

La reactividad de las mezclas de cemento portland y aluminosos

Para las pequeñas obras de construcción no estructurales (empotramientos diversos, fijaciones, aplanados pintados el mismo día de la colocación del mortero, aretes, marcos de puertas y ventanas, tableros, soportes, inyecciones, sellados, reparaciones y trincheras en banquetas, obturación de fugas/entradas de agua) y para las formulaciones de morteros rápidos, lechadas, pegamento de azulejos y losas autonivelantes, las mezclas de cemento aluminoso / cemento portland permiten ajustar el tiempo de fraguado de los morteros y concretos. Con esto hacen posible ganar mucho tiempo en una obra, asegurando además resistencias mecánicas de buen nivel.

Para quedar satisfechos con estas mezclas, los maestros de obra deben conocer algunos principios sencillos sobre el origen de los cementos portland ordinarios y las proporciones de mezclas (cemento portland / cemento aluminoso). Para ayudarles en este aspecto, a continuación se mencionarán los resultados de dos estudios realizados respectivamente por Lafarge Aluminates en Francia y el IMCYC en México.

En ambos casos, el cemento aluminoso utilizado fue el Ciment Fondu Lafarge®, que es el más ampliamente distribuido en los dos países. En adelante, se utilizará aquí la denominación "cemento FONDU" para Ciment Fondu Lafarge®, exclusivamente.

El primer estudio se llevó a cabo en Francia con 35 cementos diferentes, en su mayoría franceses. El segundo se efectuó en México, con cuatro cementos mexicanos.

Estudio en Francia

La primera serie de resultados trata sobre la influencia de la variabilidad del cemento Fondu mezclado con un cemento portland de un mismo origen, durante un periodo de un año. Las medidas se basaron en el tiempo de fraguado. Las variaciones son mínimas y se concluye que existe una reactividad constante del cemento Fondu, sea cual sea su origen.

La segunda parte del estudio trata sobre las mezclas del cemento Fondu, con 35 cementos portland mayoritariamente franceses. Se realizaron morteros normalizados con cada cemento portland, para lo cual se mezcló:



Resumen:

En dos estudios – realizados uno en Francia por Lafarge y otro en México por el IMCYC– se practicaron mediciones de tiempo de fraguado y resistencias mecánicas en diversas mezclas de cemento portland y cemento aluminoso. Los resultados de ambos fueron similares: mostraron que la combinación es muy eficaz para utilizarse en pequeñas obras de construcción no estructurales, pues permite ganar tiempo a la vez que se alcanzan buenas resistencias.

- 10% de cemento Fondu con 90% de cemento portland;
- 20% de cemento Fondu con 80% de cemento portland;
- 30% de cemento Fondu con 70% de cemento portland;
- y un testigo sin cemento Fondu.

Se midieron (pruebas normalizadas) el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión en tres plazos (dos horas después del tiempo de fraguado, 24 horas y 28 días).

Los tiempos de fraguado

El promedio del tiempo de fraguado del conjunto de cementos portland utilizados es 4 horas 50 minutos (testigo sin cemento FONDU).

Morteros con 10% de FONDU

Los principios del tiempo de fraguado comprenden entre 45 minutos y 5 horas 45 minutos. Esta dispersión sugiere una clasificación en tres grupos:

- las mezclas que reaccionan poco o nada, que conciernen a 17 cementos;
- las mezclas medianamente reactivas, que conciernen a 7 cementos;
- las mezclas reactivas, que conciernen a 11 cementos.

Morteros con 20% de FONDU

Todas las mezclas tienen un principio de fraguado inferior a 30 minutos. La dispersión es limitada; dos mezclas tienen un principio de fraguado inferior a 10 minutos.

Morteros con 30% de FONDU

Todas las mezclas tienen un tiempo de fraguado muy rápido: entre 3 y 10 minutos.

Las resistencias mecánicas

Las resistencias mecánicas fueron medidas dos horas después del fraguado, a 24 horas, a 28 días y a tres meses para algunas mezclas.

Dos horas después del fraguado, las mezclas con 20% de cemento FONDU presentan una resistencia mayor (de 10 a 40 kg/cm², según las mezclas)

las mezclas).

A las 24 horas, las resistencias promedio observadas son las siguientes:

- Mezclas con 10% = 55 kg/cm²
- Mezclas con 20% = 56 kg/cm²
- Mezclas con 30% = 85 kg/cm²

En comparación, el conjunto de los morteros testigo de cemento portland sin FONDU alcanzó en promedio una resistencia de 75 kg/cm².

A los 28 días, al contrario de lo que se podría pensar, las resistencias de las mezclas resultan poco afectadas, en promedio son superiores a 300 kg/cm².

Después de tres meses, las resistencias de todas las mezclas aumentaron 10 kg/cm².

Estudio en México

El estudio se realizó en las instalaciones del IMCYC en la ciudad de México, con cuatro cementos comerciales disponibles en sacos. Uno de ellos es del tipo I y los otros tres son del tipo I puzolánico. Se midieron tiempos de fraguado (test de Vicat normalizado en pasta pura) y resistencias a 3 horas, 6 horas, 24 horas y 28 días.

Los valores resultantes son en general muy parecidos a los que se encontraron en Francia, tanto en cuanto a los tiempos de fraguado como a las resistencias mecánicas, todas cercanas a 300 kg/cm² a 28 días.

Cabe mencionar que no se trata de un estudio estadístico y que los valores numéricos nos dan únicamente un orden de idea.

Los tiempos de fraguado

Los cuatro cementos probados muestran una buena reactividad con los tiempos de fraguado siguientes:

<i>Tiempos de fraguado inicial / final (en minutos)</i>				
	Cemento 1	Cemento 2	Cemento 3	Cemento 4
	Tipo 1	Tipo 1 puzol.	Tipo 1 puzol.	Tipo 1 puzol.
CP solo (testigo)	147/210	110/200	188/280	171/280
CP + 5% Fondu	41/100	95/160	115/220	90/160

CP + 10% Fondu	17/33	60/113	74/160	18/85
CP + 15% Fondu	10/18	24/75	18/44	17/28
CP + 20% Fondu	8/13	15/21	10/18	15/20

Las resistencias mecánicas

Se realizaron pruebas sobre cubos de mortero normalizado, 500 g de cemento y 1,375 g de arena sílica, $a/c = 0.485$.

Se midieron resistencias a 3 horas, 6 horas, 24 horas y 28 días.

Como ejemplo, con un cemento tipo 1, obtuvimos las siguientes resistencias:

<i>Resistencias obtenidas con cemento tipo 1</i>				
	3 horas	6 horas	24 horas	28 días
CP solo (testigo)	No medible	No medible	78	370
CP + 5% Fondu	No medible	3.6	100	384
CP + 10% Fondu	20	27	58	346
CP + 15% Fondu	24	28	43	322

Con el cemento tipo 1 probado, las resistencias obtenidas son excelentes, incluso a 3 horas, con 10% por lo menos de Fondu.

Estas resistencias, del orden de 20 kg/cm^2 , permiten realizar muchas obras muy rápidamente. Las resistencias a 28 días son muy poco afectadas.

