



Presentación

Nuevo año, nuevo gobierno, mucha expectativa, y la voluntad compartida de trabajar por México.

Así empezamos el 2001, con decisión, con empeño, con la disposición de dar el mejor esfuerzo para que el país avance hacia el futuro que merece.

Desde éste, nuestro lugar, nosotros seguimos colaborando en la difusión de todo aquello que en el terreno de la construcción sirva para impulsar el desarrollo.

Iniciamos esta edición con un artículo sobre el cemento blanco, un material que ha adquirido notable resistencia gracias a la investigación de laboratorio, lo cual lo ha puesto en condiciones de producir un concreto que suma a las posibilidades estéticas del color, las cualidades estructurales que se derivan de su alta resistencia mecánica.

El enfoque del autor se centra en el diseño de la mezcla de un concreto de este tipo, tratando en detalle cada componente.

Luego presentamos el contenido de una entrevista con Abraham Zabludovsky, uno de nuestros arquitectos más destacados en la segunda mitad del siglo XX.

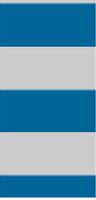
La evocación de sus orígenes, las referencias a su trayectoria, la exposición de los criterios con que aborda la creación arquitectónica, son aspectos que, entrelazados con gran sencillez a lo largo de la conversación, conforman la imagen del quehacer de un hombre abierto a su tiempo. Tenemos también resultados de investigación desarrollada en México.

Por un lado, el estudio realizado con el objeto de conocer el umbral de cloruros para despasivar el acero de refuerzo, umbral cuyo valor no es único sino que depende de una cantidad de variables y del criterio seguido para extraerlo.

Sobre ambos aspectos se centra el trabajo, que hace énfasis en los resultados de umbrales obtenidos en el clima tropical marino del norte de Yucatán, incluyendo la descripción de la metodología empleada.

Otro estudio, llevado a cabo por investigadores de la Universidad Autónoma Metropolitana, expone los resultados de la segunda etapa de un proyecto que tuvo por objeto analizar la resistencia a fuerza cortante de columnas de concreto reforzadas con camisas de acero, un trabajo de singular importancia puesto que ofrece evidencia experimental de los resultados de un método de reforzamiento de edificios que se





aplicó a muchas estructuras dañadas por los sismos de 1985

.
Les deseo lo mejor para el nuevo año, y les envío un cordial y afectuoso saludo.

Licenciado Luis Martínez Argüello

**Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,
A.C.**

Revista Construcción y Tecnología

Enero 2001

Todos los derechos reservados



Cemento blanco para concreto de alto desempeño

L. Cassar, C. Pepe, G. P. Tognon, G. F. Guerrini, S. Cangiano y M. Goisís

Lo que da al concreto reforzado mayor dignidad arquitectónica es, sin duda alguna, su forma, y al concentrarnos en el mejoramiento de su superficie, podemos también lograr, al mismo tiempo, soluciones a costos reducidos.

Con el uso de cemento blanco, en particular, el concreto resultante no solamente se convierte en un material expresivo que, al tener una infinita variedad de tonos de color, intensifica una de sus cualidades estéticas, sino que además adquiere una validez destacada en términos de cualidades estructurales debido a su alta resistencia mecánica.

El cemento blanco hoy Gracias a la constante investigación en laboratorio sobre la estructura química y física de los clinkers blancos industriales, el cemento blanco ha adquirido una resistencia cada vez más alta y notable.

Además, ahora es posible obtener un excelente grado de blancura y garantizar su calidad permanente, estudios sobre la influencia de los componentes menores -los llamados tintes- y, en particular, el tratamiento de calor recibido por el clinker.

El clinker blanco se produce tomando la precaución de limitar a no más del 0.15 por ciento el contenido de compuestos ferrosos y otros compuestos metálicos pesados, cuya presencia da al cemento portland común su color gris distintivo.

Para lograr esto, se empieza por seleccionar cuidadosamente las materias primas: únicamente se usan caolines y piedras calizas blancas mineralógicamente puras.



Aquí! 

A partir de la definición del cemento blanco como un cemento portland de alta resistencia que se distingue por su color, en este artículo se analiza el diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia hecho con cemento blanco, tratando de manera específica cada uno de los componentes de la mezcla. También se describe la tecnología de fabricación que se empleó en una construcción que utilizó este tipo de material.



El control cromático (especialmente en el caso del cemento blanco) toma la forma de colorimetría de luz reflejada usando materiales altamente reflectantes tales como el óxido de magnesio o el titanio.

Los resultados de pruebas se ilustran en una cromográfica, de acuerdo con el sistema ICI (International Commission on Illumination).

En pocas palabras, la calidad "blanca" del cemento se mide usando tres parámetros:

l Pureza, es decir, la intensidad del tono. La pureza se mide en porcentaje de color.

l Longitud de onda dominante, es decir, la tonalidad del tono que acompaña y caracteriza cada cemento (por esta razón, no todos los cuerpos blancos son iguales).

La longitud de la onda dominante se encuentra entre el amarillo y el azul.

l Brillantez, es decir, el poder para reflejar la luz incidente (la característica más importante de los cuerpos blancos), expresada como la diferencia en porcentaje entre la luz reflejada por una superficie de cemento blanco y aquella reflejada por una superficie similar de óxido de magnesio, tradicionalmente considerado el cuerpo blanco ideal.

En cualquier caso, en lo que respecta a los cementos, la característica colorimétrica puede representarse únicamente mediante dos parámetros: brillantez y pureza.

El tercer parámetro (es decir, la longitud de onda básica), que normalmente se requiere para los diferentes polvos en los cementos, permanece básicamente igual (para cementos ordinarios, $\lambda = 577 \pm 2$ nm; para cementos blancos, $\lambda = 567 \pm 2$ nm).

La figura 1 muestra la curva brillantez / pureza con

los datos colorimétricos para los diferentes tipos de aglomerantes hidráulicos: cementos ordinarios, aglomerantes claros y aglomerantes blancos.

1 Al leer de izquierda a derecha, el componente cromático se incrementa: entre 8 y 17% para los cementos grises; 5-7% para los cementos ligeros y 4-5% para los cementos blancos: la brillantez también se incrementa de 25 a 40, de 50 a 60 y de 80 a 90 respectivamente.

Esta gráfica nos permite comparar la variabilidad en pureza con la variabilidad de la brillantez.

Vale la pena hacer notar que la inexactitud de la evaluación visual de la brillantez (al menos en el caso de los cementos blancos) es de aproximadamente dos puntos.

Para cerrar esta breve exposición sobre el cemento blanco, debemos destacar que este tipo de cemento es, para todos los efectos y propósitos, un cemento portland de alta resistencia; la característica esencial que lo distingue de otros cementos es simplemente el hecho de ser blanco.

Concreto de cemento blanco:

diseño de mezcla El diseño de la mezcla para un concreto hecho con cemento blanco necesita desarrollarse teniendo en cuenta dos propiedades que tienen un efecto igual sobre éste:

- | La estética o acabado de la superficie
- | La resistencia o propiedad estructural

En otras palabras, es necesario elegir los materiales apropiados para crear un balance delicado entre los componentes de la mezcla y garantizar el comportamiento reológico de la mezcla resultante.

En el caso de concreto de alta resistencia (CAR), las materias primas son: agua, cemento y agregado (lo mismo que en la mezcla de cemento ordinario), a los que se pueden añadir aditivos minerales y superfluidificantes, según se requiera.

Como resultado, el CAR tiene una microestructura

que difiere significativamente de la de los concretos ordinarios: más compacta, con un sistema de poros capilares mucho más pequeños y una adherencia interfacial mucho más intensa de las capas que llevan a macropropiedades diferentes en términos de resistencia y durabilidad.^{2, 3, 4, 5}

Veamos ahora cada uno de estos componentes de la mezcla, uno por uno.

Agua

La cantidad de agua está, ante todo, directamente ligada a la reología de la mezcla, y, finalmente a la microestructura del concreto.

Además del efecto reductor del superfluidificador, la dosis real de agua debe estar entre un límite inferior ligado al fraguado del colado y un límite superior ligado a

l la fluidez excesiva de la matriz que conduce a fenómenos de exudación;

l la formación de porosidad capilar discontinua.

En la práctica, el límite superior se alcanza únicamente de manera ocasional debido a que el cemento blanco es extremadamente fino y esto tiene que ver con la viscosidad de la mezcla de cemento, lo que significa que nosotros normalmente podemos lograr la trabajabilidad requerida agregando cantidades mucho más pequeñas de agua que las correspondientes al principio de exudación.

1 En el concreto de alta resistencia, la dosis de agua está drásticamente limitada por la acción del fluidificador, y una vez que se añade a la mezcla es atribuida y está relacionada no solamente con la cantidad de cemento (relación agua/cemento), sino también con la combinación de cementos y agregados (relación agua/aglomerante) que están siempre presentes y que no son tan reactivos como el cemento mismo.

La razón de esto es estrictamente funcional, puesto que las propiedades del concreto brevemente curado están básicamente ligadas a su relación agua/cemento, mientras que las del concreto completamente curado están ligadas a la relación agua/aglomerante.

Debemos agregar que la cantidad real de agua necesaria, notablemente reducida gracias a la acción del aditivo, cae en un área de dosis muy bajas en la que cualquier variación, inclusive en un ligero porcentaje (4-5 litros/m³), tendrá un efecto sustancial en las propiedades finales del concreto, tanto cuando todavía está fresco como cuando se ha endurecido.

Tales efectos son menos notables cuando, como en el caso del concreto normal, la cantidad de agua requerida es relativamente alta y la curva que relaciona el agua con la reología y la resistencia del concreto, deja de aumentar acentuadamente y tiende a ser plana.

Cemento

En general, los cementos blancos que pertenecen a la clase 52.5 (es decir, que se caracterizan por un fraguado rápido y alta resistencia final y que también son apropiados para concreto de alto desempeño con un $\varnothing_{\text{máx.}}$ 15-25 mm) están dosificados a 300-400 kg/m³.

A medida que el $\varnothing_{\text{máx.}}$ se reduce, una práctica que se ha adoptado recientemente en esta clase de concretos, tal como se explica más adelante, la dosificación mínima inicial puede evaluarse usando la expresión empírica: $C_{\text{mín.}} \text{ kg/m}^3 = 800 - 145 \ln \text{ de } \varnothing_{\text{máx.}}$

Nótese que, en realidad, las mezcladoras de concreto ($\varnothing_{\text{máx.}} \sim 6 \text{ mm}$) requieren un promedio de 600 - 700 kg de cemento (o aglomerante) por m³.

Para el concreto de tan alto desempeño, que además es sensible a pequeñas variaciones en

sus componentes, la elección de la dosificación óptima requiere que se lleve a cabo, de antemano, una serie de pruebas, en las cuales el aglomerante (cemento + aditivo mineral) se haga de modo que varíe entre 400 y 600 kg/m³ en mezclas de proporciones normales de la misma consistencia y agregando la cantidad apropiada de agua.

Debe hacerse notar que el rendimiento óptimo del cemento (máxima resistencia con la dosis mínima) para cada nivel de resistencia varía inversamente con el ϕ máx. del agregado.

Agregados

Al decidir sobre la combinación de los agregados - arena y agregados gruesos- hay que tener presentes los requisitos básicos para nuestro concreto.

1 En el primer caso -la estética- la elección del agregado grueso, y por lo tanto, su color, es de la mayor importancia para las superficies abiertas trabajadas (por ejemplo, martelinado, sopleteado con arena y lavado), mientras que la elección del agregado fino es decisiva para la coloración de las superficies abiertas sin ningún tratamiento posterior después de la remoción de las cimbras.

Se requiere arena muy ligera si queremos específicamente una superficie perfectamente blanca, mientras que es suficiente una arena coloreada (con frecuencia una arena común) si se requiere un tono más particular.

En ambos casos, el uso de cemento blanco en el concreto "abierto" nos permite tener un mortero mucho más brillante, en contraste con el color del agregado, resaltándolo de este modo si las superficies son "trabajadas" y haciendo que los colados sean más brillantes si las superficies se dejan "tal cual".

En mayor detalle, en comparación con la arena inicial, la superficie de un mortero endurecido

obtenido con cemento blanco

l adquiere mayor brillantez mientras menos brillante es la arena;

l asume un tono cada vez menos rosado y más azulado que el de las arenas.

De hecho, la longitud de onda de los materiales sueltos es más grande que la de las superficies endurecidas, como podemos ver en la figura 2;

l pierde porcentaje de color (el color es más débil); por lo tanto, el uso de arenas coloreadas no es suficiente por sí mismo para obtener un concreto con superficies clara mente coloreadas (véase la figura 3).

Los resultados de los experimentos con colores de arena/mortero muestran que no es necesario usar arenas particularmente blancas, las que con frecuencia son difíciles de encontrar, para crear un concreto con cemento blanco: felizmente, podemos usar bastante bien las arenas normales.

La "pérdida de color", o más bien los tonos obtenidos al pasar de la arena al mortero, puede tener un efecto cromatico muy placentero, con frecuencia preferible al blanco puro.

Sin embargo, cuando el diseñador quiere obtener un color brillante y definido, él cambia el color de la superficie agregando un mortero del color pertinente capaz de acentuar la coloración y de dar la longitud de onda dominante requerida.

