida. Por lo tanto, para lograr la capacidad autocompactante, fue indispensable utilizar un superplastificador. Con un superplastificador, la pasta puede hacerse fluida con una pequeña reducción concomitante en la viscosidad (figura 6). Se puede derivar una combinación óptima de a/c y del superplastificador para lograr la capacidad autocompactante para un concreto con un contenido fijo del agregado (figura 7). Como hemos visto, el bloqueo en una sección angosta se debe directamente al contacto entre el agregado. Si el contacto del agregado grueso excede un cierto límite, entonces ocurrirá un bloqueo a pesar de la viscosidad moderada del mortero. El valor límite del agregado grueso es

de aproximadamente 50 por ciento del volumen sólido.

De manera similar, si el contenido de agregado fino excede una cierta cifra, el contacto directo entre las partículas de arena da como resultado una reducción en la deformabilidad, y, una vez más, a pesar de la viscosidad moderada de la pasta. El valor límite del contenido de agregado fino en el mortero es de aproximadamente 40 por ciento del volumen del mortero (figura 8).

Nosotros hemos propuesto un sistema simple para proporcionar la mezcla:

El contenido de agregado grueso se fija en 50 por ciento del volumen sólido.

El contenido de agregado fino se fija en 40 por ciento del volumen del mortero.

La relación volumétrica agua / cemento se supone que está entre 0.9 y 1.0, dependiendo de las propiedades del cemento.

La dosificación del superplastificador y la a / c final se determinan de modo que se asegure la capacidad autocompactante.

Entre los muchos métodos de prueba propuestos para evaluar la capacidad de autocompactación, la prueba del tipo "U" propuesta por el grupo Taisei,⁶ parece ser, en esta etapa, la más apropiada (figura 9). En esta prueba, el grado de capacidad de compactación puede indicarse por la altura que alcanza el concreto después de fluir a través del obstáculo. Al fin se logra el material buscado. En el verano de 1988, Ozawa, actualmente profesor asociado de la Universidad de Tokio, alcanzó el éxito al desarrollar por primera vez concreto autocompactante.⁷ Un año después, se llevó a cabo un experimento abierto sobre este nuevo concreto en la Universidad de Tokio, frente a más de cien investigadores e ingenieros. Como resultado, se empezaron investigaciones intensivas en muchos lugares, especialmente en los institutos de investigación de las grandes compañías de construcción, y en la Universidad de Tokio. En 1991, investigadores de 13 contratistas generales pasaron un año en nuestro laboratorio para estudiar el concreto autocompactante de alto rendimiento. En 1993, nosotros publicamos un libro sobre la materia.⁸ El número de presentaciones sobre concreto autocompactante en la reunión anual del Instituto del Concreto del Japón se incrementó rápidamente a 30, en 1992, una cifra que ha permanecido constante desde entonces. El puente sobre el estrecho de Akashi El uso del concreto autocompactante en estructuras reales se ha estado incrementando gradualmente en los últimos años. El puente sobre el Estrecho de Akashi, actualmente en construcción, será el puente de suspensión más largo (1,990 m) del mundo. Se usó concreto autocompactante en la construcción de los dos anclajes del puente (figura 10). En este proyecto se introdujo un nuevo sistema de construcción, que hace pleno uso de las cualidades del concreto autocompactante. El concreto se mezcló en la planta de dosificación de la obra, y después fue bombeado fuera de la planta. Se transportó a 200 m a través de tubos hasta el sitio real del colado. En el sitio del vaciado, los tubos fueron acomodados en

filas de 3 a 5 m (10 a 16 pies) entre ellos. El concreto fue vaciado desde las válvulas de salida localizadas a intervalos regulares de 5m a lo largo de los tubos (figura 11). Estas válvulas se controlaban automáticamente, de modo que podía mantenerse una superficie nivelada del concreto colado. El tamaño máximo del agregado grueso en el concreto autocompactante usado en este sitio fue de 40 mm. El concreto caía desde una altura de hasta 3 m, pero no ocurrió segregación a pesar del tamaño grande del agregado grueso. En el análisis final, el uso de concreto autocompactante redujo el período de construcción del anclaje en 20 por ciento, de 2.5 a 2 años. Un tanque de gas natural licuado Se ha programado concreto autocompactante de alto rendimiento para el muro de un gran tanque de gas natural licuado (figura 12). La adopción de concreto autocompactante de alto comportamiento significa que:

El número de coladas se reducirá de 14 a 10, puesto que puede incrementarse la altura de una colada.

El número de trabajadores del concreto se reducirá de 150 a 50. El período de construcción de la estructura se reducirá de 22 a 18 meses. Puesto que el grado de compactación del concreto autocompactante usado en la estructura depende directamente de la calidad del concreto mismo, sin la posibilidad de que trabajadores calificados puedan compensar la deficiencia de calidad, es vital que tengamos un sistema de fabricación capaz de producir concreto autocompactante de la calidad requerida. En esta etapa, yo recomiendo un método para garantizar la capacidad autocompactante de todo el concreto colocado en el sitio. Si el concreto fluye a través del aparato en el sitio antes del bombeo (figura 13), el concreto se considera autocompactable para la estructura. El concreto autocompactante puede mejorar grandemente los sistemas de construcción que antes se basaban en el concreto convencional, que requería compactación por medio de vibración. La compactación vibratoria que puede causar fácilmente segregación, ha constituido un obstáculo para la racionalización del trabajo de construcción. Una vez que este obstáculo haya sido eliminado, se puede racionalizar la construcción con concreto, y puede desarrollarse un nuevo sistema de construcción, incluyendo cimbras, refuerzo, apoyos, y diseño estructural. Por ejemplo, la figura 14 ilustra una estructura llamada sandwich. Aquí, el concreto se vierte en un cascarón de acero. Debo destacar que este tipo de estructura, parte de la cual ha sido ya completada en Kobe, no habría podido lograrse sin el desarrollo del concreto autocompactante. Nosotros esperamos y tenemos fe en que el concreto autocompactante algún día llegue a ser tan ampliamente usado que sea visto como el "concreto estándar", en vez de un "concreto especial". Cuando esto suceda, nosotros habremos logrado crear estructuras de concreto durables y confiables, que requieran muy poco trabajo de mantenimiento.