En los cementos puzolánicos existe cierta variabilidad de un cemento a otro. Si las resistencias a 3 horas no se pudieron medir, a las 6 horas el mortero ya empezó a adquirir resistencia, mucho antes que el cemento portland puro. Las resistencias a 28 días

obtenidas son de muy buen nivel.

Como ejemplo, con una mezcla de 10% de FONDU y 90% de uno de los cementos portland tipo 1 puzolánico, obtuvimos las siguientes resistencias:

Resistencias obtenidas con cemento tipo 1 puzolánico

	3 horas	6 horas	24 horas	28 días
CP + 10% Fondu	No medible	6.2	130.5	303

Aspectos prácticos

Trabajabilidad o tiempo de instalación

En las condiciones de obra, está comprobado que la trabajabilidad o el tiempo de instalación es más breve que el tiempo de fraguado. En efecto, se trata de la cantidad de minutos durante los cuales el mortero es maleable antes de alcanzar un nivel de endurecimiento que hace la colocación demasiado difícil, si no imposible.

- Por ejemplo, para las mezclas con 20% de cemento FONDU, el tiempo de fraguado de ocho minutos como mínimo permite preparar aproximadamente 12 litros de mortero.
- En la composición del mortero o del concreto, la granulometría de la arena es de suma importancia. Esta debe tener las proporciones normales de elementos finos y de elementos más gruesos.
- La temperatura influye considerablemente sobre los tiempos de fraguado. Un colado diurno bajo el sol puede tener como consecuencia un fraguado más rápido.
- La relación agua / cemento influye también sobre los tiempos de fraguado (además de las resistencias, claro está), sobre todo con cementos puzolánicos. Para obtener resistencias a muy temprana edad (tres horas) se recomienda emplear una relación agua / cemento máxima de 0.5 y cemento del tipo 1. Al contrario, una relación agua / cemento alta (0.55 - 0.6) alarga los tiempos de fraguado.

Aplicaciones

Relación agua / cemento ~ 0.5

Las mezclas con 5 a 10% de cemento Fondu permiten tener suficiente tiempo para colocar un volumen consecuente de mortero o de concreto con el fin de reparar banquetas, pisos peatonales, prefabricados no estructurales, aplanados, los cuales pueden pintarse el mismo día.

Las mezclas con 15 a 20% de cemento Fondu permiten lograr, con casi todos los cementos portland ordinarios, tiempos de fraguado

inicial (10 a 20 minutos) que son apropiados para obras tales como aristas, aretes, marcos de ventanas y puertas, aplanados pequeños, con remoción de cimbras en buen estado.

Las mezclas con 30% de cemento Fondu permiten obtener un fraguado muy rápido (3 a 10 minutos), especialmente adecuados para empotramientos, fijaciones, taponado de fugas de agua, etcétera.

Más allá de 30% de cemento Fondu, el tiempo de fraguado de las mezclas se alarga, rebasando los 30 minutos (gráfica núm. 3).

En todos los casos, se recomienda realizar pruebas preliminares para cada cemento, por ser éstos de diferentes orígenes.

Christophe Rabiet es de Lafarge Aluminates y David López es jefe del laboratorio de cemento del IMCYC.



Normalización en México: actualidad y perspectivas

A diario escuchamos que estamos insertos en una globalización de mercados, que la industria de nuestro país debe ser más competitiva, que los profesionistas y empresarios de la construcción debemos ofrecer mayor calidad a nuestros clientes y que tenemos que actualizarlo más pronto posible; más aún, que la industria de la construcción se debe modernizar de acuerdo con este contexto y que debe satisfacer los requerimientos de los inversionistas nacionales e internacionales poniendo en evidencia nuestras capacidades y las bondades de los bienes y servicios que ofrecemos.

Baste recordar que en los meses previos a diciembre de 1995 nuestra industria estaba inundada de productos extranjeros y se anunciaban despachos de arquitectos y empresas de servicios de otros países; que muchas de los productores nacionales se convirtieron en importadores de productos que competían con los que ellos dejaron de fabricar y, que, en ocasiones, detuvieron su producción por las utilidades en la importación. De manera similar, los profesionistas y diseñadores de la construcción veían pasar los proyectos que se realizaban en el extranjero y buscaban afanosamente involucrarse con constructoras o despachos extranjeros.

A lo anterior se debe añadir la falta de planeación y de previsión que ha ocasionado en México la incapacidad de las micro, pequeñas y medianas empresas para adquirir o utilizar tecnología. Por ello debemos crear una red de mecanismos que impulsen la competitividad y la productividad integrando los centros de investigación y el sector público en donde se cuente con fuentes y con profesionistas y consultores confiables que orienten adecuadamente a los sectores productivos para hacer óptimos los escasos recursos, lo que incluye definitivamente el conocimiento pleno de la normatividad aplicable.

Si queremos revertir la situación actual, debemos comunicarnos con el exterior de nuestras fronteras a través del lenguaje del comercio internacional, el cual se encuentra



Resumen:

Para sobrevivir y tener éxito en este nuestro mundo globalizado, los profesionales y empresarios de la construcción deben hablar el lenguaje del comercio internacional plasmado en las normas y especificaciones técnicas que aseguran la calidad, pues cada vez más los consumidores exigen productos que se apeguen a estipulaciones que reflejan las necesidades de los usuarios. En nuestro país, se comenzó a desarrollar tal normatividad desde comienzos de la década actual, en un esfuerzo por poner a la industria en buenas condiciones de competitividad.

"El futuro de la industria del concreto depende de un incremento significativo en el empleo del concreto de alto desempeño", dice el autor de este artículo, quien asegura también que para lograrlo hay que recurrir a los aditivos reductores de agua. Si éstos se seleccionan con buen criterio y se utilizan en las proporciones adecuadas, afirma, tal material llegará a ser de uso cotidiano.

plasmado en las normas y en las especificaciones técnicas. Para ello, debemos promover su utilidad y la imperiosa necesidad de actualizar el acervo nacional en concordancia con nuestra idiosincrasia, nuestra tecnología y nuestros climas, así como con las tendencias internacionales. Esto nos permitirá demostrar la confiabilidad en nuestros bienes y servicios.

La situación actual

Para contar con un marco jurídico adecuado en lo que a normalización y regulación técnica se refiere, en julio de 1992 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley Federal sobre Metrología y Normalización en concordancia a la globalización de mercados, un instrumento legal que propicia la participación de todos los sectores de la sociedad. En esta Ley, que se modificó en 1997, se consideran dos tipos de normas: las obligatorias, Normas Oficiales Mexicanas (NOM) a cargo del ejecutivo federal, que son regulaciones técnicas sobre seguridad, salud, protección al medio e información comercial; y, las voluntarias o comerciales, Normas Mexicanas (NMX), que se refieren a la calidad de los bienes y servicios y son elaboradas y emitidas por el sector privado a través de los organismos nacionales de normalización acreditados.

Esta ley dispone que los organismos de normalización deben estructurar el mecanismo que consideren más adecuado para editar, difundir y vender las NMX por conducto de los comités técnicos; deben asegurar la cobertura nacional para garantizar la participación de productores y distribuidores, prestadores de servicios, profesionistas, constructores, investigadores, comerciantes, consumidores y dependencias gubernamentales relacionadas con los temas que se han de normar.