De este modo es posible obtener un espectro virtualmente infinito de tonos de color, como puede verse en la figura 4.

Para obtener concreto de alta resistencia, la granulometría del agregado fino no es crítica, pero son importantes la forma y la textura de las partículas debido a que tienen mucho que ver con la cantidad de agua necesaria para el mezclado.

Una arena natural es preferible a la arena triturada, ya que esta última requiere más agua y no se ve compensada en términos de mayor resistencia, gracias a la adherencia interfacial mejorada.

En este concreto, el contenido de agregado fino generalmente es muy alto, y es una razón para un contenido incrementado de cemento.

Se obtienen algunos beneficios limitando el agregado fino, especialmente si la cantidad de arena por volumen es menor de 0.80 veces su masa específica aparente y si el volumen de la mezcla es al menos 20 por ciento mayor que el índice de vacío de la arena no compactada.

En este caso, la contracción total no se verá obstruida por las partículas que llegan a estar en contacto una con otra, dando así motivo a grietas.

6 Ya que estamos considerando el agregado grueso, su color llega a tener importancia solamente cuando deseamos construir una estructura con superficies trabajadas.

Sin embargo, este material -junto con sus características específicas- es el componente decisivo en términos de concreto de alta resistencia.

La razón de esto es que el agregado grueso rara vez limita la resistencia de un concreto normal; sin embargo, en este concreto particular, con su relación de agua/cemento entre 0.4 y 0.7, la matriz del cemento es el eslabón más débil, y por eso mismo también la adherencia interfacial, y no únicamente el agregado grueso.

Por otro lado, cuando tenemos una relación de agua/cemento drásticamente reducida (0.2-0.3), la matriz de cemento se convierte en el elemento más fuerte en el concreto, o al menos de igual resistencia que el agregado grueso, alrededor del cual ha desaparecido el área de transición.

En este caso, el agregado grueso es el responsable de la limitación de la resistencia, ya

que en un concreto cargado, mientras más grande es el diámetro, mayor es el esfuerzo de tensión generado en su región ecuatorial.

De ahí la elección de un \varnothing máx. reducido en el agregado (6-8 mm) de un concreto de alta resistencia. 7, 8, 9, 10.

Materiales aditivos finos (Aditivos minerales)

En las mezclas de alta resistencia, el uso generalizado (y necesario) de materiales finos adicionales se deriva de la necesidad de saturar los espacios que hay entre las partículas en la matriz del cemento con sólidos, más que con agua de mezclado.

Existen ciertas limitaciones involucradas en la compactación de la matriz de cemento, la cual sólo es posible reduciendo la relación a/c. Aun cuando "cortemos" la cantidad de agua, el concreto continúa pareciéndose al concreto ordinario en la mayoría de los aspectos, particularmente en términos del desarrollo de su resistencia y el calor de hidratación, pero especialmente mantiene una microestructura que es rica en C-H y C-S-H, con un efecto obvio sobre la durabilidad de este tipo de concreto.

Además, a fin de garantizar que la mezcla sea suficientemente trabajable, es necesario aumentar la cantidad de cemento usado, con mayores consecuencias sobre el calor y la contracción térmica.

Otro cambio importante en la microestructura de este concreto es la adición de materiales minerales finos en la mezcla, mejorando así tanto las características físicas como las químicas del concreto.

5 De hecho, las partículas muy finas en la mezcla se endurecen para bloquear los poros entrelazados, bloqueando así la conexión de la red

capilar e incrementando los sitios nucleares con la precipitación de los productos de hidratación.

El efecto de todo esto es acelerar el proceso de hidratación y reducir el tamaño de los capilares.

Finalmente, la reacción puzolánica produce una compactación más intensa en el área interfacial mezcla/agregado, con la acumulación de una cantidad más pequeña de C-H aquí que en la misma área en los concretos normales.

Además, puesto que el cemento recoge rápidamente la piedra caliza a medida que se hidrata, ya no se permite la formación de macrocristales (y en caso de formarse, son extremadamente pequeños).

En el caso de los concretos de cemento blanco, es claro que los materiales puzolánicos finos deben ser blancos y que de todos los materiales concurrentes disponibles (tales como humo de sílice, escoria de alto horno, ceniza volante, cáscara de arroz y metacaolín), solamente puede considerarse este último.^{11, 12, 13}

De hecho, el humo de sílice -el material más comúnmente empleado en el concreto de alta resistencia- colorea la mezcla aun cuando sea particularmente ligero en el color.

Por esta razón, debe ser excluido junto con los otros materiales arriba mencionados, a menos que se pueda aceptar la apariencia de sus tonos particulares en el colado abierto.

El metacaolín es, por su naturaleza, blanco y altamente reactivo, y es por eso una alternativa válida para el humo de sílice.

Este es un silicato de aluminio obtenido a través de la calcinación de caolín puro dentro de un rango de temperatura establecido.

El tamaño promedio de las partículas es de 1.5

micrones (el del cemento portland es de 10 micrones).

El metacaolín actúa de tres maneras:

l como un rellenedor con acción inmediata;

l acelerando la hidratación a una intensidad mayor dentro de las primeras 24 horas;

l por medio de una reacción puzolánica con el C-H entre el séptimo y el vigesimooctavo día.

Adición de dióxido de titanio para lograr durabilidad estética

Una nueva e interesante idea, algo aventurada, en el campo de los concretos blancos, y que está ligada a los movimientos amplios para reducir la contaminación ambiental a través del uso de materiales específicos de construcción, es el desarrollo de un aglomerante blanco con un aditivo especial de dióxido de titanio,¹⁴ en su mayor parte en forma de amataza.

El producto de cemento hecho con este tipo de aglomerante, gracias al efecto fotocatalítico del dióxido de titanio, logra mantener inalterada su vista original durante mucho tiempo sin que aparezcan moteados en la superficie expuesta.¹⁵ Las pruebas sobre la formulación de este elemento "autolimpiador," además de las investigaciones más cuidadosas que se están haciendo, especialmente en Japón, confirman que la actividad fotocatalítica del TiO_2 a través de la oxidación en presencia de la luz y el oxígeno atmosférico en los enyesados, morteros y concretos compuestos preparados en el laboratorio logra reducir significativamente los varios tipos de contaminantes (substratos orgánicos tales como componentes aromáticos de fenantroquinone y policondensados).

Se ha demostrado que la durabilidad estética del producto (es decir, su capacidad para mantener su color inalterado durante mucho tiempo) no tiene efectos adversos sobre la resistencia del material.

Aditivos reductores de agua

Puesto que los concretos de alta resistencia demandan niveles de agua con una relación de agua/aglomerante de 0.20-0.35, la tecnología para el concreto de alta resistencia recurre al uso de la nueva generación de aditivos tales como los acrílicos, más que a los condensados, sulfonatos de melamina -formaldeído o naftaleno-formaldeído.

Sin embargo, existe un problema causado por la incompatibilidad de estos aditivos con muchos elementos, y con los cementos blancos en particular.

Esta incompatibilidad (conocida desde hace algún tiempo), es particularmente común en las mezclas de concreto de alta resistencia: de hecho, las pruebas de la reología de la mezcla con, por ejemplo, una trabajabilidad inicial de 200 mm por al menos una hora o más después del mezclado, muy difíciles cuando no imposibles.^{4,5}

La investigación sobre la interacción entre el cemento y los superfluidificadores está todavía por ofrecer una explicación suficientemente buena para este fenómeno, aunque se han identificado algunos factores de incompatibilidad.

En el caso de los cementos: el contenido C3A y su reactividad ligada a la morfología; el contenido de C4AF y la forma final del yeso en el cemento.

En el caso de los superfluidificadores: la longitud de la cadena molecular y la posición del grupo sulfonato en la cadena, el tipo de cationes y la presencia de sulfatos residuales que influyen en las propiedades de defloculación del cemento.

Tampoco se trata de la cinética de la hidratación inicial del cemento, ya que el espesamiento rápido de la mezcla con el aditivo ocurre tanto cuando la relación agua/cemento es de aproximadamente 0.3 (cuando las distancias entre las partículas de la mezcla son cortas y el número de iones que puede entrar en la solución es también bajo), como cuando la relación agua/cemento es mayor de 0.5, como en el caso de los concretos

normales.

Los factores señalados aquí forman la base de nuestra experiencia, y de ninguna manera son exhaustivos.

Es muy posible que, a medida que continúen los estudios de investigación, podamos encontrar la respuesta encontrando el aditivo específico sin tener que modificar la composición mineralógica del cemento (una tarea tecnológicamente difícil pero no imposible).

El problema se resolvió recientemente usando un sistema de aditivos con dos componentes: fórmula A (agente de compatibilidad), libre de agua y que no puede mezclarse con agua, premezclado cuando está seco con el cemento o alicuota (master) del material fino agregado (metacaolín), y fórmula B, un acrílico que se agrega en el momento del mezclado.¹⁶

Las "veletas" de la Iglesia del Año 2000

Para concluir y completar este estudio, pensamos que sería interesante y útil dar una descripción somera de la tecnología de fabricación empleada para una construcción con concreto de cemento blanco de alta resistencia, y que interesa, no sólo por el alto nivel estético y cualidades de resistencia requeridas de él, sino también por los problemas que surgen debido a los factores de temperatura y humedad resueltos durante la primera etapa de endurecimiento.^{17, 18, 19}

Se vieron afectados por este problema algunos módulos de paneles prefabricados ($3.0 \times 2.0 \times 8.8$ m) de diferente tamaño y doble curvatura, fabricados para emplearse en el ensamble de las tres veletas en la Iglesia del Año 2000, en Roma, diseñada por el arquitecto norteamericano Richard Meier y calculada por Genaro Guala en el grupo Italcement-CTG (figura 5).

Estos paneles tenían que ser "abiertos", con ambas caras curvas coladas verticalmente. Su enorme masa (figura 6), de poco menos de 5 m³

de concreto, la baja relación superficie / volumen (3.5 m²/m³) y la presencia de un marco interno reforzado resistente, son factores que requirieron el desarrollo de una tecnología especial que cubría todas las etapas, desde el diseño de la mezcla hasta el almacenamiento y transportación de los paneles.

No hay necesidad de mencionar los problemas involucrados en el sistema especial subsiguiente de ensamblaje.

La vista de las dos superficies ahusadas que medían 6 m³ cada una exigía, ante todo, la elección de una combinación muy estrecha de propiedades reológicas en la mezcla y los métodos y tiempos del sistema de instalación.

El enorme incremento de calor en el interior de una cantidad tan grande de concreto colado se controló desde el momento en que se quitaron las cimbras hasta el momento en que la temperatura y la humedad se igualaron con los de la atmósfera circundante.

La resistencia del concreto estaba ligada no solamente al diseño de la mezcla, sino también a las características estéticas de la estructura mencionadas antes.

Composición del concreto

Gracias a la posibilidad de permanecer cerca de una relación agua/aglomerante de aproximadamente 0.35 y a la técnica del doble aditivo (agente de compatibilidad + superfluidificador acrílico), la cantidad real de cemento blanco con un aditivo especial de bióxido de titanio que se necesitó fue bastante baja (350 kg/m³), y la trabajabilidad del concreto fue alta.

Puesto que esta estructura tenía que ser completamente blanca, se seleccionó un agregado de mármol blanco Apuan (del área de Carrara).

Este es un agregado triturado que consiste de una piedra caliza metamórfica con una estructura de grano fino de sacaroide compacto y uniforme.

Aunque la forma tiende a ser como la de una aguja o una hoja, este agregado ha probado ser ideal para la producción de concreto de alta calidad.

Su tamaño de partícula tiende a producir una curva continua (Füller). Por esta razón, el tamaño máximo de la partícula estaba limitado a 20 mm para asegurar que el concreto pudiera fluir a través del refuerzo y los espacios para recubrimientos (40 mm), y al mismo tiempo contener, o al menos reducir grandemente, los defectos superficiales (huecos por falta de compactación, acumulaciones de grava, etc.) ligados también al elevado volumen del agregado debido al efecto pared.

Con respecto al tamaño total de las partículas de los agregados, se prestó atención especial al contenido fino para satisfacer la cantidad definida por el patrón de distribución de Füller.

De hecho, el contenido < 0.2 mm ($\sim 10\%$), en relación con los tamaños más grandes de 2 mm ($\sim 32\%$), asegura que haya una cantidad adecuada de aglomerante con la densidad correcta para reducir la rapidez a la cual el agregado grueso disminuye, y, por lo tanto, también la oxidación.

El contenido apropiado de agregados finos < 0.2 mm también hace más fácil obtener caras abiertas con niveles aceptables de defecto.

Se agregó metacaolín con actividad puzolánica, por las razones ya mencionadas en la sección general y, más específicamente, para obtener las siguientes propiedades en el concreto:

- I resistencia incrementada a mediano y largo plazo; I reducida permeabilidad al agua;
- I fijación de la mayor parte de hidrólisis de la piedra caliza para evitar eflorescencia ;
- I contracción higrométrica disminuida;
- I adherencia mejorada entre la pasta de cemento.