Referencias

1. Okamura, H., S.N. Pagay, J.E. Breen y P.M. Ferguson, "Elastic Frame Analysis - Corrections Necessary for Design of Short Concrete Columns in Braced Frames", ACI Journal, vol. 67, noviembre de 1970, pp. 894-897.

2. Ferguson, P.M., H. Okamura y S.N., Pagay, "Computer Study of Long Columns in Frames", ACI Journal, diciembre de 1970, pp. 955-958.
3. Breen, J.E., "Computer Use in Studies of Frames with Long Columns", Flexural Mechanics of Reinforced Concrete, Proceedings of the International Symposium, noviembre de 1964, ASCE-1965-50, ACI SP-12, pp. 535-556.
4. Okamura, H. y K. Mackawa, Nonlinear Analysis and Constitutive Models of Reinforced Concrete, Gihodo Publishing, Tokyo, 1991.
5. Hashimoto, C., K. Maruyama y K. Shimizu, "Study on Visualization Technique for Bolcking of Fresh Concrete Flowing in Pipe", Concrete Library International, JSCE, núm. 12, marzo de 1989, pp. 139-153.
6. Shindo, T., K. Yokota y K. Yokoi, "Effect of Mix Constituents on Rheological Properties of Super Workable Concrete", Production Methods and Workability of Concrete, International RILEM Conference, Paisley, Scotland, junio de 1996, pp. 263-270.
7. Okamura, H., M. Kunishima, K. Mackawa y K. Ozawa, "High-Performance Concrete Based on the Durability Design of Concrete Structures", Proceedings of EASEC-2, núm. 1, enero de 1989, pp. 445-450.
8. Okamura, H., K. Mackawa y K. Ozawa, High Performance Concrete (en japonés), Gihodo Publishing, Tokio, septiembre de 1993.
9. Kitamura, H., K. Ukaji y H. Okamura, "Improvement of Ductility and Liquid-Tightness of Prestressed Concrete for LNG Containment", Concrete for Infrastructure and Utilities, E&FN Spon, Londres, 1996, pp. 469-479.

Hajime Okamura, miembro del ACI, es profesor y decano de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Tokio. Actualmente es miembro consultor del Comité 440 del ACI, Refuerzo FRP, y también es el presidente del Comité del Concreto de la Sociedad de Ingenieros Civiles de Japón. Fue miembro de enlace del Comité 318 del ACI, Código Estándar de Construcción, durante muchos años. Esta conferencia Phil M. Ferguson fue dictada el 6 de noviembre de 1996, en la Convención de Otoño del ACI, en Nueva Orleans, La. Este artículo fue publicado en Concrete International y se reproduce con la autorización de

(Pies y textos de ilustraciones:)

(FOTO) El profesor. Ferguson (izquierda) con el profesor Kobuku

Figura 1. Un ejemplo de análisis de un elemento finito (FEM). a) prueba b) análisis c) curva interior d) envolvente

Figura 2. Modelo de un cimbra que simula estructuras reales

Figura 3. Experimento de visualización

Figura 4. Generación de esfuerzo debido al desplazamiento relativo entre el agregado.

a) agregado grueso b) placas de acero c) pasta d) refuerzo

Figura 5. Relación entre la tasa agua-cemento y el esfuerzo cortante de la pasta. a) escoria b) ceniza volante c) relación agua-polvo (Vol.) d) contenido de agua unitario (kg/m³)

Figura 6. Efecto del superplastificador. a) El papel del superplastificador b) agregando el

superplastificador c) agregando agua d) viscosidad f) fluidez g) El superplastificador puede incrementar la fluidez con una ligera disminución en la viscosidad.

Figura 7. Combinación óptima de la dosificación del superplastificador y la relación agua / cemento a) Combinación de la relación a / c más apropiada, y la relación superplastificador - polvo (sp / p) b) clasificando la capacidad autocompactante c) relación agua-polvo (A/C) d) relación superplastificador-polvo sp / p

Figura 8. Contenido apropiado de agregados finos para un concreto autocompactante a) cantidad de agregado fino b) concreto c) mortero d) agregado grueso e) agua f) cemento g) agregado fino, h) 50% de volumen sólido, i) 40% de volumen de mortero

Figura 9. Prueba de evaluación de capacidad autocompactante a) salida central b) concreto c) después de abrir la compuerta central d) altura e) obstáculo de las varillas de acero

Figura 10. El puente en el estrecho de Akashi y sus anclajes

Figura 11. Concreto que está siendo colado desde la válvula de salida

Figura 12. Tanque de gas natural licuado

Figura 13. Aparato para garantizar capacidad autocompactante a) refuerzo D13 b) separación 60 c) espacio entre los obstáculos d) (plan) e) (vista frontal)

Figura 14. Estructura "sandwich"

Especificación de granulometría de agregados combinados

Terry Holland

La mezcla de diferentes agregados para satisfacer un requisito de granulometría de agregados combinados representa para una empresa un grado de complejidad mayor del habitual en la realización del control de calidad. A continuación se relata la experiencia de un productor de concreto que muestra los pasos que se siguieron en la producción y el control de los agregados, operaciones éstas consideradas clave para cumplir con las especificaciones del cliente.