Respecto a los organismos de certificación, la ley estipula que su función será comprobar el cumplimiento de las especificaciones normativas de productos y servicios mediante pruebas y evaluación de programas de calidad, y en su caso, otorgar el certificado de conformidad, para lo cual también deben mantener un programa de revisión periódica para asegurar este cumplimiento. Cabe hacer notar que este esquema permite contar con programas paulatinos de aseguramiento de la calidad, enmarcados por las normas

ISO-9000 (NMX-CC en México).

En este marco jurídico, se constituyó en 1994 para la industria de la construcción el Organismo Nacional de Normalización y Certificación para la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE) con el fin de proporcionar los servicios de normalización voluntaria y verificación y certificación oficial y voluntaria de los productos, procesos, sistemas, métodos, instalaciones, personas, servicios o actividades que se utilizan en este sector industrial.

La normatividad en la construcción

Las acciones de construir, ampliar, modificar, cambiar el uso o régimen de propiedad en condominio, reparar, demoler una edificación o instalación, constituyen obras que deben cumplir ciertos requisitos estipulados en leyes, reglamentos y algunas NOM.

Las NOM que se relacionan con esta industria son las que se refieren a las instalaciones eléctricas y de gas, a la eficiencia energética, a la iluminación y la ventilación, a la emisión y control de contaminantes, así como a las características de protección contra incendio. La evidencia de cumplimiento se debe presentar a las autoridades federales que para tal efecto han acreditado a personas físicas como Unidades de Verificación y a Organismos de Certificación en los términos de la ley de la materia. Las principales dependencias involucradas en las regulaciones obligatorias (NOM) son las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, Salud; Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca, Energía, Desarrollo Social, y del Trabajo y Previsión Social.

En los niveles estatal y municipal, los reglamentos de construcción responden a las condiciones particulares de idiosincrasia, regionalismo, clima, sismo y viento; precisan las características que las diversas obras deben satisfacer desde su inicio, principalmente en lo relativo a la habitabilidad, la seguridad estructural y los aspectos funcionales de los inmuebles; asimismo, incorporan todas las responsabilidades que los propietarios deben atender y que, solidariamente con los directores responsables de obra y corresponsables, también conocidos como peritos de obra, deben satisfacer desde el proyecto arquitectónico, en

el proceso de la construcción y en la vida útil de las edificaciones. Estos ordenamientos estipulan que los materiales, productos y sistemas constructivos deben demostrar su calidad y confiabilidad a las autoridades locales, para lo cual las Normas Mexicanas son de enorme utilidad.

Estos reglamentos no impiden el uso de productos y sistemas constructivos novedosos, pero se necesita la aprobación de la autoridad local. Para ello establecen que los directores responsables de obra presenten las pruebas de laboratorio correspondientes o los certificados que demuestren la confiabilidad y durabilidad que se especifican en el proyecto ejecutivo que suscriben para obtener la licencia de construcción. Esta situación se facilita con la exigencia a los proveedores de materiales e insumos el cumplimiento con las NMX o con las normas del país de origen.

Las técnicas de construcción

En México, por tradición la edificación se ha sustentado principalmente en estructuras de mampostería y de concreto. Las condiciones sísmicas de gran parte de nuestro país han propiciado que las técnicas convencionales de construcción estén sujetas a normas y especificaciones detalladas, lo que no sucede con otros productos y sistemas constructivos industrializados de poca difusión o utilización en esta rama industrial.

Sin embargo, las condiciones actuales de comercialización y los esquemas financieros que prevalecen pueden influir para que tecnologías constructivas que ofrezcan tiempos más breves de edificación así como costos y durabilidad similar a las técnicas tradicionales se utilicen con mayor frecuencia. La apertura comercial ha generado una mayor preocupación por conocer técnicas y productos alternos o mejorados tales como los concretos de alto rendimiento o aligerados, a fin de ofrecer lo que el cliente demanda.

Estas condiciones han originado que la reglamentación y la normalización, y por consiguiente la certificación, tome nuevos cauces; cada vez más los compradores exigen que los productos y servicios demuestren su conformidad con normas que reflejen las necesidades de los usuarios y, a su

vez, que éstas faciliten el sano comercio internacional.

Los proyectos "llave en mano" también han influido para que los grandes clientes, del sector público y del sector privado, exijan una mayor calidad en las obras que contratan, lo que implica el empleo de materiales y productos certificados y de servicios profesionales y técnicos calificados; en otras palabras, empresas de la construcción que entreguen edificios y obras tales como carreteras, "sin problemas" y de acuerdo con los tiempos, costos y alcances contratados.

Mirando al futuro

El lenguaje internacional del comercio, como ya dijimos, son las normas, puesto que establecen los parámetros de fabricación, los de comportamiento y los de la administración de la calidad que le interesan al usuario; requisitos que necesariamente deben satisfacer los fabricantes y los proveedores de servicios, y que la mejor manera de evidenciar es por conducto de los certificados de conformidad que se emiten para tales efectos.

Los países avanzados consideran la normalización como actividad fundamental para el desarrollo de la planta industrial. En México hemos acelerado el paso para presentar lo existente en formatos similares al de otros países, a fin de iniciar los trabajos de compatibilización y armonización.

Para hacer frente a estos retos, el ONNCCE ha elaborado a través de sus comités de normalización 40 normas mexicanas y coordina la realización y revisión de otro tanto. Sin embargo, estos esfuerzos son insuficientes si los interesados, los productores y los prestadores de servicios no apoyan o participan en estos trabajos de normalización o especifican y exigen en sus proyectos y obras el cumplimiento de las características establecidas en las normas.

En nuestro país, la industria de la construcción se caracteriza por la participación de un gran número de personas y empresas, lo que dificulta la unidad en el proceso constructivo, por lo que creemos muy difícil certificar los sistemas de aseguramiento de la calidad, pero reconocemos la necesidad de contar con controles que

garanticen la continuidad en las líneas de producción o de servicio. Esto es válido también para todos aquellos proveedores que deseen certificar sus bienes o servicios por necesidad contractual o comercial.

Nuestra industria, que en 1993 superó los 120,400 millones de pesos (15,050 millones de dólares americanos) –de los cuales 67.7 por ciento se canalizó a la obra privada y el restante 32.3 por ciento a la obra pública–, realiza compras directas a 34 de los 72 sectores de la actividad económica (fuente: INEGI) y ofrece amplias perspectivas para los inversionistas nacionales y extranjeros, pero debe "hablar adecuadamente el lenguaje internacional de la normalización". Por ello, los "empresarios de la construcción" debemos conocer y aplicar las normas en nuestro trabajo diario a pasos agigantados si queremos aprovechar las ventajas de la globalización.

El intercambio internacional nos ha demostrado que los profesionistas y las empresas que desconozcan los cambios derivados de la globalización comercial y que no orienten eficazmente a sus clientes están destinados a no sobresalir y a perder importantes mercados de trabajo.