El progreso reológico de la mezcla fue tal, que ofreció un tiempo bastante amplio para trabajar, tal

como se muestra en la tabla 1.

Fraguado del colado

La geometría del producto, la geometría del refuerzo ahogado y la necesidad de obtener superficies estéticamente perfectas, virtualmente libres de hoyos por deficiente compactación, significaban que había que permitir que el concreto fraguara en moldes específicos con el uso de vibradores fijos, con frecuencia de vibración ajustable aplicados al exterior de dichos moldes, y vibradores internos con penetración controlada.

Los tiempos de vibración eran bastante largos (10-20 min.), debido a la estructura sólida del producto (relación superficie unitaria/grosor = 1.25) y a una $\varnothing_{\text{máx.}} = 20$ mm del agregado, algo limitado para reducir los efectos superficiales debidos al efecto pared.

Por otro lado, los tiempos de vibración se redujeron a medida que se incrementaban la frecuencia de los vibradores y la plasticidad de la mezcla.

En cualquier caso, las operaciones de fraguado fueron continuas hasta que la matriz de cemento fluyó a la superficie del colado.

Características después de endurecido

Resistencias mecánicas y módulo de elasticidad. La tabla 2 muestra la resistencia a la compresión variable del concreto en diferentes etapas del proceso de curado.

La resistencia a la compresión a 28 días es de más de 80 MPa, y por lo tanto, éste puede clasificarse como un concreto de alta resistencia. | Resistencia a la flexión a 7 días = 7.0 MPa; a 28 días = 10.40 MPa | Resistencia a la tensión indirecta (brasileña) a 14 días = 5.30 MPa; a 28 días = 7.00 MPa Deformación higrométrica (contracción).

La contracción hidráulica o contracción por secado, dada la baja cantidad de agua en la mezcla, fue relativamente baja (figura 7) y, en todo caso, las tensiones resultantes fueron contrarrestadas por las altas resistencias del concreto, justo después de un corto periodo de curado.

Sin embargo, el curado húmedo que tuvo lugar inmediatamente después de remover los moldes, obviamente protegió la estructura contra la irrupción del agrietamiento.

No tiene caso hablar aquí acerca de la contracción plástica, ya que no existen condiciones ligadas a la geometría del producto o a su exposición durante el periodo inmediatamente anterior al fraguado.

A menos que haya un retardo en la protección contra la pérdida de agua, la única superficie libre es la superficie colada.

Con el concreto de alta resistencia es importante evitar las dramáticas consecuencias de la contracción autógena o de autosecado: éstas empiezan cuando se bloquea la continuidad del sistema capilar particularmente fino.

De hecho, los fenómenos de meniscos que se forman rápidamente en la red capilar generan un enorme esfuerzo de tensión.

Así pues, el curado húmedo es la respuesta garantizada, en primer lugar, por el sellado ofrecido en los moldes, y luego, inmediatamente después de remover estos moldes, por el rociado constante del agua.

Por lo tanto, esto significa que el periodo crucial para este proyecto se extendió más allá de la terminación del colado, hasta por tres días.

Esto fue básicamente un corto periodo durante el cual se había garantizado el curado húmedo para el concreto de alta resistencia, en contraste con el periodo de curado mucho más largo requerido para

el concreto normal.²⁰

Sin embargo, cuando se usó para un producto algo masivo, como fue el caso aquí, también se requirió curado húmedo para evitar la formación de grietas debido a la expansión térmica y a la contracción del concreto.

La expansión térmica ocurre a través de la dispersión muy lenta del calor que se desarrolla dentro del producto, debido a la baja difusividad del material.

Como resultado, la temperatura dentro de la estructura puede incrementarse hasta temperaturas de 60-70 °C en un periodo de tiempo muy corto, como puede verse cuando el $DT = \text{calor de hidratación}$ se calcula después de periodos de curado de 1,3,7 y 28 días, adoptando los valores de prueba que se muestran en la tabla 4 para el calor de hidratación del cemento.

Se midieron incrementos similares en la temperatura del concreto en cuestión, en el laboratorio, durante una prueba adiabática (figura 8).

Estos descubrimientos se confirmaron observando el mapa de temperaturas registradas dentro del colado en el sitio de la obra (figura 9).

Al remover los moldes, el contacto directo con el medio ambiente hace que la parte exterior del producto se enfríe rápidamente.

La nueva condición de temperatura hace que el núcleo interior se dilate, en contraste con la contracción del casco externo, y de este modo da lugar a un posible agrietamiento.

Durante el proceso de enfriamiento, si la contracción térmica en conexión con otros elementos de la estructura a diferentes temperaturas fuera bloqueada, causaría todavía más grietas debido a la contracción térmica.

cámara de curado con la pulverización de agua a temperaturas establecidas, para garantizar que la atmósfera estuviera constantemente saturada para

adecuarse a la humedad y temperatura del producto, a medida que éstas cambiaban gradualmente.

El agua pulverizada en la cámara de curado tenía inicialmente una temperatura justo por debajo de la de los paneles, y luego, a intervalos regulares de tiempo, su temperatura se redujo todavía más en intervalos de 10-15 °C cada vez, hasta alcanzar la temperatura ambiente real (figura 10). Los paneles permanecieron en esta cámara durante tres días antes de ser enviados para almacenarse.

Resistencia a la congelación y el deshielo.

Se llevaron a cabo pruebas para evaluar la resistencia del concreto a ciclos de congelación/deshielo, de acuerdo con el estándar italiano (UNI 7087-72).

Se midieron la masa y la frecuencia de resonancia fundamental de flexión de los especímenes después del número de ciclos prescrito (figura 11). Las mediciones se llevaron a cabo hasta 300 ciclos, de acuerdo con UNI 7087.

El daño al concreto se expresó en términos de factor de deterioro, tal como lo describe el nuevo proyecto de estándar italiano sobre el método de prueba de congelación-deshielo del concreto.

De acuerdo con este proyecto, el factor de deterioro del espécimen de prueba p-ésimo, sometido a n ciclos de congelación-deshielo, está dado por la siguiente expresión:

en donde:

n = número de ciclos de congelación-deshielo ($n = 26, \dots$)

m_{pn} = masa del espécimen de prueba p-ésimo, sometido a n ciclos de congelación-deshielo

f_{pd} = frecuencia de resonancia fundamental por flexión, del espécimen de prueba p-ésimo,

sometido a n ciclos de congelación-deshielo; m_{r1}

= masa del espécimen de prueba referencia r_1 (r_2), medida a la edad correspondiente al final del ciclo n-ésimo; f_{r1n}

= frecuencia fundamental de resonancia por flexión del espécimen de referencia r_1 (r_2), medida a la edad correspondiente al final

del ciclo n-ésimo.

$F_{pd,0}$ = factor de normalización calculado de acuerdo a la siguiente expresión:

Esta expresión se refiere a los mismos especímenes de prueba, inmediatamente antes de la prueba de congelación/deshielo; los símbolos tienen el mismo significado que aquellos usados en la expresión anterior.

En la figura 12 se muestran los valores del factor de deterioro detectados al final de los números de ciclos prescritos.

La relación entre el valor medio del módulo de elasticidad dinámico (MED) medido al final de la prueba y el MED medido al principio de la prueba es 0.940; este valor es más alto que el valor límite (0.4) indicado por el estándar UNI, más allá del cual el material se considera sensible a la congelación. Fluencia.

Después del curado con agua a temperatura ambiente (20 ± 2 °C) durante 28 días, los especímenes de prueba cilíndricos ($\varnothing = 100$ mm, $h = 200$ mm) fueron esmerilados, y luego fueron almacenados en un cuarto acondicionado (20 °C, 50% U.R) hasta una masa constante (± 1 g).

Las pruebas de fluencia se llevaron a cabo en el mismo cuarto acondicionado, por medio de dos máquinas de prueba que tenían un solo pistón de acción y suministradas por una sola planta eléctrica de gasolina.

La presión de entrada de la gasolina se mantuvo constante ($\pm 5\%$) mediante un sistema de control PID (Proportional Integral Derivative = Derivada Integral Proporcional).

Los dos especímenes de prueba fueron cargados respectivamente a 320 kN y 192 kN, correspondiendo a un esfuerzo axial de compresión de 40.7 MPa y 24.4 MPa (respectivamente a 50% y a 30% de la resistencia a la compresión a 28 días).

En la fase inicial de transición de la prueba, la carga se incrementó monótonicamente a fin de evitar la inestabilidad en los especímenes de

prueba.

En la fase estable de la prueba, la presión se mantuvo constante durante la duración completa de la prueba.

Durante la etapa inicial de la fase estable de la prueba, se llevaron a cabo frecuentemente las mediciones de deformación, y después de este periodo inicial, la frecuencia de las mediciones de deformación se redujo progresivamente.

Las mediciones de las deformaciones se realizaron por medio de dos transductores de desplazamiento de resistencia de puente completo del tipo DDI (HBM), teniendo una longitud base de 50 mm y un rango de ± 2.5 mm.

Las lecturas de deformación se llevaron a cabo por medio de una unidad amplificadora de barrido (Vishay- Measurement Group).

En la tabla 5 se muestran los valores característicos de fluencia correspondientes a dos niveles de esfuerzo (ϵ_0).

En particular se resaltan los valores de la deformación inicial $t = 0$ de las deformaciones retardadas medidas después de 28 días de carga constante, y los valores calculados con la fórmula de L'Hermite, ligeramente modificada con la introducción de un parámetro extra de corrección k_3

donde: $e =$ deformación a+ [me];

$t' =$ duración de curado [días] ($t' = 28$ días)

$t =$ duración de la carga constante [días] k_1, k_2, k_3

$=$ constantes empíricas²¹

En la tabla 5 se muestran también los valores de la tasa de fluencia (K) y los valores de los coeficientes de fluencia, de acuerdo con ASTM 512-87.

La duración de las pruebas se limitó intencionalmente, ya que es bien sabido por el autor que una caracterización completa del comportamiento viscoso requiere un largo periodo de carga constante (usualmente no menos de un año).^{22, 23}

Sin embargo, la muy buena correspondencia de los datos experimentales con la ley de L'Hermite,

aun cuando esté ligeramente modificada, nos permite considerar válidos los resultados obtenidos en este trabajo, únicamente para propósitos de comparación.

Los datos de fluencia obtenidos en este trabajo se ven confirmados por los resultados de De Larrand²³ que se refieren al gran desempeño del concreto.

A partir de las curvas de fluencia de De Larrand, obtenidas en condiciones experimentales similares a las obtenidas en este trabajo, es posible obtener los valores de $e_{28/s1} \sim 7 \text{ me/MPa}$.

Estos resultados son muy cercanos a los resultados de este trabajo. Bazant - Wu²⁴ y L'Hermite - Mamillan²⁵ reportaron valores de $e_{28/s1} \sim 15 \text{ }^{\circ} 20 \text{ me/MPa}$ para concretos de resistencia normal y obtenidos en condiciones experimentales similares a aquellas adoptadas en el presente trabajo.

La comparación entre los datos obtenidos en este trabajo y los datos de Bazant-Wu y L'Hermite-Mamillan confirma que los valores de fluencia de los concretos de alta resistencia²³ son sustancialmente reducidos con respecto a aquellos que se refieren a los concretos ordinarios.

Estética de la superficie.

A fin de garantizar que la vista de los paneles cumpla con los estándares especificados, necesitamos establecer un método de aceptabilidad para los defectos posibles.

Nosotros adoptamos el sistema de clasificación cualitativa y cuantitativa contenido en el reporte núm. 24 de CEB: "Acabados de Concreto".

En este reporte, las tablas de tolerancia dividen a las superficies en cuatro clases:

- *Ásperas*: Superficies sin ningún requisito especial de acabado
- *Ordinarias*: Superficies con buena estética pero que no son de primordial importancia

- 
- *Elaboradas*: Superficies con requisitos de acabado definidos
 - *Especiales*: Superficies con altos estándares estéticos

En nuestro caso, los paneles tuvieron que estar entre la clase "especiales", es decir, con los estándares de acabado lo más alto posible.

A fin de valorar la estética de los paneles, nosotros medimos la brillantez de las superficies y su porcentaje de color.

La brillantez valorada como L^* (sistema de iluminación D65/10° de la CIELAB, con geometría esférica de 8°) estaba entre 92 y 94, y nunca bajó por debajo de 90.

Se tuvo un cuidado especial en asegurar que ninguna sustancia o polvo motearan las superficies abiertas de los paneles.

Para este propósito, se usó un recubrimiento especial contra calor y contracción.

Sin embargo, nosotros también fuimos más allá de la valoración estrictamente esquemática, usando mediciones que requerían una valoración total del acabado de la superficie por un experto, usando un prototipo estándar.

La experiencia obtenida en las pruebas preliminares en el sitio nos enseñó que nosotros podíamos aceptar un panel:

- sin defectos de compactación >5-10mm
- sin el moteado producido por el agente desmoldante, la herrumbre del refuerzo, manchas de grasa o aceite, etc., líneas de filtraciones o de combado.
- sin grietas
En este punto, es útil tener en cuenta los tipos de grietas, sus posiciones posibles y la manera de evitarlas.
Las grietas pueden encontrarse:
- En la capa superior en el panel, la última

que ha de ser colada

Aquí las grietas son lineales, y posiblemente en una secuencia muy cerrada sobre el borde horizontal en forma de Y, en una capa vertical por debajo del borde real.