Steve Dow, director de servicios técnicos para las Compañías Cranesville Block, tuvo su primera experiencia con una especificación de granulometría de agregados combinados cuando su planta de Amsterdam, NY, suministró 4,600 metros cúbicos de concreto premezclado para la pavimentación de un campo de aterrizaje. La Fuerza Aérea de Estados Unidos. adoptó recientemente este método de especificación, que aparece en el recuadro de la página...., y para satisfacer esto, Cranesville Block tuvo que combinar cuatro agregados gruesos y un agregado fino. El control del proceso de producción de agregados, combinación, pruebas y producción del concreto constituyó la clave para la terminación exitosa de esta obra.

Especificaciones del proyecto

El proyecto -la pavimentación de la pista de maniobras y del área del estacionamiento de un campo de aterrizaje en las instalaciones de la Guardia Nacional Aérea de Stratton, en el Estado de Nueva York- se realizó de acuerdo con un contrato administrado para la Fuerza Aérea por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos. Se utilizó el manual de la Fuerza Aérea como base para las especificaciones del proyecto, y el equipo de control de calidad, al frente del cual estaba Jim Loucks, de la compañía hermana de Cranesville, Crushing Stone, desarrolló los siguientes pasos para satisfacer las especificaciones.

Crushing Stone mezcló agregados para producir una granulometría combinada que estaba dentro de una banda aceptable (véase la figura 1 en el recuadro).

Una vez que se desarrolló la granulometría combinada, Dow determinó el factor de grosor y el factor de trabajabilidad, los que se convirtieron en los objetivos del proyecto.

Si las granulometrías de los agregados caían fuera de la banda aceptable, o cualquiera de los dos factores variaba respecto de sus objetivos, de inmediato se tomaban acciones correctivas que iban desde ajustes en los agregados hasta la adición de 56 kg de cemento portland por metro cúbico.

Tal como lo hace notar Dow, "nosotros determinamos inmediatamente que alejarse del objetivo

podría tener un costo prohibitivo. El costo extra por el control de calidad resultó menor que el que hubiera tenido el cemento extra, y, de hecho, nosotros pudimos usar aproximadamente 24 kilogramos menos de cemento por metro cúbico, que el designado en el valor de diseño, ya que el control mejorado de la granulometría nos proporcionó un colchón de resistencia.

El método de Cranesville

Dow utilizó un laboratorio externo para desarrollar la óptima granulometría combinada original de los agregados. Después Loucks tuvo que calcular relaciones de las combinaciones para el agregado y desarrollar las proporciones de la mezcla de concreto. Él recurrió al método de ensayo y error para la combinación de los agregados, y en la combinación resultante utilizó los cuatro tamaños para satisfacer los requisitos. "Nosotros no elegimos utilizar tantos tamaños de agregados," dice Loucks, "pero yo no podía satisfacer los requisitos de granulometría combinada de otra manera." La tabla muestra granulometrías típicas de los agregados individuales y de los agregados combinados. Esta combinación de agregados dio como resultado los siguientes pesos de dosificación en libras por yarda:

Cemento 323
Ceniza volante 57
Agregado grueso núm. 2 433
Agregado grueso núm. 1 416
Agregado grueso núm. 1A 173
Agregado grueso núm. 1B 172
Relación agua / materiales cementantes 0.45

Afortunadamente, la planta que suministró este concreto tenía un gran número de depósitos - seis adentro y seis fuera de la planta- pero dos de los depósitos externos se requirieron para otros productos de agregados especiales. Así pues, no había suficientes depósitos para manejar todos los tamaños de agregados gruesos. Debido a esto, los agregados núm. 1A y 1B se combinaron en la cantera tal como se describe más adelante, y se manejaron como un agregado en la planta.

El esfuerzo invertido en la producción y control de agregados fue muy importante para este proyecto. La mayor parte del control de calidad lo realizó el personal interno de Cranesville:

Loucks y Todd Weet, quien estaba contratado para ese verano. Ellos contrataron la ayuda de un laboratorio externo según se iba necesitando. Loucks estima que se realizaron entre dos y tres veces tantas pruebas y muestreos de los agregados para este proyecto como se realizan en una obra típica. La producción del agregado y el control de calidad básico requirieron los siguientes pasos:

Cushing Stone produjo el agregado y lo almacenó en pilas de acopio temporales en la cantera. Durante la producción, el departamento de control de calidad realizó análisis de malla en muestras a intervalos de prueba de 200 toneladas. Si obtenían resultados de prueba dudosos, realizaban una prueba de verificación, y siempre realizaban por lo menos un análisis de malla aun si la producción era de menos de 200 toneladas. Una vez que se certificaba que una pila de acopio temporal de un tamaño dado cumplía con las especificaciones, los trabajadores agregaban el material a la pila principal de la cantera del proyecto, para ese tamaño.

Después de completar todas las pilas de acopio, los trabajadores las marcaban con un signo convencional que las designaba únicamente para el proyecto de pavimentación. Cranesville no empleó el material para ningún otro proyecto, y Cushing Stone agregó material adicional a la pila.

Puesto que iban a emplearse cantidades iguales de los tamaños 1A y 1B, estos agregados se mezclaron en la cantera usando el cucharón de un cargador de ruedas. Se requirió mucho cuidado para mezclar completamente los dos tamaños que habían sido apilados separadamente. La clave para esta operación estuvo en el operador del cargador con ruedas. "Elegimos al mejor hombre en la obra para esta tarea," dice Loucks, "y los resultados fueron magníficos. Se podía tomar cualquiera de diez muestras individuales de la combinación 1A-1B y las granulometrías eran siempre las mismas. Resultó ser un material muy consistente."

A medida que los materiales eran removidos de las pilas de acopio, y transportados a la planta, los choferes los descargaban en depósitos externos de 150 toneladas, desde donde después eran llevados por bandas transportadoras a los depósitos de almacenamiento dentro de la planta.