Al reconocer las distintas esferas que se relacionan con la construcción, debemos otorgar nuestros servicios en un esquema de participación interdisciplinaria con los diversos actores de esta importante rama industrial, por lo que debemos incluir en nuestra preparación o actualización profesional los temas relacionados con la calidad y con los avances tecnológicos, así como las técnicas y productos que abaten tiempos de construcción, facilitan las labores de ensamble, mantenimiento y sustitución, y complementan nuestra forma de proyectar y de construir.

Como puede apreciarse, el perfil del nuevo profesional de la construcción debe incluir el conocimiento y la aplicación de las diversas normas y regulaciones así como las buenas prácticas de manufactura (proyecto, ejecución, supervisión, etc.) y de selección de los insumos; actividades y conocimientos que nos permitirán asumir el verdadero papel de asesores de nuestros clientes y de líderes y promotores de la calidad de nuestro producto final: el edificio, el puente, la presa, la carretera, etc., fortaleciendo con ello a la arquitectura y a la ingeniería mexicana en el contexto del



comercio internacional.

El arquitecto Franco M. Bucio Mújica es director técnico del ONNCCE (Organismo Nacional de

Normalización de la Construcción y Edificación S.C.).



Aditivos y concreto de alto desempeño: una combinación acertada

Las tres innovaciones más importantes en la industria del concreto durante este siglo han sido: 1) la relación agua / cemento, descubierta por Duff Abram, 2) el empleo de aire apropiadamente incluido para proveer resistencia a congelación y a deshielo, y 3) la invención del aditivo reductor de agua de alto rango (RAAR),¹ que permite una gran reducción de agua y/o incremento significativo del revenimiento.

El concreto de alto desempeño (CAD),² está basado en la utilización adecuada de todo lo mencionado anteriormente. Los aditivos apropiados son esenciales para el CAD tanto en el estado plástico como en el endurecido. El futuro de la industria del concreto depende de un incremento significativo en el empleo del CAD, de modo que el concreto sea cada vez más el producto escogido para edificios, construcción de infraestructura, proyectos para el cuidado del medio ambiente, carreteras, y pavimentos de todo tipo. Estructuras especiales tales como la Plataforma Hibernia de Base Gravitacional requirió CAD. Esta plataforma está ahora en operación a 300 km al este de Newfoundland, Canadá.

El CAD se refiere a su calidad en el estado endurecido con respecto a una o más áreas específicas de excelencia o de alto desempeño. El CAD se define para los tipos de proyecto que se presentan en el cuadro 1.

Las familias de los actuales y futuros aditivos reductores de agua ofrecen al usuario una amplia gama de productos y una combinación de aditivos que pueden seleccionarse sensatamente para obtener un resultado específico en el estado plástico o endurecido, o en ambos. Los buenos aditivos reductores de agua proporcionan los siguientes beneficios.

Aditivo reductor de agua, tipo A: Reducción de agua de 5 a 7 por ciento con tiempos de fraguado normales o retardados. Dosificaciones de 65 a 164 ml/45 kg de cemento.

Aquí! 

Resumen:

"El futuro de la industria del concreto depende de un incremento significativo en el empleo del concreto de alto desempeño", dice el autor de este artículo, quien asegura también que para lograrlo hay que recurrir a los aditivos reductores de agua. Si éstos se seleccionan con buen criterio y se utilizan en las proporciones adecuadas, afirma, tal material llegará a ser de uso cotidiano.

Aditivo reductor de agua de mediano rango: Reducción de agua del 7 al 9 por ciento con tiempos de fraguado normales o retardados. Dosificaciones de 164 a 295 ml/45 kg) de cemento.

Aditivo reductor de agua de alto rango, tipo F o G: Reducción de agua del 10 al 30 por ciento con tiempos de fraguado normales y retardados. Las dosificaciones son de 196 a 656 ml/45 kg de cemento.

Estos aditivos ofrecen una amplia gama de opciones con respecto al contenido de agua, relación agua / cemento y revenimiento para cada tipo de concreto. Además, las características del fraguado pueden ser "normalizadas" para adecuarse a las condiciones climáticas y de colocación.

La aceleración se obtiene con un acelerador no corrosivo o con cemento de alta resistencia temprana. El retardo del fraguado inicial puede lograrse con el uso de un aditivo retardante, reductor de agua, compatible. Estos aditivos permiten al usuario ajustar con precisión la mezcla o mezclas, para adecuarse a los requisitos del proyecto y preparar mezclas opcionales para satisfacer posibles cambios climáticos o dificultades de colocación. Los aditivos se usan en todos los HPC y en muchos de ellos su potencial está siendo mejorado. Varios proyectos recientes demuestran la necesidad del uso de aditivos apropiados en dosificaciones óptimas.

Estructura Hibernia con Base Gravitacional, Bahía de St. John, Canadá

Esta estructura masiva de soporte de 175,858 m³ para una plataforma de producción petrolera, es un excelente ejemplo de CAD. Su losa de cimentación y su campana neumática incorporan componentes densamente reforzados –losa base, vigas, muros de hielo internos y externos–, que requieren todos concreto con niveles óptimos de fluidez, control de fraguado, impermeabilidad, durabilidad y otras propiedades necesarias para soportar el ambiente de Grand Banks (cuadro 2).

Estructura de estacionamiento del Banco Suizo, Stamford, Conn.

Las estructuras de estacionamientos en la parte norte de los

Estados Unidos exigen CAD, principalmente en el área de durabilidad a largo plazo. Esta estructura de estacionamiento es un ejemplo excelente de planos apropiados y especificaciones que están siendo bien ejecutadas en la fase de construcción.

Este edificio de oficinas de 12 pisos con un pabellón anexo para comercio de siete pisos, y cinco niveles de estacionamiento, incluye 88,069 m² de espacio utilizable. La estructura del estacionamiento está colado en el lugar, y postensado. Las especificaciones requirieron concreto superplastificado de 35 MPa a 28 días, con una relación máxima de a/c de 0.40. Además, se especificaron 5 por ciento de humo de sílice y fibras sintéticas (cuadro 3).

Con el advenimiento de los números F, los perfiles de piso pueden medirse con precisión, y especificarse para satisfacer las necesidades del propietario. Aunque las mediciones se hacen por lo regular inmediatamente después de construida la losa del piso, la preocupación del propietario es solamente sobre el perfil en el estado endurecido, y específicamente cuando la losa del piso está en uso. Los aditivos reductores de agua o RAAR usados en el diseño apropiado de la mezcla puede ayudar a asegurar que los cambios de perfil a través del tiempo sean mínimos.

Un criterio de diseño para los pisos y las losas consiste en agrietamiento y ondulamiento mínimos. El ondulado afecta adversamente el perfil del piso, y específicamente, el tránsito adecuado. Desafortunadamente, muchos pisos han sufrido de ondulado significativo después de haber cumplido con los requisitos de especificación en el momento de la construcción.