Estas grietas se generan debido a que la última capa del colado está enriquecida a través de la vibración con mezcla de cemento, más el hecho de que esta capa está ligada a las capas que hay por debajo con volúmenes más estables, y que, por lo tanto, está sometida a esfuerzos diferenciados.

La solución consiste en encontrar un método adecuado y el tiempo más oportuno de vibración para esta capa final y el curado inmediato de la superficie libre usando un flujo de agua.

En los bordes ranurados que actúan como juntas se pueden detectar las grietas en los delgados bordes por encima del cuerpo del panel, después de remover las cimbras, ya que estos bordes son las rutas preferidas para la evaporación del agua.

Al mismo tiempo, se ven afectadas, por las caídas drásticas de temperatura.

A fin de evitar esto, deben distribuirse algunos refuerzos de acero a lo largo de los "dientes", y es preciso cambiar el panel a la cámara de curado húmedo tan pronto como sea posible. A lo largo de las superficies reales

Pueden ocurrir grietas lineales sin ramificaciones a lo largo de las superficies cuando la remoción de los moldes (especialmente si éstos son de metal) deja de ofrecer suficiente transmisión de calor.

En la sección sólida del panel con un alto DT, es importante asegurar una velocidad de endurecimiento y una resistencia adecuadas para contrarrestar el esfuerzo interno: esfuerzo de tensión externo y presión interna (estos esfuerzos se invierten cuando el elemento se enfría completamente).

La discontinuidad en el trabajo de fraguado crea diferencias en las superficies de contacto entre las capas, de allí que puede dar origen a posible agrietamiento.

La condición final que necesita observarse a fin de evitar la formación de grietas a lo largo de la superficie, es que no debe permitirse que la diferencia de temperatura entre la superficie del producto y el aire circundante exceda 20 °C.

Una vez más, el producto debe cambiarse a la cámara de curado húmedo tan pronto como sea posible.

Bibliografía

1. G.Tognon, "Fair-faced concretes. Mixtures and skin", BIBM 75, 8° Congresso Int. Del Manufatto del Cemento, Stresa 1975, p.21.
2. M.B. Peterman, R.I. Carasquillo, Production of high strength concrete, Noyes Publications, EUA, 1986, p. 278.
3. FIP/CEB, "High strength concrete", Bull. Inf. núm. 197, agosto de 1990.
4. P.C. Aitcin, A. Neville, "High-performance concrete demystified", Concrete International, enero de 1993, pp. 21-26.
5. P.C. Aitcin, "The art and science of high-performance concrete", Industria Italiana Cemento, abril de 1998, pp.350-365.
6. G.I., Guerrini, G. Rosati, D. Cian, B. Della Bella, "Calcestruzzi ad altissime prestazioni fibrorinforzati: dal laboratorio alla pratica", 10° Congresso CTE, Padova 1998, pp. 253-259.
7. P. Richard, M. cheyrezy, "Les bétons de poudres réactives á ultra haute résistance", Annales núm. 532, marzo-abril de 1995, pp. 85-102.
8. P.C. Aitcin, P.K Mehta, "Effect of coarse-aggregate characteristics on mechanical properties of high-strength concrete", ACI Material Journal, marzo-abril de 1990, pp.103-107.
9. W. Baalbaki, B. Benmokrane, O. Chaallal, P.C. Aitcin, "Influence of coarse aggregate on elastic properties of high-performance concrete", ACI Material Journal, septiembre-octubre de 1991, pp. 499-503.
10. G. Giaccio, R. Zerbino, "Concrete as a composite material; effect of the coarse aggregate and matrix strength level", Industria Italiana Cemento, núm.6, 1997, pp. 486-493.
11. Shondeep I., Sarkar, Aimin Xu, "Why use

- mineral admixtures in high-performance concrete", Ind. Ital. Cem, núm.10, 1996, pp 714-726.
12. M.A. Caldarone, K.A. Gruber, R.G. Burg, "High-reactivity metakaolin: a new generation mineral admixtures", Concrete International, noviembre de 1994, pp. 37-40.
13. S. Wild, J.M. Khathb, A Jones, "Relative strength pozzolanic activity and cement hydration in superplasticized metakaolin concrete", Cement and Concrete Research 10 (26), 1996, pp. 1537-1544.
14. L. Cassar, C. Pepe, "Legante idraulico con migLegliorate proprieta di costanza di colore", Brevetto MP196A001722.
15. L. Cassar; C. Pepe, N. Pimpinelli, R. Amadelli, T. "Materiali cementizi e fotocatalisi, Matyeriali, Ricerca e Prospettive Tecnologiche alle Soglie del 2000", Convegno FAST, vol.1, 10-14 de noviembre de 1997, pp. 591-598.
16. M. Goisis, T. de Marco, C. Pepe, L. Cassar, Domanda di Brevetto MI98A000921 17. C. Pepe., G. Tognon, "Progettazione tecnologica di produzione dei pannelli in calcestruzzo di Italbianco, 'Realizzazione presso la Larco Aastori di Carvico (BG) di pannelli in seala reale per la Chiesa del 2000' ", Lavoro non pubblicato, Direzione Laboratori, CTG-Italcement Group.
18. C. PEPE, "Chiesa del 2000. Cemento Italbianco Rezzato. Caratterizzazione meccanica. Prove preliminari di laboratio", Lavoro non pubblicato, Direzione Laboratori, CTG-Italcementi Group.
19. C.Pepe, G. Tognon, "Chiesa del 2000. Doppia additivazione contro la perdita di lavorabilitá. Produzione manufatti 'Prima Pietra' ", Lavoro non pubblicato, Direzione Laboratori, CTG-Italeementi Group.
20. P.C. Aitcin, A.M. Neville, P. Acker, "Interated view of shrinkage deformation", Concrete International, septiembre de 1997, pp.35-41.
21. S. Cangiano, R. Cucitore, "Chiesa del 2000. Caratterizzazione del comportamento viscoso di provini in calcestruzzo di cemento TX Millennium e Italbiance", Lavoro non pubblicato, Direzione

Laboratori, CTG-Italcementi Group

22. ASTM C 512-87 - Confermata nel 1994. 23. F. de Larrard, P. Acker, Creep in high and very high performance concrete, High Performance Concrete, Ed. E. & FN SPON, 1992, pp. 115-126.

24. Z.P. Bazant, S.T. WU, "Rate-type creep law of ageing concrete based on Maxwell chain, Materiaux et Construction 7 (37), 1974, pp. 45-60.

25. R. L'Hermite, R. Mamillan, "Retrait et fluage des bétons", Annales ITBTP 21 (249), 1968, pp. 1319-1337.

Los autores pertenecen al CIG-Italcementi Group, Departamento de Laboratorios, Bergamo, Italia, salvo G.P. Tognon, que es consultor.

Este artículo se publicó en Industria italiana del Cemento, y Feb 2000, y se reproduce con la autorización de la Associazione Italiana Tecnica Gemomica del Cemento (AITEC).

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

Revista Construcción y Tecnología Enero 2001

Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)

Entrevista con Abraham Zabłudovsky

Adriana Reyes

Abraham Zabłudovsky es considerado uno de los arquitectos mexicanos más importantes.

En su obra ha incorporado las innovaciones técnicas de nuestro tiempo, aprovechando al máximo los sistemas de construcción y los materiales disponibles.

Zabłudovsky se ha caracterizado por la continua experimentación y búsqueda de formas depuradas y materiales perdurables que requieran un mínimo de mantenimiento.

Estas inquietudes han dado origen al sello de su arquitectura, que responde a la idea de que el edificio debe ser perdurable, porque la obra arquitectónica no acaba cuando termina de construirse: continúa presente en el tiempo.

El origen, los recuerdos

Al preguntársele cómo surgió su inquietud por la arquitectura, la respuesta se remonta al lugar donde vivió desde su niñez hasta los años de formación universitaria: la zona de la Merced, en el Centro Histórico de la ciudad de México: "Me impresionaban mucho los grandes cines que se construían en la ciudad de México, algunos gigantescos -dice, y agrega:-, tengo muy clara la memoria de varias de estas construcciones.

Entre otros ejemplos, recuerdo el cine Cairo, que fue demolido para ampliar la Avenida Pino Suárez.

En su interior se reproducía la arquitectura bizantina y árabe, pero, por supuesto, todos sus elementos decorativos estaban realizados con yeso pintado.

Recuerdo también el cine Coloso, en lo que es actualmente la calle de Lázaro Cárdenas.

El cine Colonial, del cual permanece una parte en ruinas en la Avenida Fray Servando Teresa de Mier, enfrente de lo



Aquí! 

Exponente destacado de la arquitectura mexicana de nuestros días, Abraham Zabłudovsky ha sabido aprovechar en su trabajo las nuevas técnicas y materiales. Pero también ha gustado de la búsqueda y la experimentación, y esto le ha permitido hacer sus propias aportaciones, como ha ocurrido en el caso del concreto. Aquí presentamos lo que dijo en entrevista acerca de los orígenes de su vocación, de su trayectoria y de sus obras preferidas, además de algunas reflexiones que hizo sobre el quehacer arquitectónico.


CORPORACION
MOCTEZUMA


OMNICE


CEMEX

que era el mercado de San Lucas.

Nosotros vivíamos cerca de ahí y yo iba muy seguido durante la construcción.

El Colonial pretendía ser una reproducción de pueblos coloniales y era en verdad muy sugestivo.

Otro cine de las mismas características que me produjo una impresión muy fuerte fue el Alameda en la Avenida Juárez; tenía como particularidad su techo pintado de azul, en el que se proyectaban estrellas y nubes que parecían desplazarse; para mí la impresión era increíble."

De adolescente, tenía una fuerte comunicación con el portero de la vecindad donde vivía, quien era maestro de obras y, de alguna manera, lo introdujo en el mundo de la construcción:

"Curiosamente, este señor me llevaba a ver sus trabajos, que realizaba para unos jóvenes arquitectos muy activos: Juan Sordo Madaleno, Augusto H. Álvarez, Carlos Reygadas y otros de esa generación.

Tal vez de ahí me nació la inclinación, el gusto por ver cómo se manejaban los materiales, el tabique, el concreto, que después se convertían en espacios habitables.

"Otro de los motivos que seguramente influyeron en mi decisión fue el pensar que podría trabajar inmediatamente en un taller o en una obra y adquirir un ingreso que, además de ayudar a mi sostenimiento, apoyaría a mis padres, ya que siempre estuvimos limitados económicamente.

Fueron éste y otros los factores que, seguramente, despertaron mi inclinación por la arquitectura, aunque entonces no entendía claramente su alcance."

Los caminos hacia la arquitectura

El camino de Zabudovsky en la arquitectura nunca fue lineal, según él mismo señala.

Fue dibujante, ayudante de arquitecto, constructor, promotor y empresario, y cuando logró cierta autonomía económica, con ésta llegó la autonomía creadora, pues entonces se pudo dedicar de tiempo completo a la arquitectura.

A lo largo de su vida profesional se detectan ciertos elementos que siempre han permanecido como una nota



característica de sus obras, las cuales, en general, no necesitan conservación.

Él piensa que, a medida que el usuario es de menores recursos económicos, hay que utilizar materiales que no requieran conservación ni generen un gasto constante para mantenerse en buenas condiciones.

A partir de esta inquietud, le empezó a surgir la costumbre de usar diferentes tipos de tabiques, piedras naturales y artificiales, metales de colores permanentes, y luego el material extraordinario de nuestra época, que es el concreto, y usarlo en todas sus formas: primero, con la apariencia directa que da el colado, y luego, con un agregado.

El concreto con agregados -particularmente el mármol, que después de colado se pica y produce una serie de reflejos característicos- ha marcado en sus obras una técnica y un estilo.

La técnica: criterios y alcances

¿Cómo han caminado Abraham Zabludovsky y la técnica? Esta pregunta dio pie a una explicación sobre el particular, y también a una referencia del arquitecto sobre cierto tipo de obras:

"La técnica que he usado ha sido siempre la de nuestro tiempo, en la mejor forma posible para cada caso o programa en particular, y las variantes han dependido precisamente del programa y el edificio de que se tratara.

Cuando estamos diseñando vivienda popular, la técnica adecuada no proviene solamente de la búsqueda de la durabilidad, sino también del costo óptimo; no se pueden utilizar técnicas sofisticadas que se disparan económicamente, pues la inversión en vivienda debe recuperarse siempre para que no se suspenda el ritmo de las inversiones."

Comenta que hay obras que algunos sectores critican, como es el caso de museos, universidades, auditorios, etc.

Sin embargo, explica, es necesario tomar en cuenta que la

recuperación debe considerarse en estos casos de otra manera, pues se da a través de la educación y la cultura que brindan a sus usuarios, y además, estas obras están destinadas a perdurar muchos años (50 o 60).

Entre otros edificios de este tipo, el arquitecto menciona el acierto de haber construido el Museo Tamayo y el Auditorio Nacional -junto con Teodoro González de León-, que han justificado con creces su inversión y su permanencia:

"Su recuperación no va a ser como la de un cine de barrio; se toman en cuenta elementos de juicio que justifican la inversión, la técnica y la permanencia en el tiempo".