Los técnicos probaron el contenido de humedad y la granulometría del agregado antes de dosificar cualquier concreto, y para cada 115 metros cúbicos de concreto producido. Las gráficas de las granulometrías combinadas y la manera en que las granulometrías se ajustaban a la gráfica factor de trabajabilidad-factor de grosor, ayudó a Dow para hacer un seguimiento de estos pasos de control. La figura 3 muestra ejemplos de estas granulometrías de producción.

Los técnicos verificaron inclusive la granulometría del concreto entregado, lavando la pasta de cemento y realizando análisis de mallas. Además de todas estas pruebas de los agregados, se realizaron las pruebas normales para satisfacer los requisitos de

contenido de aire, revenimiento y resistencia. Para la prueba de resistencia, el personal de control de calidad hizo cilindros y vigas en la planta (para verificación interna del control), y en el lugar de la obra.

Estos pasos forman la base para el control del proceso, y en éste, el estricto control de todo lo que entra en el concreto, hace que el resultado sea predecible. Según el comentario de Dow, "la clave de nuestro éxito en este proyecto estuvo en el control de los agregados. Si los agregados estaban en donde se suponía que debían estar, teníamos la confianza de que el comportamiento del concreto sería el esperado."

Resultados de Cranesville

Dow dice que el contratista a cargo de la colocación del concreto estaba preocupado la primera vez que lo vio. "El concreto parecía áspero -no "huesudo" sino arenoso- debido a todos los tamaños intermedios del agregado. Pero respondió favorablemente a la vibración y acabó muy bien." Hay que hacer notar que la mezcla no era simplemente una combinación de agregados que estuvieran "en el estante".

El proyecto requería un porcentaje de material de más de 3/8 de pulgada mayor que el que la cantera de Cranesville normalmente producía para las operaciones de concreto o asfalto. Loucks tenía que ajustar sus trituradoras para producir el material necesario sin cambiar las cribas de las trituradoras para este proyecto especial. "Yo no quería cambiar las cribas debido al impacto en las operaciones normales de la cantera," dice él.

Dow dice que el problema más grande consistió en coordinar todas las pruebas. "Nosotros empezáramos haciendo granulometrías de agregados y contenidos de humedad a las 4:30 de la mañana, y a continuación hacíamos pruebas adicionales de los agregados durante todo el día a medida que progresaban los colados y, por supuesto, tuvimos que hacer las pruebas normales de concreto fresco aproximadamente cada quinto camión." Dow y Loucks piensan que el proceso tuvo su recompensa.

La Fuerza Aérea consiguió lo que quería: una mezcla más consistente y un producto de mejor calidad. A Dow también le gustaron los resultados de resistencia a compresión, que fueron de aproximadamente 70 kg / cm² más altos que lo esperado para el concreto que él normalmente hubiera producido para este proyecto, usando piedras núm. 57 y arena para concreto. Este colchón de resistencia le permitió reducir el contenido de cemento y al mismo tiempo satisfacer todavía la resistencia a la flexión especificada de 45 kg / cm².

Dow se muestra filosófico acerca de los costos del concreto. "Nosotros no obtuvimos un precio adicional por todas las pruebas extras involucradas, pero el trabajo fue rentable" -dice él-. "Sólo requirió un poco más de control de calidad que el usual. Esto no es extraño para un trabajo militar, porque es bien sabido que hay que tener requisitos más estrictos de control de calidad y hay más gente observándonos.

"Gracias al control más estricto de calidad para el concreto de agregado combinado, se obtiene un buen colchón de resistencia a la compresión en el proceso. Después de 3,500, 7,000 10,000 metros cúbicos, se siente uno satisfecho con la resistencia agregada, y se

pueden quitar algunos kilogramos de cemento. Y después de hacer aproximadamente 15,000 más, se pueden sacar algunas libras más de cemento."

Proyectos futuros

Cranesville ha adoptado algunas de las prácticas que aprendió en este proyecto para otros trabajos. Jim Loucks puede usar los tamaños combinados 1As Y 1Bs en una de las plantas de bloques de la compañía.

La cantera también está vendiendo una mezcla de agregado para trabajos de cincelado y sellado de las calles.

En el área del concreto, Dow está "escogiendo lugares para usar las técnicas con base en el método de proyecto a proyecto".

El concreto para losas es un área que le interesa de manera especial. "La combinación de agregados puede ayudar a reducir ondulaciones" -dice él-. "Nosotros somos capaces de sacudir una mezcla para reducir la contracción, usando materiales de combinación, y obtener todavía un concreto que puede ser colocado y acabado sin dificultad." Y la experiencia no fue tan mala para que Cranesville tenga que renegar de este trabajo.

Para cuando este artículo sea publicado, la compañía estará proveyendo concreto para otra colocación de pavimento para la Fuerza Aérea. Loucks hizo notar algunas diferencias en su método con su siguiente trabajo. Él está permitiendo a una cantera hermana completar la producción de la arena para el concreto que habrá de usarse para el proyecto antes de que él complete la producción de todos los agregados gruesos.

Piensa que será un poco más fácil determinar la mejor mezcla y producirla si comienza con una arena conocida. También tiene una nueva trituradora más pequeña en su patio, para usarla en el proyecto y ayudarle a satisfacer los requisitos especiales.

¿Valió la pena el esfuerzo a la luz de los resultados obtenidos? En verdad, parece que el propietario ha obtenido un mejor producto final y que, de acuerdo con el manual, éste debe ser más durable.

El asunto del costo de las pruebas adicionales frente a un precio más alto para el concreto parece algo preocupante. Down recomienda examinar con más cuidado los costos y la evaluación de precios al utilizar el control de proceso en los agregados combinados.