El ondulado –contracción diferencial entre la parte superior y la inferior de la losa– ocurre en cada piso, y muchos factores influyen en el grado de ondulado. En todas las situaciones, la contracción reducirá el ondulado. En cualquier mezcla, la reducción de agua y su reemplazo por agregado, particularmente agregado grueso, reduce la contracción. Esta sustitución puede no reducir significativamente el ondulado en una mezcla que tiene altas características de contracción en una subbase que permanecerá húmeda durante toda la vida del proyecto. Sin embargo, es un paso en la dirección correcta. El agrietamiento y ondulado mínimos es un requisito de todos los pisos interiores trabajados con llana de acero, sometidos a abrasión vehicular.

Los pisos interiores trabajados con llana de acero sometidos a tránsito vehicular requieren CAD para lograr rendimiento funcional exitoso a largo plazo. Hay muchos pisos excelentes de este tipo instalados en los últimos años. En seguida tenemos una lista de algunos de los más interesantes.

Tiffany & Co. -/ Centro de Servicio a Clientes, Parsippany, NJ

Cuarenta por ciento de la losa del piso del centro de distribución es superplano ($F_{\min} 100$) y el resto tiene un F_{F40}/F_{L30} . Se emplearon aditivos RAAR con fibras de acero para proveer una baja relación agua / cemento –un concreto con bajo contenido de agua con las características necesarias de trabajabilidad y acababilidad para lograr los pisos superplanos y muy planos con un mínimo de agrietamiento y ondulación.

La plataforma de carga, un área de máximo tránsito, fue endurecida con 4.88 kg/m^2 de un endurecedor de agregado mineral "espolvoreado en seco". Se usó un densificador/sellador líquido en todos los pisos para lograr una superficie con baja brillantez que es fácil de limpiar y es resistente a derrames no corrosivos (cuadro 4).

Bosal Co., Lavonia, Ga.

Este proyecto requirió un piso industrial de alto desempeño y de trabajo pesado –un piso de $10,405 \text{ m}^2$ que se tuvo que colar en un día. La especificación requería un diseño de mezcla de 28 MPa adecuado en su estado plástico, para colocación por medio de una enrasadora láser. El diseño de la mezcla también requería el uso de fibras de acero y RAAR.

La mayor parte de la superficie recibió un endurecedor "espolvoreado en seco" de agregado mineral. Los programas de proyectos como éste demandan un concreto fácilmente colocable, de modo que la enrasadora láser pueda utilizarse a plenitud para enrasar y nivelar, rápidamente, grandes cantidades de concreto. Estos proyectos también exigen que las mezclas fácilmente aplicables exhiban agrietamiento y ondulación mínimos en toda la vida del piso (cuadro 5).

La reducción significativa del agua por el uso de aditivos apropiados da como resultado un contenido de agregado incrementado para mantener el desempeño apropiado. Cuando se quitan 11.0 kg de agua de mezclado por metro cúbico, se

logra un incremento aproximado de 31 kg de agregado. El empleo de aditivos RAAR permite esta reducción de agua, y más.

Las Autoridades del Puerto de Nueva York y Nueva Jersey ha estado siguiendo de cerca este método. Ellos han estado siguiendo los pasos necesarios para reducir el agua de mezclado, principalmente incrementando el contenido de agregado grueso. Sus resultados de laboratorio se presentan en el cuadro 6.

Two Liberty Place, Philadelphia, Pa.

Esta estructura de 236 m de alto y 58 pisos es el edificio con un núcleo hecho con cimbra deslizante, más alto de Estados Unidos. El programa de la colocación de cimbras deslizantes requirió una velocidad de 30 cm por hora. En las etapas iniciales del proyecto, el diseño original de la mezcla permitió sólo una velocidad de 15c m por hora. La mezcla se revisó y se combinó con un RAAR y un acelerador no corrosivo (cuadro 7).

La dosificación del acelerador no corrosivo se adecuó para la construcción en invierno. La mezcla revisada permitió al contratista construir con cimbra deslizante, de 30 a 40 cm por hora. A medida que el clima se hacía más caliente, la dosis del acelerador no corrosivo se redujo lentamente. En junio, el acelerador no corrosivo todavía estaba en la mezcla.

Una combinación de superplastificador y acelerador no corrosivo es un procedimiento estándar en el colado del concreto en clima frío. Las proporciones, particularmente del acelerador, tienen que ser adecuadas a las características de fraguado del cemento que está siendo empleado, así como a las condiciones climáticas. Este "fino ajuste" de las mezclas se requiere en muchos proyectos de CAD.

Resumen

Los aditivos reductores de agua y los RAAR permiten que se utilice CAD en toda la industria del concreto, con la reducción de agua, el incremento del revenimiento, la "normalización" de los tiempos de fraguado y combinaciones de éstos. De este modo, el propietario recibe el mejor concreto posible en el estado endurecido, y el contratista de concreto es capaz de perfeccionar la colocación, compactación y los procedimientos

de acabado, para adecuarlos a sus requisitos personales y de proyecto.

La industria del concreto debe reconocer, entender y emplear el CAD en una base regular. El concreto colado en la obra puede ser excelente, y su empleo se incrementará cuando el CAD se convierta en la norma. La industria del concreto no puede tener éxito si alguno de los personajes clave –diseñadores, contratistas, productores de concreto, y fabricantes de aditivos– no proporcionan planes, especificaciones, concreto y procesos de construcción que aseguren el éxito del usuario.

La pericia técnica y los aditivos de alto desempeño son conocidos y están disponibles. Todos los personajes clave en la industria desean la combinación del CAD y los aditivos. Todos deben estar de acuerdo y trabajar en pos del empleo cotidiano del CAD.

Cuadro 1. CAD definido para proyectos

Losas interiores acabadas con llana Concreto Exterior sometido Edificios de gran altura

sometidas a tránsito vehicular a congelación y deshielo y ciclos rápidos

y descongelantes

Tolerancia de piso: Tolerancia de la losa: Varía, Tolerancia del piso:

$^3 F_F/35/F_L/30$ pero requiere buen drenaje $^3 F_F/25/F_L/20$

agua / cemento: Contenido de aire: 4.5 a 7.5% Resistencia a la compresión:

0.45 a 0.50 en estado endurecido $^3 21$ MPa en 24 a 48 h y/o

41 MPa en 28 días

Agrietamiento y ondulamiento mínimo agua / cemento: 0.40 o menor Agrietamiento y flujo

plástico mínimos

Resistencia a la abrasión Agrietamiento mínimo ____

de buena a excelente

Resistencia a la flexión Resistencia a la abrasión ____

...³ 5 MPa de buena a excelente

Cuadro 2. Diseño de la mezcla de concreto para

la Estructura Hibernia de Base Gravitacional

Diseño de la mezcla de concreto

Cemento (7.5% de 450 kg/m³

humo de sílice)

Agregado fino 830 kg/m³

Agregado grueso 907 kg/m³

Agua 153 l/m³

Contenido de aire 4 a 7%

Agua / cemento 0.34

Aditivo RAAR

Eucon 37 6.8 l/m³

Aditivo RA

Eucon WR-75 1.5 l/m³

Aditivo inclusor Según se requería

de aire, aire extra

Revenimiento 2.5 cm

(antes de RAAR)

Revenimiento 15 a 23 cm

(después de RAAR)

Resistencia a 28 días ³ 69 MPa

Cuadro 3. Diseño de la mezcla de concreto para la estructura del estacionamiento del Swiss Bank