Zabludovsky esboza una sonrisa al decir: "Hay muchas obras que no me gustaría que perduraran; ¿cuáles?, mejor no se lo digo, pero hay calles por las que no paso..."

Aún con la sonrisa, explica el porqué:

"Fueron planeadas con la mejor intención, pensando que iban a tener éxito, pero, desde varios puntos de vista, los resultados no correspondieron con lo que uno imaginó en el diseño.

Tenemos que estar muy conscientes: hay muchos modos de estudiar y diseñar la arquitectura, y muchos enfoques para ir acercándose a la realidad.

La técnica moderna nos ha permitido más acercamientos; ahora tenemos, además de los dibujos, las perspectivas, las maquetas, todos los sistemas de computación y de datos que desde el punto de vista representativo nos pueden ir acercando cada vez más a la realidad de la obra, pero hay algo que todavía no se puede lograr, que es la escala y el hombre caminando dentro del espacio:

esos son dos factores que a veces le dan al arquitecto grandes sorpresas.

No es igual una representación, que ver o sentir los espacios reales, o caminar en diferentes estaciones del año y horas del día".

Zabludovsky y su obra

De casas habitación a edificios de departamentos, de centros culturales a obras monumentales como el Auditorio de Guanajuato o el Centro de Convenciones Poliforum Mesoamericano en Tuxtla Gutiérrez, o el Parador de Chichén Itzá, o la Biblioteca México en la Ciudadela, Zabludovsky ha dejado su huella arquitectónica en la última mitad del siglo XX.

A él le resulta difícil señalar sus trabajos preferidos, "pero si me preguntaran, diría yo que son el Museo Rufino Tamayo, la serie de teatros que hicimos en la zona del Bajío -que marcan una época muy especial- y la unidad habitacional La Cantera".

Actualmente está desarrollando un centro de convenciones y un teatro en Veracruz, además de un centro comercial y de oficinas en un barrio de Madrid.

Del Museo Rufino Tamayo recuerda, mirando la pintura que hizo su hijo Moisés y que se halla en el interior de su sala de juntas, los trabajos y los esfuerzos previos a la construcción que están plasmados en el cuadro: la fase del intercambio de ideas con el arquitecto Teodoro González de León.

Relata al respecto: "Mi hijo plasmó una escena de los meses que pasamos diseñando el museo; tomó la expresión de González de León y la mía: uno defendiendo su posición y el otro tratando de rebatirla, una dialéctica constante de aceptación y negación hasta que los criterios se unifican y surge el proyecto.

Como una anécdota interesante, y por tratarse de una obra para un hombre tan respetado y querido por mí, el maestro Rufino Tamayo, quiero decirle que para la aprobación final de la construcción se tardaron de 8 a 10 años".

"Quiero volver a recordar la unidad habitacional La Cantera, que está atrás de Ciudad Universitaria. Son 430 departamentos que surgen en un foso de 7 m de profundidad que quedó de una antigua explotación del Pedregal de San Ángel.

Tiene departamentos de 50 metros cuadrados, cuyos moradores se sienten orgullosos de vivir en esa unidad y han formado una comunidad que mantiene en óptimas condiciones el conjunto".

Reafirma que siempre ha sido su inquietud la vivienda de interés social. Respecto a los teatros en la zona del Bajío, Aguascalientes, Dolores Hidalgo, Celaya, dice:

"El primero se ha convertido en un símbolo de la ciudad, y con mucho orgullo así lo manifiestan sus habitantes".

Quienes han estudiado la obra de Abraham Zabudovsky han dicho que tiene un lenguaje arquitectónico propio, en el que destacan la revalorización del muro, el uso del concreto expuesto con agregados, del tabique aparente, etcétera.

Este lenguaje es el resultado de su experiencia, y, por qué no, de la trayectoria múltiple que ha recorrido el arquitecto.

"Con la experiencia adquirida al ser promotor y contratista, tuve que tener en cuenta siempre elementos determinantes como son el económico y el plástico.

Un muro es más barato que hacer una ventana, y tiene la posibilidad de usarse como un elemento de carga, que de otro modo se tiene que sustituir por travesaños", señala.

"Con el tiempo, aprendí a valorizar y utilizar la fuerza plástica que se puede obtener del muro; algunos dicen que es una influencia de los muros conventuales del siglo XVI; puede ser que sí o que no, nunca me he preocupado por analizar las influencias del pasado.

Tal vez haya quien pueda encontrar en el Museo Tamayo, por su escalonamiento, afinidades con las construcciones piramidales de la cultura mexicana; puede ser que sí, pero también existen pirámides en Egipto.

La idea de escalonar el edificio tuvo por origen la intención de que no representara un objeto impositivo en el bosque de Chapultepec, sino un elemento que aligerara su masa precisamente por el escalonamiento".

Zabudovsky refiere que, a medida que fue trabajando con el concreto, se fue dando cuenta de que este material es muy difícil de usar en su forma normal para terminado aparente, porque si la cimbra no es perfecta, los acabados no serán óptimos.

Este trabajo es muy lento y debe hacerse con mano de obra calificada; además, el color que resulta es un gris muy especial y triste. Con esta inquietud, se dedicó a hacer una serie de ensayos cambiando el componente básico y

agregando otros elementos.

Lo que utilizó primero fueron las piedras parecidas al mármol, que no le dieron resultado, por lo que recurrió al mármol blanco.

"Éste no se nota en la revoltura, pero sí al picarlo. Se rompe como las piedras preciosas, dando destellos brillantes que quitan lo gris del cemento y, lo que es más importante, la mano de obra no tiene que ser tan especializada.

Permite colar enormes superficies de concreto en poco tiempo y, además, las imperfecciones propias del colado que cincelarse separan los defectos y se vuelven como una piel que envuelve al edificio.

Estos resultados nos inclinaron a hacer obras como el edificio del Infonavit o el Teatro de Aguascalientes (en 10 meses), y promover el sistema como propio en otros países.

La perdurabilidad de los materiales, taludes y muros para confinar espacios se ha vuelto peculiar en la obra de Zabludovsky, que ya es conocida por estas características en nuestro país y reconocida en el mundo.

**Instituto Mexicano del Cemento y del
Concreto, A.C.**
Revista Construcción y Tecnología
Enero 2001
Todos los derechos reservados



El umbral de los cloruros para despasivar el acero de refuerzo. Criterios y resultados en el mundo

Pedro Castro Borges*

El acero de refuerzo embebido en concreto se despasiva cuando una cantidad determinada de cloruros se hace presente en su superficie. La relación Cl^-/OH^- es un parámetro muy aceptado para tomar en cuenta el inicio de la corrosión pues sopesa la acción de los cloruros que son despasivantes con la de los OH^- que permiten mantener pasivo al acero (1). Hausmann (1) y Gouda (2) fueron los primeros en identificar un valor de 0.6 en disoluciones simulando la solución de los poros del concreto. Sin embargo, debido a la dificultad que representa en ocasiones la medición de los OH^- , se suelen utilizar también otros parámetros como los cloruros totales o libres para expresar el riesgo de corrosión.

De hecho, trabajos recientes (3) han encontrado ventajas considerables al usar los cloruros totales para evaluar el riesgo de corrosión.

El umbral límite de cloruros para despasivar al refuerzo depende de varios factores como: a) la dosificación del concreto,

b) la temperatura,

c) la humedad relativa (HR),

d) el pH de la solución del poro,

e) el contenido de agua,

f) la proporción de cloruros solubles (4),

g) el contenido de aluminato tricálcico en el cemento C3A (5),

h) la fuente del cloruro (6)

i) la fuerza iónica de la solución

(7), y j) la resistividad del material, entre otros.

Criterios que se siguen para obtener el umbral

El uso de uno u otro criterio para la despasivación podría causar pequeñas pero significativas diferencias en el umbral obtenido.

Por eso, es importante que al momento de comparar resultados entre varios autores se tenga en cuenta que las diferencias encontradas pudiesen estar influenciadas por estos factores.



Aquí! 

El umbral de cloruros para despasivar al acero de refuerzo no es único, y su valor depende de una cantidad de variables. Desde varios años atrás se han hecho trabajos para encontrar este valor bajo determinadas condiciones y materiales, encontrándose rangos entre los cuales se mueve. Además de las variables de las cuales depende, el criterio para extraerlo también influye en lo reportado. En este trabajo se presenta una breve descripción de las variables de las que depende el umbral, de los criterios que se siguen para obtenerlo y se comentan algunos resultados de la literatura. Se hace énfasis en los resultados de umbrales obtenidos en el clima tropical marino del Norte de Yucatán, México, de los cuales se describe la metodología que se usó para obtenerlos. El umbral de cloruros para este ambiente, procedente de concretos de diferentes calidades, expuestos frente al mar, se situó entre 0.54 y 3.13% por peso de cemento.



Resultados de la literatura Siempre es importante conocer como se han encontrado los umbrales reportados, pero también es importante conocer si el umbral reportado es obtenido en soluciones acuosas, en morteros o en concreto pues la experiencia demuestra que pueden haber diferencias.

La Figura 1 muestra promedios de umbrales de varios autores como fueron reportados en la referencia (17).

Se puede apreciar fácilmente como, para diversas condiciones, los promedios de los umbrales pueden cambiar en función de su procedencia (solución, mortero o concreto).

Un ejemplo de cómo pueden variar los umbrales dependiendo del material o forma de detectarlos se puede ver en la Tabla 1, reportada tal cual de la referencia 17.

Para climas tropicales marinos como el del Norte de la Península de Yucatán no se habían reportado suficientes datos hasta hace poco.

Las referencias 18 y 19 muestran datos de umbrales obtenidos frente al mar utilizando como criterio la velocidad de corrosión instantánea pues ésta fue constante a partir de cierto tiempo de exposición.

Sin embargo, también se calcularon los umbrales utilizando los valores promedio y, como se discute abajo, éstos últimos fueron más consistentes.

Metodología Experimental

Cada tres meses se cortaba una rodaja de los cilindros de concreto simple y se barrenaba a diferentes profundidades para obtener polvos de los cuales se extraerían los cloruros a través de un ion selectivo.

La barra de refuerzo tenía un diámetro de 0.95 cm que era pesada antes de embeber en el concreto tal como venía de la fábrica. Se le aplicaba un recubrimiento epoxy y una cinta de aislar para limitar la parte que se deseaba exponer.

Entre el concreto y la superficie del refuerzo se colocaba una barra de titanio activado (BTA) que serviría como electrodo de referencia (ER) durante las mediciones de corrosión.

Este electrodo era calibrado constantemente contra un



electrodo de calomel saturado (ECS) (20).

El contraelectrodo (CE) lo constituía un elastómero conductor de 15 mm de ancho que iba de extremo a extremo de la probeta (21).

El esquema tanto de la probeta como de la celda para las mediciones de corrosión ha sido publicado varias veces (20, 21, 22) y se muestra en las Figuras 2 y 3.

Se midió la velocidad instantánea de corrosión (i_{corr}) usando la técnica de la Resistencia a la Polarización lineal (R_p) a una velocidad de barrido de 0.06 mV/s.

En la literatura se pueden consultar más detalles acerca del procedimiento experimental (22).

El criterio para considerar la barra despasivada fue cuando la velocidad promedio de corrosión se situaba entre 0.1 y 0.2 mA/cm² (23).

Se hizo un análisis de cloruro antes de la exposición y a 6, 13, 24 y algunas veces 45 meses de exposición.

Se obtuvo la velocidad de corrosión promedio (i_{media}) como en otros trabajos (7, 17) a esas edades y se graficó en contra del contenido de cloruros.

Se dibujó una línea de tendencia para cada caso y se hizo la extrapolación respectiva del contenido de cloruro a 0.1 y 0.2 mA/cm², obteniéndose de esta manera los umbrales.

La resistividad promedio aparente (r_{media}) era obtenida cada vez que se hacía una determinación de cloruros.

Resultados

La Figura 4 muestra una gráfica de i_{media} vs cloruros para una relación a/c de 0.76 y especímenes a 50 m de la playa.

Se encontró una tendencia similar a las presentadas en las referencias 6 y 7.

Se obtuvieron datos similares para las demás relaciones a/c probadas y la Tabla 2 resume los umbrales para cada una a 50 m del mar.

En general, a mayor relación a/c, umbral más bajo con la única excepción de la relación a/c de 0.46 que se discute mas adelante.

Las ecuaciones y los coeficientes de regresión, R, fueron similares a los obtenidos en otras investigaciones (7, 17) y se pueden ver en la Tabla 3.

Discusión

Las relaciones a/c conducen a permeabilidades bajas y por lo tanto a concretos más durables.

Durante la exposición al clima tropical marino, el concreto es expuesto a temperaturas que varían entre 23° C y 32° C así como a humedades relativas (HR) entre 48% y 94%.

Dependiendo de la calidad del concreto, la humedad tendrá una determinada influencia en la r_{media} .

Por ejemplo, las partes internas de los concretos más densos permanecerán húmedas durante más tiempo que las otras más superficiales, a pesar de estar expuestas a las mismas condiciones atmosféricas (ciclos de secado y mojado) y, por lo tanto, deben tener una menor r_{media} como se ve en la Tabla 4.