(Foto 1) Jim Loucks, de Crushing Stone, pasó mucho tiempo practicando los análisis de mallas necesarios para asegurar que la granulometría de agregados combinados se encontraban dentro de la estrecha banda requerida por las especificaciones del proyecto.

(Foto 2) El proyecto de pavimentación del aeropuerto requería una granulometría muy estricta, y una coordinación cuidadosa entre Crushing Stone y Cranesville Block.

(Figura 1) Los técnicos hicieron gráficas de las granulometrías combinadas y pusieron los resultados en un diagrama factor de trabajabilidad-factor de grosor para comparar los valores reales contra los valores objetivo.

(Figura 2)

Granulometrías de depósitos combinados e individuales

Análisis de granulometría de depósito de agregados individuales No. 2 No. 1 No. 1A y 1B
Finura _____

Tamaño Peso % que Pasa
Tamaño de Malla Retenido Pasa Retenido Pasa Retenido Pasa Retenido Pasa

1	100.0	100.0	100.0	100.0	3/4	20.10	79.9	0.40	99.6	100.0	100.0	1/2	72.10	7.8	10	91.5	100.0
100.0	3/8	4.70	3.1	40.20	51.3	100.0	100.0	No. 4	1.40	1.7	48.90	2.4	16.10	83.9	5.80	94.2	No. 8
0.60	1.1	1.10	1.3	41.20	42.7	14.90	79.3	No. 16	19.40	23.3	12.40	66.9	No. 30	10.30	13.0	22.60	44.3
No. 50	5.70	7.3	27.60	16.7	No. 100	2.50	4.8	9.70	7.0	No. 200	1.10	1.30	4.80	7.00	Total	100.00	100.00
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00													

Granulometría de depósitos combinados

Tamaño Dosifi- Tamaño de criba-Estándar US de cación Depósito % 1 3/4 1/2 3/8 No. 4 No. 8 No. 16 No. 30 No. 50 No. 100

2	25.0	25.0	20.0	1.9	0.8	0.4	0.3	1	24.0	24.0	23.9	22.0	12.3	0.6	0.3	1A y 1B	20.0	20.0	20.0
20.0	20.0	16.8	8.5	4.7	2.6	1.5	1.0	Finura	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	29.2	24.6	20.7	13.7	5.2	2.2
Totales	100.0	100.0	94.9	74.9	64.1	47.0	33.7	25.4	16.3	6.6	3.1								

El manual de pavimentos de la Fuerza Aérea de Estados Unidos

Debido a varias fallas en la durabilidad de pavimentos relativamente nuevos, la Fuerza Aérea llegó a la conclusión de que necesitaba un nuevo método para proporcionar las mezclas de concreto. Las fallas incluían desconchaduras a edad temprana de los depósitos del sellado de las juntas, delaminación de la superficie, y desmoronamiento en los bordes. La intención del cambio de los procedimientos era producir mezclas de concreto que estuvieran mejor adaptadas a las prácticas de pavimentación que habían estado siendo usadas. La Fuerza Aérea esperaba menos problemas de construcción y pavimentos más durables si fuera más fácil de colocar y acabar el concreto. Este método para proporcionar el concreto para los pavimentos de campos de aterrizaje ha sido definido en un nuevo manual de la Fuerza Aérea.¹ Un elemento clave de los procedimientos de proporcionamiento revisados es el control del agregado y la granulometría. El manual recomienda que los agregados gruesos cumplan con los requisitos de calidad de ASTM C 33, Especificación Estándar para Agregados de Concreto, pero no recomienda ninguna granulometría específica de ese estándar. Los requisitos sugeridos para mezclar el agregado grueso y el agregado fino son similares.

El contenido mínimo de cemento portland debe ser de 332 kilogramos por metro

cúbico para concreto sin ceniza volante y 305 cuando se emplea ceniza volante. El contenido de ceniza volante está limitado a una proporción de 15 a 25 por ciento por masa del total del material cementante. La relación máxima de agua / materiales cementantes está fijada en 0.45. El aire incluido está fijado en las variaciones normales con base en la severidad de la exposición, permitiéndose el uso de aditivos químicos. El manual trata sobre granulometrías del agregado como sigue:

Las granulometrías de los agregados gruesos y finos individuales se utilizan para producir "un agregado combinado bien graduado". Este es un proceso de ensayo y error. El propósito de combinar los agregados es el de producir un agregado con una "transición relativamente suave entre el agregado grueso y el agregado fino" que no tenga "un valle o un pico muy notable entre la malla de 9.5 mm y el tamaño más fino de la malla del informe". La figura 1 muestra ejemplos de granulometrías combinadas.

Después de desarrollar la curva de la granulometría del agregado combinado, el siguiente paso es el de calcular los factores de grosor y trabajabilidad (figura 2). Estas medidas de las propiedades de la granulometría del agregado fueron desarrolladas por Shillstone² y adaptadas por la Fuerza Aérea.