Diseño de la mezcla de concreto

Cemento 418 kg/m³

Agregado fino

712 kg/m³

Agregado grueso 1,068 kg/m³

Agua 165 l/m³

Aditivo RAAR 913 ml/100 kg

Eucon 37

Aditivo inclusor de Según se requería

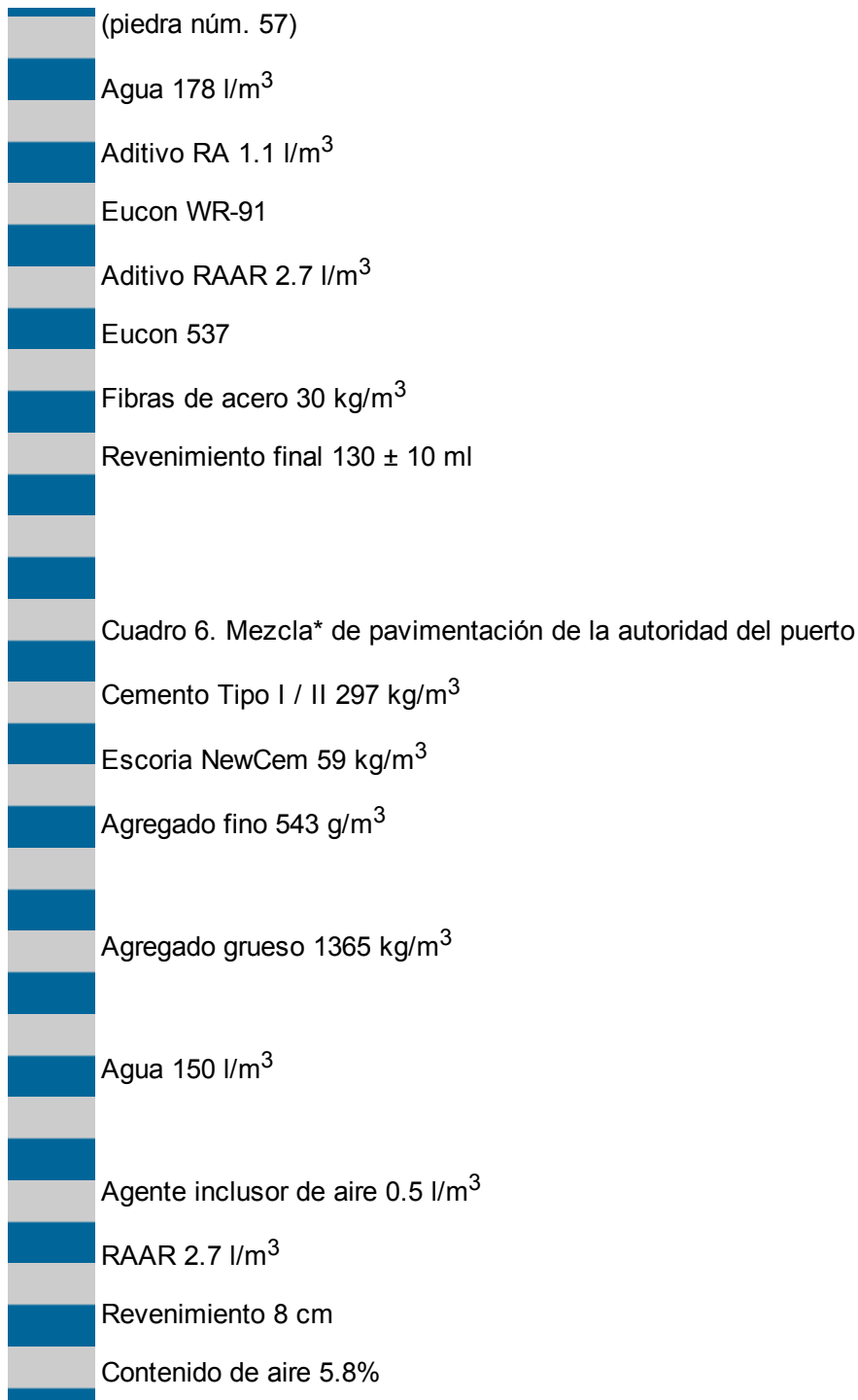
aire AEA-92

Fiberstrand 100 0.6 kg/m³

Eucom MSA 0.6 kg/m³

Agua / cemento 0.38

Cuadro 4. Diseño de la mezcla de concreto para el Centro de



Peso unitario	2,370 kg/m ³
Resistencia a la compresión, MPa	
7 días	40
28 días	49
56 días	55
Resistencia a la flexión, MPa	
7 días	6.5
28 días	8.2
56 días	8.2
* piedra núm.	357

Cuadro 7. Diseño de la mezcla de concreto para Two Liberty Place

Diseño de la mezcla de concreto	
Cemento	446 kg/m ³
Agregado fino	860 kg/m ³
Agregado grueso	1,009 kg/m ³
(piedra núm.)	57)
Agua	163 l/m ³
Aditivo RAAR	522 ml/100 kg de cemento
Eurocon	37

Acelerador no corrosivo 522 a 1565 ml/100 kg de cemento

Accelguard 80 Como se requería

Inicial: 5 a 7.5 cm

Revenimiento Final: 13 a 18 cm

Después de agregar HRWR

en el campo

¹ En inglés High-Range Water-Reducing (HRWR)

² En inglés High Performance Concrete (HPC)

William S. Phelan es miembro del ACI, Vicepresidente Senior de mercadotecnia y servicios técnicos de The Euclid Chemical Co., East Brunswick, NJ

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

Colado del concreto sin vibrar

Larga reología, elevada resistencia a corto plazo, baja relación agua / cemento, gran flexibilidad de aplicación, excelente calidad del paramento, resistencia a los ciclos congelación / descongelación. Para responder a esta letanía de propiedades, a menudo antinómicas, que deben respetar los concretos de hoy día, las empresas utilizan formulaciones complejas que exigen un amplio abanico de aditivos e implican, en cualquier caso, la obligación de una potente vibración para garantizar un óptimo llenado de las cimbras.

Una operación que no siempre es fácil –las cabezas de los vibradores a veces son difíciles de introducir en las estructuras complejas o densamente armadas–, y que produce siempre unos niveles de ruido que hacen del trabajo una tarea pesada. De ahí se desprende una primera "ventaja humana" evidente para este nuevo concepto de concretos denominados "autosituables", puesto a punto y desarrollado por SIKA FRANCE, en colaboración con el Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées (Laboratorio Regional de Caminos, Canales y Puertos) de Montpellier: la supresión total de la obligación de vibrar.

Una formulación adaptada a cada central

El concreto se presenta como una mezcla de muy alta fluidez. El llenado de la cimbra se hace por simple gravedad, sean cuales fueren las formas, dimensiones y la cantidad de refuerzo.

¿El secreto? La utilización de Sika Viscvocrête 3010 SCC, un superplastificante monocomponente a base de polímero de síntesis original, "que actúa sobre la viscofluidez del concreto", explica Marcel Vétois, ingeniero de desarrollo en Sika.

Punto fuerte: este aditivo permite concebir un



Aquí! 