Por otra parte, los cloruros alcanzarán el refuerzo más fácilmente en concretos porosos que estén expuestos a ciclos de humectación y secado.

Por lo tanto, se esperaría tener umbrales de cloruro más elevados para las relaciones a/c bajas que para las altas.

Esto es incluso debido a que en ambientes saturados, como podrían ser las partes internas del concreto más denso donde el agua se evapora con mayor lentitud, hay una carencia de oxígeno que promovería la reacción catódica.

Por lo tanto, el cloruro se acumula junto a la barra hasta que hay oxígeno en cantidad suficiente para catalizar la reacción de corrosión.

Estas son las razones posibles por las que a mayor relación a/c menor umbral en concretos expuestos a 50 m de la orilla del mar.

Por otro lado, la única excepción la constituyó la relación a/c de 0.46.

Estos concretos fueron colados de acuerdo a las tradiciones locales para concretos hechos a mano, o sea que no se utilizaron superplastificantes, y el análisis granulométrico demostró un exceso de finos.

Así que hubo la posibilidad de que esta relación a/c no se curara adecuadamente, y por lo tanto que fuera ligeramente más permeable que la anterior.

Se tienen programadas algunas pruebas para demostrar esto al final de la exposición. Los umbrales de cloruros que se reportan aquí estuvieron en el rango de 0.54% a 3.13% coincidiendo con los encontrados por otros autores que usaron los mismos métodos para obtener los umbrales pero que utilizaron morteros estandarizados (17).

En estos morteros los umbrales se situaron entre 1.24% y 3.08%.

Entonces, los umbrales encontrados aquí estuvieron en el mismo que los reportados bajo diferentes condiciones y usando los mismos métodos.

Conclusiones

En este paper se presentó una breve descripción de las variables de las que depende el umbral, de los criterios que se siguen para obtenerlo y se comentaron algunos resultados de la literatura.

Después de un cierto número de años de exposición al ambiente tropical marino, el umbral de cloruro para concretos con cemento Portland mostró estar en dependencia de la calidad del concreto.

Las conclusiones principales a las que se llegó fueron las siguientes:

- a) El umbral de cloruro fluctuó entre 0.54 y 3.13% por peso de cemento para relaciones a/c entre 0.76 y 0.46.
- b) En general, en frente del mar a 50 m de la orilla de playa, a mayor relación a/c menor umbral de cloruros para producir corrosión.

Referencias

- 1 D. A. Hausmann, "Steel corrosion of concrete. How does it occur?", J. of Materials Protection, 6 (19) (1967) 19-23.
- 2 V. K. Gouda, "Corrosion and corrosion inhibition of reinforcing steel", British Corrosion Journal, 5 (1970) 198-203.

- 3G. K. Glass, N. R. Buenfeld, "Chloride thresholds levels for corrosion induced deterioration of steel in concrete", Proceedings International RILEM Workshop, Saint Remy Les Cherreuse, France, 15-18 Octobre, 1995.
- 4 M. Funahashi, "Predicting service life in a chloride environment", ACI Materials Journal, 87 (1990) 581-587.
- 5 Rasheduzzafar, S. S. al-Saadoun, A. S. Al Gahtani and F. H. Dakhil, "Effect of tricalcium aluminate content of cement on corrosion of reinforcing steel in concrete", Cement and Concrete Research, 20 (5) (1990) 723-738.
- 6 C. Alonso, C. Andrade, M. Castellote, P. Castro, "Valores críticos de cloruros para despasivar aceros de refuerzo embebidos en un mortero estandarizado de cemento Portland", IV Congreso Iberoamericano de Patología de las Construcciones, 21-24 Octubre de 1997, Puerto Alegre, Brasil, Vol. 2, 555-562.
- 7 S. Goñi, C. Andrade, "Synthetic concrete pore solution chemistry and rebar corrosion rate in the presence of chlorides", Cement and Concrete Research, 20 (4) (1990) 525-539.
- 8 M. D. A. Thomas, J. D. Mathews, C. A. Haynes, "Chloride diffusion and reinforcement corrosion in marine exposed concrete containing PFA" en Corrosion of Reinforcement in concrete, Elsevier Applied Science, Warwickshire, UK, 1990, pp. 198.
- 9 B. B. Hope, A. K. C. Ip, "Chloride corrosion threshold in concrete", ACI Materials Journal, 84 (4) (1987) 306-314.
- 10 K. Peterson, "Chloride threshold value and the corrosion rate in reinforced concrete" in R. N. Swamy (Ed), Corrosion and Corrosion Protection of Steel in Concrete, Sheffield Academic Press, Sheffield UK, 1994, pp. 461-471.
- 11 P. Lambert, C. L. Page, P. R. W. Vassie, "Investigation of reinforcement corrosion. Electrochemical monitoring of steel in chloride-contaminated concrete", Materials and Structures, 24 (143) (1991) 351-358.
- 12 K. Petterson, "Corrosion threshold value and corrosion rate in reinforced concrete", CBI Report 2:92, Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, Sweden, 1992.
- 13 P. Schiessel, W. Breit, "Local repair measures at concrete structures damaged by reinforcement corrosion. Aspects of durability" en Corrosion of Reinforcement in Concrete Construction, SCI. Cambridge, 1996, pp. 525-

534.

14 C. Andrade, C. L. Page, Pore solution chemistry and corrosion in hydrated cement systems containing chloride salts; a study of cation specific effects", British Corrosion Journal, 21 (1) (1986) 49-53.

15 C. M. Hansson, B. Sorensen, "The threshold concentration of chloride in concrete for the initiation of reinforcement corrosion" en N. Berke, V. Chaker, D. Whiting (Eds), Corrosion Rates of Steel in Concrete, American Society for Testing and Materials STP 1065, Philadelphia, 1988, pp. 3-16.

16 V. K. Gouda, W. Y. Halaka, "Corrosion and corrosion inhibition of reinforced steel II", British Corrosion Journal, 5 (1970) 204-208.

17 C. Alonso, C. Andrade, M. Castellote, P. Castro, "Chloride threshold values to depassivate reinforcing bars embedded in a standardized OPC mortar", Cement and Concrete Research, aceptado en 2000.

18 P. Castro, "The chloride threshold for corrosion onset of reinforced concrete in the tropical marine climate of Yucatán, México", 49th annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Kitakyushu, Japan, 13-18 Septiembre 1998, pp. 551

19 P. Castro, "Corrosion performance of reinforced concrete in the tropical marine climate of Yucatán, México", International Symposium on Electrodeposition and Corrosion Science at Kyushu Institute of Technology, Kitakyushu, Japan, 16-19 Septiembre 1998, pp. 43-45.

20 P. Castro, A. Sagüés, E. I. Moreno, L. A. Maldonado, J. Genescá, "Characterization of activated titanium solid reference electrodes for corrosion testing of steel on concrete", Corrosion, 52 (8) (1996) 609-617.

21 M. A. Pech-Canul, A. A. Sagüés, P. Castro, "Influence of counter electrode positioning on the solution resistance in impedance measurements of reinforced concrete", Corrosion, 54 (8) (1998) 663-667.

22 P. Castro, "The atmospheric corrosion performance of reinforced concrete in the Peninsula of Yucatán, México. A review", Corrosion Reviews, 17 (5) (1999) 333-382.

23 J. A. González, S. Algaba, C. Andrade, "Corrosion of reinforcing bars in carbonated concrete", British Corrosion Journal, 15 (3) (1980) 135-139.

24 K. H. Petterson, "Factors influencing chloride-induced corrosion of reinforcement in concrete" en C. Sjöstrom

(Ed), Durability of Building Materials and Components 7 (volume 1), Chapman and Hall, Londres, 1996, 334-341.

25 O. A. Kayyali, M. N. Haque, "The ratio of Cl-/OH- in chloride contaminated concrete-a most important criterion", Magazine of Concrete Research, 47 (172) (1995) 235-242.

26 S. E. Hussain, Rasheduzzafar, a. Al-Musallam, A. S. Al-Gahtani, "Factors affecting threshold chloride for reinforcement corrosion in concrete", Cement and Concrete Research, 25 (7) (1995) 1543-1555.

27 M. Thomas, "Chloride thresholds in marine concrete", Cement and Concrete Research, 26 (4) (1996) 513-519.

**Instituto Mexicano del Cemento y del
Concreto, A.C.**
Revista Construcción y Tecnología
Enero 2001

Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)

Resistencia a fuerza cortante de columnas de concreto reforzadas con camisas de acero

Oscar M. González Cuevas, José Juan Guerrero Correa, Bernardo Gómez González y Felix Alberto Flores Díaz.

A partir de 1985, muchos edificios dañados por los sismos ocurridos en ese año, o edificios que sin haber sufrido daños debieron ser reforzados, se han reparado y/o reforzado con camisas de acero, consistentes en ángulos de acero colocados en las aristas verticales de las columnas, unidos mediante soleras transversales colocadas en toda la altura del elemento.

No se tiene evidencia experimental de que el comportamiento de estas columnas corresponda a lo que se supone teóricamente, y en especial se tienen dudas de que los procedimientos constructivos usuales permitan lograr un trabajo satisfactorio del elemento original y su camisa (Iglesias y otros, 1988).

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de la Ciudad de México (RCDF-93) no establece una normatividad específica respecto a este tema, por lo que no se estipulan disposiciones mínimas para llevar a cabo este tipo de rehabilitación.

En este artículo se presentan los resultados de una segunda serie de ensayos encaminados a estudiar experimentalmente el comportamiento de columnas reforzadas de la manera antes descrita, en las cuales las soleras se precalientan y se procede a soldarlas a los ángulos. Los ensayos se diseñaron de tal manera que las columnas fallasen por fuerza cortante.

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación "Resistencia a fuerza cortante de columnas de concreto reforzadas con camisas de acero" (González C. y otros, 1998), el cual, en su primera etapa, consideró como variables el tamaño de los ángulos y las placas transversales que constituían la camisa, y cuatro distintos procedimientos constructivos: uso de resina epóxica para pegar los ángulos al concreto, sujetarlos a presión antes de soldar las soleras, combinar ambos procedimientos y soldar las soleras sin pegar ni presionar los ángulos.



Aquí! 

Investigadores de la UAM exponen aquí los resultados de una serie de pruebas en columnas de concreto reforzadas con camisas de acero sujetas a carga axial y carga transversal alternante. El objetivo de las mismas fue determinar si el comportamiento de la columna era adecuado y si su resistencia a fuerza cortante se podía calcular con los procedimientos usuales.



Descripción del proyecto

Especímenes de ensaye.

Se elaboraron y ensayaron 20 especímenes de concreto reforzado. La sección transversal fue de 20 x 25 cm y la altura de 150 cm (figura 1).

El refuerzo longitudinal consistió en cuatro varillas del núm. 6, y los estribos fueron fabricados con varillas del núm. 3.

Ya que se buscaba que la fuerza cortante fuese resistida por el concreto y las soleras, los estribos se colocaron principalmente en la zona de empotramiento, y uno a la mitad de la zona de prueba y otra al final de la misma.

El concreto utilizado tenía una $f'c$ de 200 kg/cm² y el acero una f_y de 4,200 kg/cm². El encamisado de acero consistió en ángulos colocados en las aristas de la columna unidos mediante soleras en toda la altura, ambos con un f_y de 2,530 kg/cm².

Los ángulos empleados fueron de ángulos cuya área transversal equivalía a la cuantía mínima de refuerzo longitudinal de la columna especificada en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto (NTCC-96) del RCDF-93.

El ángulo utilizado para satisfacer la condición de cuantía mínima especificada fue uno de lados iguales de 3.2 cm de ancho y 0.3175 cm de espesor, con área transversal de 1.93 cm². Las soleras usadas fueron de 2.54 cm de ancho por 0.3175 cm de espesor.

La soldadura que unía las soleras a los ángulos se diseñó de tal manera que se desarrollara el esfuerzo de fluencia en aquéllas sin que fallase la soldadura.

De esta manera se buscaba alcanzar la resistencia a cortante del elemento encamisado. Las soleras se colocaron espaciadas cada 15 cm, de acuerdo con los cálculos elaborados. Las columnas se empotraban en sus extremos inferiores una longitud de 50 cm.

La carga vertical y horizontal se aplicaba en el extremo superior, de tal manera que la longitud de ensaye de 100 cm representaba la mitad de una columna de 200 cm a escala normal, cuyo punto de inflexión se supone a la mitad de su altura.

Variables estudiadas.

Las variables estudiadas fueron la manera en que influye el precalentado en las soleras, la cual es posible utilizarla en algunas ocasiones en la práctica, con el objetivo de estudiar la manera en que influye en el comportamiento del elemento encamisado.

En total se elaboraron 20 elementos, que presentaban las siguientes características:

- a) Soleras con 90° de temperatura al momento de soldarlas
- b) Soleras con 70° de temperatura al momento de soldarlas
- c) Soleras con 50° de temperatura al momento de soldarlas
- d) Soleras a temperatura ambiente al momento de soldarlas

Se elaboraron cinco especímenes con cada una de estas combinaciones.

A continuación se describe el procedimiento constructivo para las distintas combinaciones de variables.