Las zonas entre los cuadros de trabajabilidad en la figura 3 se relacionan con la manera en que una mezcla particular de concreto está adaptada a la colocación por medio de cimbras deslizantes, moldes laterales, moldes o cimbras laterales con acabado mecánico o con métodos de acabado a mano. El manual menciona que otros factores influirán en la trabajabilidad de una mezcla de concreto dada, o en su adaptabilidad para un tipo particular de técnica de colocación. Tales factores incluyen la forma de las partículas, el contenido de aire y el uso de aditivos químicos. Desafortunadamente, no se dan los ajustes para los efectos de estos factores. Finalmente, el manual da esta guía sobre la variabilidad "normal" esperada: aproximadamente 5 y 3 por ciento para los factores de grosor y trabajabilidad, respectivamente. El manual incluye también ejemplos de proporcionamiento de mezclas que han seguido sus recomendaciones. Es interesante hacer notar que ninguno de los ejemplos incluye combinación de agregados. Todos los ejemplos dados utilizan un único agregado grueso y un solo agregado fino en relaciones que son aproximadamente las que se podrían esperar habitualmente sin ninguno de los análisis de granulometría combinada. Figura. 1. Porcentaje de agregado combinado retenido (satisfactorio - no satisfactorio - % retenido - tamaño de malla) Figura 2. Guía de proporcionamiento del agregado

arenoso - bien graduado - línea de control - rocoso - factor de grosor - grueso - tamaño del agregado - fino - factor de trabajabilidad -

factor de grosor = % retenido por encima de una malla de 9.5 mm

% retenido por encima de una malla núm. 8

Figura. 3. Cuadro de trabajabilidad dentro de la guía de proporcionamiento de agregados (cuadro de trabajabilidad - línea de control - factor de grosor - grueso - tamaño del agregado - fino - factor de trabajabilidad - técnicas de colocación - A - cimbra deslizante - B - molde y colocación - C - manual)

Referencias 1. U.S. Air Force, *Proportioning Concrete Mixtures with Graded Aggregates - A Handbook for Rigid Airfield Pavements*, septiembre de 1996. 2. James M. Shilstone Sr., "Concrete Mixture Optimization", *Concrete International*, junio de 1990, pp. 33-39.

MICROSTATION TRIFORMA

Para plataformas Microsoft Windows, Power Macintosh y UNIX

Una mirada al campo de la tecnología informática nos puso en contacto con este software para la producción integrada de diseño y planos de construcción que, a partir de un modelo tridimensional, permite crear, visualizar, evaluar y modificar rápidamente los diseños.

MicroStation Triforma es un software fácil de utilizar y de alto rendimiento para la producción de dibujo y modelado arquitectónicos. Representa un mejoramiento notable sobre el procedimiento tradicional CAD para la producción de diseños y planos de edificios; se enfoca en la creación de un modelo 3D que incorpora la mayor amplitud de diseño: el Modelo de Construcción Único.

El Modelo de Construcción Único es un método que abarca el flujo de un trabajo arquitectónico. Incluye un verdadero modelado en 3D para diseño arquitectónico, con herramientas fáciles de utilizar, que permiten crear y visualizar los diseños. A medida que el diseño se mueve a través de la producción, todos los dibujos y reportes 2D son generados automáticamente desde el Modelo de Construcción Único. Se puede identificar el mejor diseño, comunicarlo efectivamente y moverlo a lo largo de la producción sin retrasos.

Modelado sólido tridimensional para el diseño arquitectónico

MicroStation TriForma proporciona un modelado sólido verdaderamente 3D; y constituye por lo tanto una herramienta de diseño que permite crear, evaluar y modificar rápidamente los diseños, trabajando de la misma forma en que se piensa, es decir, en tres dimensiones. Se puede esculpir, modificar, seccionar y visualizar rápidamente un diseño conceptual, usando elementos volumétricos 3D. Estos elementos pueden ser, o bien volúmenes simples, tales como muros, losas y columnas, o bien volúmenes compuestos tales como ensamblajes de construcción hechos de muros huecos, y elementos estructurales. Las herramientas gráficas de escalones paramétricos y ventanas permiten diseñar y manipular fácilmente elementos de construcción únicos, de varios tipos y configuraciones. Y también permite trabajar hasta en ocho ventanas activas -capaces de ajustarse al tamaño deseado-, que pueden contener vistas de elevación, isométricas y de perspectiva.

Ya sea que se trate de un diseño esquemático de arranque o de una presentación ya pulida para el cliente, este software proporciona las herramientas necesarias para crear fácilmente imágenes logradas de manera fotorrealista y animaciones elaboradas. Es posible asignar patrones y texturas al modelo para avivar el realismo. Las definiciones de materiales proporcionan color, textura y acabado adicionales, mientras que diferentes fuentes de iluminación que incluyen alumbrado ambiental, luz solar, y luz concentrada, proporcionan claroscuros realistas. Y se puede fácilmente desplegar e imprimir imágenes acabadas de alta

resolución, empleando una amplia variedad de formatos de cuadrículas estándares industriales de 24 bits.

Modelo de construcción único: todo bajo un solo techo

Todos los dibujos producidos en 2D, incluyendo planos, secciones y elevaciones, se generan a partir de su modelo 3D. Puesto que todos los documentos están ligados dinámicamente al modelo de construcción único, cualesquiera cambios al modelo se reflejan instantáneamente en los documentos apropiados. Mover un muro o insertar una ventana ya no significa revisar y coordinar una larga lista de dibujos y reportes: se realiza automáticamente. Este método avanzado y unificado ahorra tiempo y reduce la posibilidad de errores y omisiones.

Los dibujos en 2D generados automáticamente desde este modelo único contienen líneas de peso especificadas, sombreado con rayas entrecruzadas y patrones, y cuerdas dimensionales. Se agrega una anotación adicional a estos dibujos sobre una hoja sobrepuesta que permite actualizar fácilmente las gráficas subyacentes, mientras que se señalan automáticamente cambios a los dibujos entre sesiones.

Reportes y dibujos sincronizados automáticamente

Los reportes necesarios para cada proyecto arquitectónico están ligados a su modelo al igual que a los planos y elevaciones. Esto significa que con sólo unos cuantos "clics" del ratón, se puede producir un conjunto de especificaciones y calcular el costo de todo un proyecto. Y puesto que estos reportes están ligados, cualquier cambio en el modelo original se reflejará automáticamente en los reportes anexos, lo cual elimina el error humano que normalmente causa inconsistencias entre el diseño y los reportes correspondientes.