Resumen:

El concreto llamado autosituable, posible hoy gracias a un nuevo aditivo superplastificante que da la oportunidad de utilizar cualquier calidad de agregado local, presenta una serie de ventajas al suprimir la fase de vibración. La simplificación del proceso constructivo, el ahorro de tiempo y la eliminación del ruido se cuentan entre las más importantes.

concreto autosituable a partir de cualquier calidad de agregados locales, sea cual fuere la clase de resistencia específica (se han realizado CHP de 80 MPa (concreto de alto desempeño que alcanza una resistencia de 80 MPa a los 28 días para obras de una autopista en el sur de Francia). Pero cuidado, no se trata de un "polvo mágico" que es suficiente añadir a la mezcla para fabricar el concreto milagroso. La obtención de un concreto autosituable requiere un estudio detallado en cada caso; "cada planta exige una aplicación particular", explica Pascal Duval, uno de los técnicos de la empresa. Principio del procedimiento: "Tomamos cierto volumen de agregados con el fin de efectuar un estudio previo en laboratorio. Una vez terminada la dosificación específica, reajustamos los resultados a pie de obra, en un plazo promedio de 15 días a tres semanas, para consolidar las pruebas".

Control preciso de la higrometría

Brest Béton Service, una modesta unidad bretona (capacidad de 25 mil m³/año), en el oeste de Francia, se arriesgó por primera vez a apostar en este concepto innovador, "mediante ciertas mejoras en nuestras herramientas de fabricación", subraya Michel Kerjean, director de la empresa. "Hemos equipado todas las tolvas con potentes higrómetros, en este caso con sondas de hiperfrecuencias, con el fin de determinar la humedad exacta de los agregados procedentes de las canteras.

También hemos modificado el automatismo para calcular la tasa de higrometría durante el pesaje, con el fin de garantizar una perfecta regularidad de la mezcla, alcanzando una precisión que roza el litro de agua por metro cúbico", prosigue Michel Kerjean.

La apuesta técnica y las correspondientes investigaciones económicas parecen, *a posteriori*, juiciosas, habiendo sido solicitada rápidamente la PYME bretona para el aprovisionamiento de dos

obras importantes de la región: la construcción de un colegio de 600 plazas y la ampliación del Oceanópolis, un parque de diversión consagrado al universo marino. Dos obras que tenían que afrontar exigencias distintas y bien específicas: la calidad del paramento arquitectónico prohibía la utilización de un concreto clásico en la primera, y existía la obligación de moldear unas pantallas de gran altura, "con mucho acero" en la segunda.

Un sobrecosto redituable

Consecuencias: la complejidad arquitectónica de la forma de las fachadas, incompatible con toda estandarización de las cimbras, hacía demasiado costosa una solución de prefabricado tradicional para el edificio escolar, ya que existía el riesgo de segregación en la base y en el nivel de los alféizares, debido a la dificultad de hacer penetrar los vibradores en el seno de una red de armaduras muy densa. Esto, sin contar con la obligación de desmultiplicar las rutas de colado con el fin de garantizar un llenado óptimo de las cimbras.

Este conjunto de exigencias ha sido resuelto recurriendo al concreto autosituable elaborado por BBS. Las ventajas inherentes a la utilización del material han hecho olvidar el sobrecosto inicial de unos 120 FF/m³. Michel Kerjean precisa: "Trabajamos con agregados locales de poca calidad, principalmente con arena. La puesta a punto de la fórmula sería probablemente más simple, y por lo tanto, menos costosa, con materiales de mejores características como los que hay en ciertas regiones".

En cualquier caso, esta desventaja económica inicial parece ampliamente compensada por la facilidad de construcción y la estética de los paramentos obtenidos. Esta última propiedad se traduce en importantes economías en el aplanado. Sin olvidar las ganancias indirectas que generan las operaciones de moldeo más rápidas —esta intervención se reduce a un cuarto de hora en

lugar de las tres o cuatro horas que requiere un concreto tradicional—, al mejorar la rotación de las herramientas de cimbrado y generar economías de difícil evaluación, principalmente, las condiciones de seguridad alcanzadas y, como se ha visto, un trabajo menos penoso. Por otro lado, la eliminación de las molestias por ruido interesa a otro sector del BTP: el de las plantas de prefabricación, en el que algunas unidades del sur de Francia están ya realizando una parte de su producción a partir de concreto autosituable. Cabe destacar que los problemas auditivos resultantes de las operaciones de vibración, a pesar de las protecciones en vigor, son una de las principales enfermedades que se producen en esta profesión.

El empleo de aditivos para mejorar la resistencia química del concreto



La baja permeabilidad es clave

El ataque de los químicos casi siempre ocurre cuando éstos se hallan en solución. Puesto que tales soluciones pueden penetrar profundamente en el concreto, la producción de concreto de alta calidad y baja permeabilidad es la primera línea de defensa. El control del agrietamiento es también una importante medida defensiva para limitar la exposición interna del concreto a los químicos agresivos.

Los aditivos reducen la permeabilidad del concreto de varias maneras; en efecto, pueden:

- permitir el empleo de una menor relación agua/cemento,
- hacer que el concreto se compacte más fácilmente,
- convertir productos solubles de hidratación en insolubles,
- llenar los vacíos dentro de la matriz de la pasta de cemento, y
- reducir la contracción, reduciendo así el potencial de agrietamiento.

El grado en el cual la menor permeabilidad mejora la vida en servicio del concreto en un ambiente de químicos agresivos depende en gran medida del tipo de químicos y su concentración. En la siguiente exposición, trataremos desde las formas más leves de ataque químico hasta las más severas.

Lixiviación

La lixiviación es una forma leve de desarreglo que ocurre cuando el agua disuelve componentes del concreto. El cemento portland hidratado contiene hasta 25 o 30 por ciento de hidróxido de calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, el cual es soluble en agua. Este componente, con mucha probabilidad, será

Resumen:

Los aditivos pueden mejorar significativamente el desempeño del concreto expuesto a químicos agresivos —en un ambiente natural o industrial— en el caso de algunas exposiciones, pero no de todas. Aquí se menciona lo que pueden y lo que no pueden hacer los aditivos para aumentar la resistencia a la lixiviación, a los sulfatos y a los ácidos.

lixiviado desde el concreto. Debido a que el hidróxido de calcio es más soluble en agua fría, el agua que viene de los riachuelos de las montañas o de presas es más agresiva que el agua más caliente.¹

La lixiviación produce una apariencia arenosa en las superficies expuestas de concreto de los revestimientos de canales, alcantarillas o tuberías. Si el agua pasa a través de grietas o juntas, la lixiviación también puede erosionar el concreto interior. En el concreto poroso, con una alta relación agua / cemento, la lixiviación puede remover suficiente hidróxido de calcio para reducir la resistencia del concreto. Sin embargo, generalmente es sólo un problema cosmético.

Los aditivos pueden ayudar a controlar la lixiviación a través de dos mecanismos: reduciendo la permeabilidad y convirtiendo el hidróxido de calcio soluble en hidróxido de silicato de calcio insoluble (CSH). La clase de aditivos que reducen la permeabilidad incluye reductores de agua, superplastificadores y agentes inclusores de aire. Bajo la mayor parte de las condiciones, el empleo de estos aditivos en una proporción adecuada, el concreto bien compactado controla apropiadamente la lixiviación.