Elementos con soleras a 90° de temperatura al momento de encamisarse (ECMIN90).

Las soleras se colocaban en el horno eléctrico y se llevaban a una temperatura superior a la especificada, ya que se tomó en cuenta que sacarlas del horno, colocarlas en la posición por soldar y el proceso mismo de soldado implicaba un tiempo durante el cual disminuía la temperatura.

En este sentido, pasaba alrededor de un minuto y medio entre sacarla del horno y terminar el proceso de soldadura. Para determinar la temperatura a la cual debería estar el horno, se tomaron lecturas de la temperatura en las soleras después de estar minuto y medio fuera de él, de tal manera que se pudo establecer mediante este mecanismo la temperatura en el horno para asegurar que, en el momento de soldar, las soleras éstas tuvieran la temperatura especificada.

Previamente se colocaban los ángulos en cada una de las aristas y, por medio de un anillo de sujeción de acero, se fijaban a la columna, esto con el objetivo de colocarlas en su posición final en el encamisado y recibir las soleras (figuras 2 y 3).

Elementos con soleras a 70° de temperatura en el momento de encamisarse (ECMIN70) y 50° (ECMIN50)

. El proceso fue similar al anterior, únicamente que se varió la temperatura de precalentado.

Elementos con soleras a temperatura ambiente en el momento de encamisarse (ECMIN0).

El proceso consistió en fijar los ángulos sobre las aristas de la columna de concreto y sujetarlos con el anillo de acero únicamente para mantenerlos en la posición adecuada mientras se soldaban las soleras.

Cálculos teóricos

Para hacer una comparación entre la resistencia teórica de las columnas respecto a las resistencias obtenidas experimentalmente, se calcularon los diagramas momento-curvatura, para el elemento, así como su resistencia a fuerza cortante

. Al obtener los diagramas momento-curvatura fue posible establecer la máxima carga que podría aplicarse en el elemento de concreto para asegurar que su falla fuera por cortante y no por momento. Asimismo, fue posible calcular la deformación teórica que experimentaría este elemento.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Diagramas momento-curvatura.

Estos diagramas fueron calculados utilizando un programa de cómputo elaborado por los autores.

En dicho programa se considera la zona de compresión discretizada en pequeñas porciones. En cada una de ellas se calculan las deformaciones unitarias, y con el Modelo de Kent y Park Modificado (Park, 1975) se calculan los esfuerzos a los que se encuentran sometidas. Cabe aclarar que este modelo considera el efecto del confinamiento proporcionado al concreto por los estribos o por las soleras. Para cada tipo de espécimen se calcularon dos diagramas distintos que difieren en el modelo utilizado para describir el comportamiento del acero.

En uno de ellos, denominado teórico, se considera que el acero fluye indefinidamente al alcanzar una deformación unitaria de 0.002, mientras que en el segundo, denominado real, se considera que el acero experimenta endurecimiento por deformación al alcanzar una deformación unitaria de 0.1171 (Rodríguez y otros, 1994).

En ambos casos se considera que el elemento falla cuando se aplasta el concreto. Por lo que respecta a la contribución de los ángulos en las columnas encamisadas, se consideró un área equivalente debido a la diferencia entre los esfuerzos de fluencia del acero de refuerzo respecto al acero estructural.

Los diagramas momento-curvatura obtenidos de la manera antes descrita para la columna se presentan en la figura 4. A partir del diagrama momento-curvatura de la columna, se calcularon sus deflexiones teóricas para distintas etapas de carga.

En la figura 5 se muestran estos resultados.

Resistencia a fuerza cortante. Para el cálculo de la resistencia a fuerza cortante de la columna se utilizaron las expresiones establecidas en las NTCC-95. De acuerdo con las normas, la resistencia a fuerza cortante fue de 9,650 kilogramos.

Dispositivo de cargas.

Para llevar a cabo estas pruebas se utilizó un marco rígido de acero que se encuentra en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Autónoma Metropolitana, al cual se le hicieron las adecuaciones necesarias para colocar el elemento que se iba a ensayar y los gatos que iban a transmitir las cargas especificadas al elemento (figura 6).

Resultados experimentales

Los resultados obtenidos durante el trabajo experimental para cada uno de los tipos de elementos estudiados se muestran a continuación.

Elementos con soleras a 90° de temperatura al momento de encamisarse (ECMIN90).

En estos elementos se presentó una falla a cortante,

permaneciendo el ángulo colocado en las aristas sin ningún desplazamiento respecto a ésta. Las soleras no presentaron problema alguno, ni la soldadura colocada para unir las con los ángulos.

Elementos con soleras a 70° de temperatura al momento de encamisarse (ECMIN70).

En estos elementos también se presentó una falla por cortante; sin embargo, el ángulo colocado en las aristas se deslizó respecto a las columnas 1 mm en promedio. No obstante esta situación, las soleras no presentaron daño alguno ni tampoco la soldadura de unión con los ángulos.

Elementos con soleras a temperatura ambiente al momento de encamisarse (ECMIN0).

En estos elementos también se presentó una falla por cortante; sin embargo, el ángulo colocado en las aristas se deslizó respecto a las columnas 5 mm en promedio. No obstante esta situación, las soleras no presentaron daño alguno, ni tampoco la soldadura de unión con los ángulos. En las figuras 7 a 46 se presentan los esquemas de falla de los elementos ensayados así como las respectivas gráficas carga-deformación obtenidas. Las columnas sobrepasaron la resistencia teórica de 9,652.5 kg, sin importar el grado de precalentamiento en las soleras, deteniéndose la aplicación de la carga cuando ésta alcanzó un valor de 11,130 kg, carga que correspondía con el máximo aplicado por el dispositivo de cargas. Es importante hacer notar que, en general, cuando se llegó a los 11,130 kg de carga lateral, los elementos presentaban grietas de 3 mm de espesor, que corresponde a daño grave en este tipo de elementos. En la tabla 1 se presenta información relativa a los desplazamientos de la camisa de acero durante el ensaye de cada uno de los elementos.

Análisis de resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta serie de pruebas, se pueden hacer los siguientes comentarios:

a) El método de refuerzo de columnas con camisas de acero basado en ángulos longitudinales y soleras transversales incrementa tanto su resistencia a fuerza

cortante como su ductilidad, por lo que se puede considerar un método satisfactorio.

b) Los elementos encamisados con ángulos correspondientes a la cuantía mínima de acero alcanzaron la resistencia a cortante calculada, presentándose una falla por cortante en el elemento de concreto, sin importar el precalentamiento en las soleras. Asimismo, los desplazamientos correspondientes a la carga de falla fueron superiores a los teóricos.

c) La camisa de acero en los elementos con soleras soldadas a una temperatura de 90° trabajó adecuadamente, ya que no se presentó desplazamiento relativo alguno, o sea, no deslizó el ángulo sobre el concreto. Sin embargo, esta situación no se reflejó cuantitativamente en los resultados obtenidos, ya que las resistencias experimentales fueron similares a las de columnas con una preparación diferente en las soleras.

d) La camisa de acero en los elementos con soleras soldadas a una temperatura de 70° , 50° , y a temperatura ambiente, experimentaron un corrimiento promedio de 1, 2 y 5 mm respectivamente. No obstante este comportamiento, sobrepasaron la resistencia esperada.

e) Las expresiones de las NTCC-95 utilizadas para determinar la resistencia a cortante de vigas se pueden aplicar también a columnas encamisadas como las ensayadas en este proyecto.

f) Los resultados obtenidos hasta este momento indican que puede ser conveniente utilizar el precalentado en las soleras para lograr un mejor trabajo en conjunto de la camisa de acero. Sin embargo, su efecto consistió en evitar el deslizamiento de los ángulos sobre el concreto más que en incrementar la resistencia a fuerza cortante.

Agradecimientos

Los trabajos llevados a cabo no hubieran sido posibles sin el apoyo otorgado por las autoridades de la Universidad Autónoma Metropolitana y por las autoridades de la Secretaría de Obras y Servicios del Gobierno del Distrito Federal, quienes financiaron este proyecto. Asimismo, se hace un reconocimiento a los técnicos académicos Leopoldo Quiroz Soto y Antonio Piña Reyes, quienes tuvieron a su cargo la instrumentación y preparación de los diferentes equipos requeridos; y al alumno de la Universidad

José Daniel Miranda Cid, quién realizó su tesis de licenciatura de la carrera de ingeniería civil en este proyecto de investigación.

Referencias

González Cuevas, O., J.J. Guerrero Correa, B. Gómez González, y F.A. Flores Díaz (1998), "Resistencia a fuerza cortante de columnas de concreto reforzadas con camisas de acero" / Primera etapa, XI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Monterrey, Nuevo león. vol. II, pp. 812-821.

González Cuevas, O. y F. Robles (1995). Aspectos fundamentales del concreto reforzado, Limusa, México, p. 165.

González Cuevas, O. y J. Iglesias (1995), Lessons and research in repairing concrete structures damaged by earthquakes, Proceedings of the Conference "Repair and Rehabilitation of the Infrastructure of the Americas", Editor: H. A. Toutanji, University of Puerto Rico, Mayaguez, pp. 57-71.

Iglesias, J., F. Robles, J. de la Cera y O. González Cuevas (1985), Reparación de estructuras de concreto y mampostería, Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Azcapotzalco, México, pp. 102-103.

Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto (1996), Departamento del Distrito Federal, México.

Park, R. Y T. Paulay (1975), Reinforced concrete structures, Wiley and Sons, New Zealand. Rodríguez, M.y J.C. Botero (1994), "Aspectos del comportamiento sísmico de estructuras considerando las propiedades mecánicas de aceros de refuerzo producidos en México", IX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Zacatecas, pp. 302-311

Enero 2001
Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)

Notas del acontecer

En Cuba ciclo de conferencias sobre el concreto

En La Habana, Cuba, se desarrolló un ciclo de conferencias sobre "El hormigón, su durabilidad", organizado por el Centro Nacional de Capacitación y Superación Técnica del Ministerio de la Construcción y la Comisión Nacional del Cemento y el Hormigón de Cuba. Los expositores fueron el arquitecto Heraclio Esqueda Huidobro, cuya conferencia llevó por título "El hormigón arquitectónico prefabricado como una respuesta de estética y calidad a los problemas de durabilidad, diseño, producción, transporte y montaje"; el doctor ingeniero Paulo Helene, quien expuso sobre el "Hormigón de altas prestaciones en edificios de gran altura"; "Metodología general de reparación de estructuras de hormigón dañadas por la corrosión de la armadura" y "Presentación de la red Rehabilita: funciones y objetivos; la doctora Norma Betancourt García, quien se refirió a "La salinidad de la atmósfera de Cuba y su influencia en la corrosión del acero y otros materiales" y a "Los ensayos acelerados de corrosión atmosférica y su relación con los ensayos de campo"; el doctor ingeniero Pedro Castro Borges, cuyos temas fueron "El umbral de cloruros para despasivar el acero de refuerzo / Criterios y resultados internacionales" y "Cómo actúan los cloruros en nuestras estructuras de hormigón armado", y la doctora arquitecta Lucrecia Pérez Echazábal, quien se refirió a "La humedad en las construcciones".

Seminario Internacional sobre Pavimentos Rígidos

La Asociación Mexicana de Caminos (AMC), con el apoyo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) a través de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (Capufe), el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC) y Cementos Mexicanos (Cemex), organizó el Seminario Internacional sobre Pavimentos Rígidos, que se llevó a cabo en el Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.

La ceremonia de inauguración estuvo presidida por el



ingeniero Antonio Ruiz Menier, director general del Centro SCT Querétaro y representante personal del ingeniero Manuel Rodríguez Morales, subsecretario de Infraestructura de la SCT. Lo acompañaron en el presidium el ingeniero Antonio Karam Maccice, director de Obras Concesionadas de Capufe y representante personal del ingeniero Daniel Díaz Díaz, director general de la misma institución; el licenciado Luis Martínez Argüello, presidente de la AMC y del IMCYC y director de Proyectos Especiales de Cemex; el ingeniero Daniel Díaz Alatríste, vicepresidente de la AMC; el ingeniero Jaime Luna Traill, presidente del Colegio de Ingenieros Civiles de México; el ingeniero Eduardo Barousse Moreno, presidente de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres; el ingeniero Héctor Velázquez Garza, director de Cemex Concretos / México, el ingeniero Juan Manuel Orozco y Orozco, director general de Servicios Técnicos de la SCT, el ingeniero Hermosillo; el ingeniero Horacio Zambrano Ramos, vicepresidente de la AMC, el ingeniero Héctor Arvizu Hernández, consejero de la AMC; el licenciado Antonio Guerra Alanís, director de la AMC; el doctor Bernhard Lechter y el ingeniero Jorge Laris Vázquez, conferencistas del Seminario.

Las conferencias se ajustaron al siguiente programa: "Futuro de los pavimentos rígidos", por el ingeniero Jorge Laris Vázquez; "Pavimentos rígidos vs. flexibles", por el ingeniero Enrique Padilla Corona; "Resultados y ventajas del proyecto Palmillas-Querétaro, por el ingeniero Miguel Barousse Moreno; "Evolución en México de los pavimentos rígidos", por el ingeniero Héctor Velázquez Garza, "Control de calidad en el libramiento de Querétaro", por el ingeniero Manuel Ortiz Valencia, y "Experiencias alemanas en concreto hidráulico", por el doctor Bernard Lechter. Además de las conferencias, se llevó a cabo la visita al tramo "Palmillas-Querétaro".