La capacidad de reportes de este software es poderosa y rápida. Las listas detalladas de materiales, por ejemplo, dan automáticamente la cantidad y el costo de cada artículo en el modelo. El procedimiento "qué pasa si...", proporciona un poderoso sistema de control en el presupuesto. Se puede, por ejemplo, analizar lo que implica en los costos seleccionar materiales alternos, sin tener que modificar el modelo. Las opciones de esquemas flexibles aseguran que cada reporte contenga exactamente la información que se necesita, y que estén organizados a completa satisfacción del usuario. Es posible importar fácilmente los reportes generados con MicroStation TriForma en una hoja electrónica, o en el software del manejo de base de datos, para un mayor refinamiento y análisis.

Fácil aprendizaje y fácil manejo

El aprendizaje resulta sencillo y la percepción es fácil en todas las plataformas. La interfaz

pulida del usuario es intuitiva y rápida. El ambiente no-modal significa que se pueden cambiar los posicionamientos de las herramientas y tener una vista de los parámetros a la mitad de una secuencia de comandos, sin tener que volver a empezar un comando. La tecnología QuickVision® permite inclusive trabajar en una vista completamente bien regenerada.

Este software se expande en la amplia funcionalidad de MicroStation, enfocando las demandas específicas del diseño arquitectónico y de construcción. Aprovecha las ventajas de las herramientas de dibujo innovadoras proporcionadas en MicroStation 95 y MicroStation Power-Draft®. Por ejemplo, MicroStation AccuDraw® es la definición de la entrada fácil de dibujos en 3D, combinando la facilidad e intuición de los esbozos, utilizando un ratón con la velocidad y exactitud de entrada del teclado.

Información compartida sin esfuerzo

Su operación es muy funcional en un grupo de trabajo. Los archivos de referencia -conexiones de sólo lectura de vector adicional o archivos de cuadrícula- permiten que equipos de diseño y miembros de disciplinas diferentes compartan simultáneamente la información de diseño. Las modificaciones de diseño se almacenan instantáneamente, permitiendo a los miembros del equipo de diseño trabajar juntos y coordinar sus tareas sobre una red de trabajo en tiempo real.

Otra ventaja es la posibilidad de compartir información entre otros paquetes de software. Se puede leer y escribir una variedad de formatos de diseños industriales estándar, incluyendo DWG y DXF. Los posicionamientos definidos por el usuario y las tablas de traslación aseguran resultados exactos.

Características

Gran facilidad de uso

MicroStation TriForma aprovecha las ventajas de las características interfaz avanzadas del usuario, disponibles en MicroStation y MicroStation Power Draft. Esto incluye apoyo para AccuDraw, SmartLine®, ayuda Tool Tip, y cuadros de herramientas en puerto. Es fácil de aprender y sencillo de utilizar en todas las plataformas. La nueva tecnología QuickVision en MicroStation permite trabajar inclusive en una vista bien lograda.

Flujo natural del trabajo arquitectónico

Este software se adapta al flujo de trabajo. Permite diseñar con herramientas de modelado conceptual. Toda la información de la construcción está almacenada en un modelo 3D. A medida que avanza el diseño y se agregan detalles, el modelo se afina y se perfecciona.

Mientras el diseño se mueve a través de la producción, todos los dibujos de 2D y los reportes, incluyendo estimación de costos, facturas de materiales y las especificaciones, son generadas desde este modelo único sin ambigüedades.

Poderoso modelado 3D

Las herramientas de modelado son fáciles de usar y permiten esculpir, modificar, seccionar y visualizar rápidamente diseños conceptuales. Es posible modelar proyectos complejos, trabajando entre vistas de plano, elevación, isométricas y de perspectiva. Los escalones paramétricos gráficos y las herramientas de ventanas permiten diseñar y manejar fácilmente elementos de construcción únicos de varios tipos y configuraciones.

Dibujos producidos automáticamente en 2D

Los planos de 2D, secciones, elevaciones, y detalles, son generados desde su modelo en 3D. Las líneas de estilo especificadas, los pesos de las líneas y los patrones, son generados automáticamente. Se pueden incluir objetos por encima y por debajo del corte de sección en los dibujos, con las líneas de estilo y el peso de las líneas especificadas. Se crean automáticamente cuerdas dimensionales a partir del modelo 3D. Las anotaciones adicionales y los dibujos de 2D se agregan a una hoja sobrepuesta, que permite actualizar fácilmente las gráficas subyacentes. Los cambios a los dibujos entre sesiones son automáticamente señalados.

Reportes versátiles

Los reportes personalizados, incluyendo facturas de materiales, estimación de costos y especificaciones, se generan automáticamente a partir de su modelo en 3D. Se pueden crear simulaciones, seleccionando varias descripciones de material, sin tener que modificar el modelo. El texto de la especificación está ligado a los materiales y su modelo. Se proporcionan Macros para Microsoft Word y Word Perfect para ensamblar automáticamente el texto de especificación requerido.

Personalización fácil

MicroStation TriForma sirve como una herramienta de usuario final, y como una plataforma de desarrollo. Se logra personalización por los ambientes del MicroStation Development Language (MDLâ) y MicroStation BASIC, que se proporcionan sin ningún cargo adicional. Los distribuidores de software independientes están ahora utilizando MicroStation TriForma como una plataforma de integración para desarrollar una amplia gama de nuevas aplicaciones de

construcción.

Requisitos del sistema

Plataformas del software y hardware de la PC

MicroStation PowerDraft	MicroStation 95	MicroStation SE
Microsoft Windows 3.1	Microsoft Windows 95	Microsoft Windows NT

Requisitos del hardware de la PC

CPU	Sistema Operativo	Memoria	
		mínimo	recomendado
80486DX o Pentium	DOS	8BM RAM	16MB RAM
80486DX o Pentium	Microsoft Windows 3.1	16MB RAM	24MB RAM
80486 DX o Pentium	Microsoft Windows 95 o Microsoft Windows NT	16 MB RAM	32 MB RAM
DEC Alpha AXP	Microsoft Windows NT	24 MB RAM	32 MB

Disco Duro: 200 MB recomendado (instalación típica: 75 MB)

Dispositivo de entrada: mouse o tablilla (la tablilla en Windows 3.1/95/NT requiere un driver (circuito de instrucciones) WINTAB proporcionado por el distribuidor, o la Interfaz de Tablilla para Digitalizador Windows de Bentley)

Tarjeta de Gráficas: 256 colores recomendados para óptimos resultados

Gráficos de pantalla dual soportado (Windows y OS/2 requieren un driver proporcionado por el distribuidor)

TriForma para arquitectura de paisaje (TriForma LA) es una aplicación extensa y única, desarrollada para arquitectos paisajistas y diseñadores. Corre suavemente en MicroStation PowerDraft y combina gráficas en dos y tres dimensiones basadas en leyendas con interacción de datos, convirtiendo archivos de diseño ordinarios en dibujos inteligentes.

La aplicación, que se ha actualizado constantemente desde 1992, se desarrolló con el propósito de poder tomar fácilmente un proyecto desde el prediseño, pasando por la documentación de contratos, hasta la visualización posterior al diseño. Instituciones comerciales y académicas de todo el mundo la utilizan.

Beneficios de productividad

La mayor parte del tiempo que pasa uno analizando un plano típico involucra la creación de documentación de contratos (DC). Los puntos fuertes de TriForma LA son sus funciones de dibujos fáciles de utilizar y que ahorran esfuerzo. Su operación sobre la base de leyendas asegura ahorro de tiempo en todas las fases del proyecto, especialmente durante la distribución esquemática, el desarrollo del diseño, la revisión y la generación de DC.

Los modelos exactos en 3D pueden ser extruidos de los datos del plano integral de TriForma LA, o pueden colocarse inicialmente en 3D. Las listas de plantas, cantidad estimada de material, lista de materiales para la irrigación, y los programas, se generan rápidamente utilizando las capacidades de la base de datos de TriForma LA; no se requiere de una base externa de bases de datos.

Características del diseño y del paisaje

Se cuenta con más de 80 dibujos específicos de paisajes definibles por el usuario, y herramientas de datos más allá de las incluidas en MicroStation. TriForma LA comprende tres grupos de dibujos primarios: desarrollo del diseño, plantación e irrigación.

El desarrollo del diseño incluye herramientas que permiten a los usuarios colocar y manipular gráficas en 2D y 3D:

Perfilando el diseño en 3D

Ruta de irrigación por líneas, ramas y zonas

Elevación acotada y cálculo de pendientes

Selección, colocación y manipulación de árboles, plantas y arbustos

Derecho de paso, servicios públicos y líneas de frontera

Generación de una lista de plantas

Distribución y señalamiento de estacionamientos

Bibliotecas de irrigadores definibles por el usuario

Distribución esquemática de instalaciones deportivas

Selección automática de tamaño Hazen-Williams

Alumbrado, accesorios y vehículos

Generación de lista de materiales

Aplicaciones típicas

Los usuarios se benefician en numerosos puntos en un ciclo típico de trabajo:

Muchas operaciones de prediseño

Esta fase de un proyecto es importante, ya que el cliente habitualmente adjudica un contrato con base en una percepción del trabajo acabado. Este software facilita el trabajo al proporcionar capacidades de inspección rápida de operaciones que se vinculan directamente con los planos del diseño utilizables.

Diseño y desarrollo del diseño

Ésta es, con mucho, la fase más crítica y la que lleva más tiempo en un proyecto. Involucra

la creación de documentación legal de contrato a partir del cual se desarrolla un diseño. Involucra el diseño original y todas las modificaciones del diseño original a través de órdenes de cambio. En la mayor parte de los casos el arquitecto paisajista o el diseñador es el responsable de los errores de un DC, de modo que el software utilizado y el personal que lo utiliza deben ser precisos. En este caso, la automatización gráfica e interactiva de los datos constituyen una ayuda importante

Visualización después del diseño

Esta fase del proyecto trata principalmente de la producción fotorrealista del diseño completo. Incluye la creación, el delineamiento de rayos(**ver**) y la aplicación de imágenes compuestas. TriForma LA proporciona automatización rápida en 3D, previa a las técnicas de producción mejoradas, las cuales permiten a los diseñadores y clientes hacer ajustes antes de la construcción.

Requisitos del sistema

Se requiere únicamente un espacio en el disco duro de 15 MB para la instalación, los archivos de ejemplos y la documentación electrónica.

Acerca de la base de datos

Los usuarios pueden extraer datos y otra información relevante desde sus diseños. Esto incluye listas de plantas, lista de materiales para plantas y accesorios, y cálculos del flujo de irrigación. La producción de datos está disponible en formato de texto ASCII. El software también se adapta a las bases de datos Informix, SyBase, MicroSoft Access y ODBC.

ILUSTRACIONES

Figura 1. El Modelo de Construcción Único permite construir de la misma manera en que se piensa: en tres dimensiones.

Figura 2. La interfaz intuitiva hace posible trabajar en vistas de plano, elevación e inclusive de perspectiva.

Figura 3. Las especificaciones y las estimaciones de costos se generan automáticamente desde el Modelo de Construcción Único.

Figura 4. Este es un ejemplo de las presentaciones que pueden obtenerse.

Figura 5. MicroStation TriForma proporciona herramientas especializadas para la producción de diseños y dibujos arquitectónicos.