Seminario sobre "Calidad de los productos de cemento y de concreto en la vivienda"

Organizado por el Infonavit, el IMCYC y el Cidoc (Centro de Investigación y Documentación de la Casa), el seminario mencionado se llevó a cabo en las instalaciones del primero. Participaron como miembros del presidium el

licenciado Miguel González Avelar, secretario general del Infonavit, en representación del director general de dicha institución, licenciado Luis de Pablo; la arquitecta Sara Topelson de Grinberg, coordinadora general del Cidoc; la arquitecta Belinda Ramírez, subdirectora técnica del Infonavit; el arquitecto Heraclio Esqueda Huidobro, director general del IMCYC y el ingeniero Jaime Luna Traill, presidente del Colegio de Ingenieros de México.

El licenciado Miguel González Avelar dio la bienvenida a los participantes con una breve intervención en la que se refirió a las expectativas que tienen en México los trabajadores respecto a la vivienda de interés social.

Comentó que éstos quieren una vivienda propia, de preferencia unifamiliar y de material, y aclaró que esta última característica se identifica prácticamente con el concreto.

En referencia al tema del Seminario, manifestó que al Infonavit le interesa mucho establecer la pertinencia del uso de los materiales, y que en el caso del cemento y el concreto se han hecho enormes avances.

Luego habló la arquitecta Sara Topelson, quien enmarcó los trabajos del Seminario en la función que se espera del Cidoc, la que definió como "discutir, analizar y profundizar en los temas que pueden tener como consecuencia una mejor vivienda".

Señaló que el seminario sobre materiales estuvo precedido por otros dos: uno cuyo contenido fue la ayuda al constructor en general, es decir, las experiencias en la autoconstrucción de vivienda, y el otro, que trató sobre tipología para la vivienda.

Coincidió con el licenciado González Avelar al decir que la gente, en México, cuando compra una casa quiere que sea de material, y comentó que hasta hace unos años sólo aceptaba el tabique y las losas de concreto, pero que actualmente ya acepta también los bloques de concreto y, en buena medida, los prefabricados.

Resaltó la importancia del tema del seminario por el hecho de que en México, la mayor parte de las construcciones de vivienda se realizan con cemento y con concreto, y además, porque en un país sísmico como es el nuestro, el concreto es un material que da seguridad, y que por sus características de durabilidad, permanencia y seguridad, crea el sentido de comunidad y hace que la gente se

sienta bien en esas construcciones.

Finalmente, el arquitecto Heraclio Esqueda Huidobro hizo una pequeña reflexión sobre la vivienda digna. Manifestó que digno es "lo que tiene mérito, lo que es decente, lo que no es humillante", y que la calidad de digno "es la dignidad, es la excelencia, es el realce, es el decoro".

En relación con la vivienda, afirmó que "la dignidad implica seguridad, habitabilidad, calidad, duración, accesibilidad y confort.

No podemos estar satisfechos si no logramos una vivienda digna".

Luego de esto dieron inicio las conferencias, que estuvieron a cargo del arquitecto Fernando Bonilla Contreras, el ingeniero Isidro Romero, el ingeniero René Carranza Aubry y el arquitecto Franco Bucio Mújica.

De libros, revistas, memorias

-Scaffolding for high-rise concrete construction: a French, German and UK comparison D.G. Proverbs, G.D. Holt y P.O.Olomolaiye Structures and buildings, Proceedings of the institution of civil engineers, vol. 128, febrero de 1998, 8 pp.

Se presenta la selección de sistemas de andamios para un edificio de siete pisos con marcos de concreto hecha por contratistas de Francia, Alemania y el Reino Unido.

Las investigaciones indican que los métodos preferidos difieren significativamente en cada lugar.

Los andamios tradicionales de tubos y accesorios dominan la construcción con concreto de edificios de varios niveles. Independientemente de la nacionalidad, el tamaño de la compañía tiene poco impacto en el sistema de andamios seleccionado.

Para cada grupo de contratistas, se identifican y se ordenan siete factores predominantes para la selección de andamios. Finalmente, se muestra que la seguridad, el costo relativo y la rapidez de construcción son las características principales que determinan la elección.

- Factorial design models for proportioning self-consolidating concrete K.H.Khayat, A. Ghezal y M.S. Hadriche Materials and Structures, vol. 32, noviembre de 1999, 8 pp.

Se presentan los modelos de identificación de factores fundamentales y sus acciones recíprocas que influyen en las respuestas modeladas del concreto autocompactable. Tales parámetros pueden ser de utilidad para reducir el protocolo de pruebas que se necesitan para el proporcionamiento del concreto autocompactable.

- Lateral load response of strengthened reinforced concrete beam-to-column joints A.G. Tsonos ACI Structural Journal, enero-febrero de 1999, 11 pp.

Se realizaron dos series de pruebas para determinar la efectividad de los lineamientos del Manual de la Organización para el Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas (UNIDO) para la reparación y el reforzamiento de juntas de vigas y columnas dañadas por terremotos severos. Dos conexiones de concreto reforzado (M1 y M2) se sujetaron a una serie de cargas laterales cíclicas para simular daño severo por terremoto. Los especímenes fueron luego reparados y reforzados con encamisado, de acuerdo con los lineamientos del Manual UNIDO.

- Engineering material properties of a fiber reinforced cellular concrete Ronald F. Zollo y Carol D. Hays ACI Materials Journal, septiembre-octubre de 1998, 5 pp.

Este documento describe los resultados de pruebas mecánicas proyectadas para establecer el comportamiento en flexión de un concreto celular reforzado con fibras. Se investigan modos básicos de comportamiento que son de interés para ingenieros de proyecto que incluyen flexión, compresión, tensión directa y cortante.

- A closer look at bridge expansion joints Martin S. McGovern Concrete Construction, marzo de 1999, 6 pp.

Aunque las juntas de expansión están entre los elementos más pequeños de un puente, cuando fallan pueden crear problemas fuera de proporción para su tamaño. Las juntas con inducción para escurrimiento pueden promover la corrosión de elementos estructurales fundamentales, y la acumulación de residuos y tierra puede impedir el movimiento de las juntas, lo que causa agotamiento estructural.

Concreto, A.C.
Revista Construcción y Tecnología
Enero 2001
Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)

Punto de encuentro

29ª Convención Anual de la Asociación de Corte y Perforación del Concreto

Del 20 al 24 de enero en Tucson, Arizona.

Informes:

Tel.: 614-798-2252

Fax: 614-798-2255

Web site: www.csda.org

Exposición de Albañilería 2001

26 y 27 de enero en San Antonio, Texas, EUA Informes:

Web site: www.masonryexpo.com

XV Curso de Estudios Mayores de la Construcción (Master) / Perspectivas de la construcción y sus materiales en el siglo XXI

Del 19 de febrero al 29 de junio en Madrid, España Informes:

Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja"

<http://www.csic.es/torroja/cemco/Cemco.html>

Conferencia Internacional IABSE: Seguridad, Riesgo y Confiabilidad / Tendencias en la Ingeniería

Del 21 al 23 de marzo de 2001 en la isla de Malta

Informes: Tel.: +41-1-633 2647

Fax: +41-1-633 1241

E-mail: malta.2001@iabse.ethz.ch

Web site: www.iabse.ethz.ch/conferences/malta/

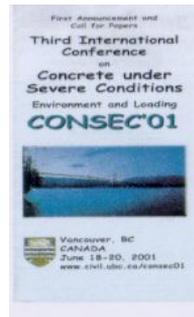
BAUMA 2001: Feria Internacional de Maquinaria, Vehículos y Construcción

Del 2 al 8 de abril de 2001 en Munich, Alemania

Informes en México: Camexa Servicios, S.A. de C.V.

Tel.: 5 245 11 76 y 5 251 33 47

Fax: 5 251 53 94



Aquí! 



E-mail: tradefairs@ahkmexiko.com.mx

10º Congreso Internacional sobre Polímeros en Concreto

Del 21 al 24 de mayo de 2001 en Honolulu, Hawaii
Informes: Prof. David W. Fowler, University of Texas at
Austin, Department of Civil Engineering EJC 5.2
Tel.: (512) 471-4498
Fax: (512) 471-3191
E-mail: dwf@mail.utexas.edu

**2º Simposio Mundial de la ECCE / Información y
Tecnología de la Comunicación en la Práctica de la
Ingeniería civil y la Edificación**

Del 6 al 8 de junio de 2001 en Espoo, Finlandia
Informes: Tel.: +358 9 6840 7818 / +358 9 6840 780
Fax: + 358 9 1357670
E-mail: siv.forsten@ril.fi o ril@ril.fi
Internet: www.ril.fi/ecce.htm

14º Congreso Mundial de la Carretera de la IRF

Del 11 al 15 de junio de 2001 en París, Francia Informes:
Tel.: 33. (0)1.44.88.25.25
Fax: 33. (0)1.40.26.04.44
E-mail: fournier@socfi.fr
Internet: <http://www.socfi.fr>

**Conferencia IABSE sobre Puentes Soportados por
Cables / Reto de los límites técnicos**

Del 12 al 14 de junio de 2001 en Seúl, Corea
Informes: Tel.: +82-335-336-8375
Fax: +82-335-336-8376
E-mail: seoul2001@iabse-kr.org

1ª Conferencia Mundial sobre Túneles de Vías Urbanas

Del 14 y 15 de junio de 2001 en París, Francia
Informes: Tel.: 33 (0)1 44 64 15 15
Fax: 33 (0)1 44 64 15 16



E-mail: p.fournier@colloquium.fr

Internet: www.irfparis2001.com

**3ª Conferencia Internacional sobre Concreto bajo
Condiciones Severas / Medio Ambiente y Carga**

Del 18 al 20 de junio de 2001 en Vancouver, BC, Canadá

Informes: Profesor N. Banthia, University of British
Columbia, Department of Civil Engineering

Tel.: 1(604) 822-9541

Fax: 1(604) 822-6901

E-mail: banthia@civil.ubc.ca

**7º. Simposio Internacional sobre Ferrocemento y
Compuestos Delgados del Cemento Reforzado**

Del 27 al 29 de junio en Singapur

Informes: Dr. M.A. Mansur, National University of Singapore,
Department of Civil Engineering

Fax: (65) 779 1635

E-mail: cvemansu@nus.edu.sg



Nuevos Productos y Equipos

Aquí! 



Unidad de volteo compacta

AUSA ofrece al cliente un dumper para cada necesidad específica de transporte en la construcción. De hecho, es el único fabricante mundial que dispone de más de 50 modelos diferentes para el movimiento de cargas en las obras.

Algunas de las variantes de dumper compacto AUSA incorporan pala autocargable con la que se puede llenar la tolva sin necesidad de otra máquina.

Otros modelos están equipados con retroexcavadora desmontable para apertura de zanjas. Existe también una versión mezcladora de 0.5 y 1 m³ de capacidad efectiva de mezclado, así como barredora urbana, intercambiable con pala autocargable



Recubrimiento protector

Una empresa mexicana ha desarrollado la fórmula para repeler pinturas en aerosol, comúnmente usadas para el graffiti. Debido a su formulación, única en el mercado, este recubrimiento representa una verdadera alternativa contra la acción de los graffiteros que cada día plasman sus leyendas en nuestras paredes.

Anti-Graffiti® es un recubrimiento flexible y resistente a la intemperie, así como a los rayos ultravioleta, por lo que no sólo protege las paredes y bardas contra el graffiti mediante el rechazo de la pintura, sino también contra las inclemencias del tiempo, evitando así la humedad y el consecuente reblandecimiento de las paredes. Pigmentos del futuro para la industria de la construcción Bayer ofrece sus pigmentos inorgánicos, de gran intensidad cromática, para colorear los materiales de construcción. Entre ellos se encuentran los pigmentos de óxido de hierro estables a la intemperie Bayferrox, el verde de óxido de cromo y los pigmentos sólidos a la luz, desde el amarillo al azul, pasando por el verde. Ocupan un lugar destacado los



pigmentos compactos de la serie Bayferrox C, que, al igual que los granulados, tienen buena fluidez y levantan poco polvillo, además de ser económicos y dispersables, como los materiales en polvo. Los pigmentos compactos presentan buena fluidez y no son pegajosos; por consiguiente, pueden dosificarse con mayor rapidez y exactitud que los materiales en polvo.

Nueva allanadora Edging Walker

La nueva allanadora Edging Walker de Allen Eneineering fue proyectada especialmente para trabajar el concreto hasta 8 mm de muros, tubos u otras obstrucciones. Algunas de las características de esta flotadora son un anillo guarda de rotación que permite acabados hasta el borde con la rapidez requerida, un maneral con cojín de espuma que proporciona comodidad adicional y uno adaptable a la estatura de cualquier operador, y una barra y gancho de levantamiento para lograr movimientos fáciles en la obra.



**Instituto Mexicano del Cemento y del
Concreto, A.C.**

**Revista Construcción y Tecnología
Enero 2001**

Todos los derechos reservados