Los aditivos tales como el humo de sílice u otros materiales cementantes complementarios con propiedades puzolánicas reducen la permeabilidad y convierten algo del hidróxido de calcio en CSH insoluble. Cuando se espera lixiviación más severa, el costo adicional de un aditivo de humo de sílice puede justificarse.

Ataque de sulfatos

El concreto que está expuesto a sulfatos, usualmente en el suelo o en aguas freáticas, puede desintegrarse en sólo unos cuantos años debido a una reacción física o química, o a ambas. El concreto sometido a suelos secos que contienen sulfatos, no será atacado. Pero puede ocurrir desintegración severa si el concreto inapropiadamente proporcionado es expuesto al agua que contiene sulfatos disueltos, o a alternancia frecuente de mojado y secado por las aguas con sulfatos (véase la foto en la página 541).

En vez de destruir el concreto disolviendo los componentes,

los sulfatos reaccionan químicamente con otros componentes para formar un mineral expansivo que descompone el concreto. Debido a que el hidróxido de calcio es uno de los componentes involucrados en la reacción, la resistencia a los sulfatos puede mejorarse convirtiendo este componente en el CSH químicamente más resistente. Cuando existen frecuentes ciclos de mojado y secado en un ambiente con sulfatos, la desintegración también puede ser causada por el crecimiento de cristales de sales de sulfato, lo cual es un fenómeno físico.² Ya sea que el mecanismo de desintegración sea químico o físico, la permeabilidad reducida mejora las resistencia a los sulfatos no permitiendo la entrada de soluciones de sulfato.

El humo de sílice es muy efectivo para mejorar la resistencia a los sulfatos mediante la conversión del hidróxido de calcio en CSH. Otras puzolanas, tales como la ceniza volante, pueden también mejorar la resistencia a los sulfatos, pero es necesario tomar algunas precauciones. Debido a su bajo contenido de calcio, la ceniza volante de clase F es más efectiva que la ceniza volante de clase C para mejorar la resistencia a los sulfatos. Sin embargo, algunos tipos de ceniza volante de clase F con un alto contenido de alúmina no son efectivos para mejorar la resistencia a los sulfatos. La ceniza volante de clase C con bajo contenido de calcio es con frecuencia efectiva, pero la ceniza volante de clase C con alto contenido de calcio a menudo es ineficaz y puede disminuir la resistencia a los sulfatos. En general, se logran los mejores resultados si la ceniza volante se agrega al concreto en vez de utilizarse como un reemplazo del cemento.¹

Los aditivos inclusores de aire mejoran la resistencia a los sulfatos, principalmente debido a que la inclusión del aire permite una menor relación agua / cemento que disminuye la permeabilidad.³ Por la misma razón, los aditivos reductores de agua también mejoran la resistencia a los sulfatos, permitiendo relaciones de agua / cemento de 0.45 o más bajas, para exposiciones severas, sin sacrificar la trabajabilidad. Conviene evitar el empleo de aditivos reductores de agua que contengan cloruro de calcio, ya que las bajas concentraciones de cloruros disminuyen la resistencia a los sulfatos.¹

Además de utilizar aditivos para incrementar la resistencia a los sulfatos, otras estrategias eficaces incluyen:

- el uso de cemento tipo II o tipo V,
- el uso de cementos con bajo contenido de cal (que contienen menos silicato tricálcico, lo que produce hidróxido de calcio cuando se hidrata, y más silicato dicálcico),
- el incremento del contenido de cemento , y
- a ampliación del periodo de curado para reducir la permeabilidad.

Ataque de ácidos

El concreto de cemento portland no resiste bien los ácidos. Sin embargo, la velocidad con que éstos destruyen el concreto depende de:

- la resistencia a los ácidos y su concentración,
- la temperatura de la solución de ácido,
- las condiciones de exposición –soluciones ácidas estáticas o móviles, y
- la solubilidad de productos reactivos.

Los ácidos sulfúrico, hidroclorhídrico y nítrico son fuertes y altamente agresivos. La agresividad se incrementa al aumentar la concentración y la temperatura del ácido. Las soluciones móviles son más agresivas que las estáticas, debido a que constantemente nuevo ácido llega a estar en contacto con el concreto. Y los ácidos que forman productos solubles reactivos, generalmente son más agresivos que los ácidos que forman productos insolubles de reacción.¹

El ácido ataca al concreto disolviendo los productos de hidratación del cemento o a través de reacciones químicas ácido-base. El hidróxido de calcio, el producto de reacción que se disuelve más rápidamente, es atacado aun por las concentraciones leves o bajas de soluciones de ácido. Los ácidos más fuertes y más concentrados atacan a todos los

hidratos de silicato de calcio.

Puesto que ningún concreto de cemento portland es totalmente inmune al ataque de los ácidos, los aditivos pueden emplearse sólo para disminuir la tasa de deterioro. Los aditivos reductores de agua, incluyendo los superplastificadores, reducen la relación agua / cemento y, por lo tanto, la permeabilidad. Sin embargo, a medida que el concreto se deteriora, nuevas superficies están expuestas al ácido, especialmente cuando los productos de la reacción son solubles. Los ácidos oxálico y fosfórico forman productos de reacción insolubles que no se pueden quitar fácilmente. En el caso de los concretos expuestos a estos ácidos, al reducir la permeabilidad con aditivos tales como reductores de agua o puzolanas se puede incrementar la vida de servicio.

También se ha utilizado humo de sílice para mejorar la resistencia al ataque de los ácidos, convirtiendo el hidróxido de calcio en CSH, y reduciendo la permeabilidad del concreto. En un estudio, dosis de humo de sílice de hasta 30 por ciento en peso del cemento incrementaron la resistencia del concreto a algunos ácidos. Se remojaron alternativamente cilindros de concreto de 7.5 cm de diámetro y 15 cm de alto en una solución de ácido durante varios días. Después se secaron durante siete días antes de volver a sumergirse en una solución fresca.⁴ El criterio de falla fue una pérdida de peso de 25 por ciento. Los cilindros hechos con 30 por ciento de humo de sílice y empapados en una solución al 5 por ciento de ácido acético no habían fallado todavía después de 60 ciclos. Y una dosis de 15 por ciento de humo de sílice fue suficiente para lograr que los cilindros soportaran 50 ciclos en una solución de ácido fórmico de 5 por ciento sin fallas.

Sin embargo, inclusive las grandes dosis de humo de sílice no mejoraron marcadamente la resistencia a los ácidos fuertes. Los cilindros que contenían 25 por ciento de humo de sílice fallaron después de solamente cinco ciclos en un solución de ácido sulfurico de 5 por ciento, y los cilindros con 30 por ciento de humo de sílice soportaron únicamente 32 ciclos en una solución de ácido sulfúrico del 1 por ciento.

Elegir la mejor estrategia de aditivo

Al reducir la permeabilidad del concreto con reductores de agua, puzolanas, o ambos, se incrementa la resistencia al ataque químico. Los aditivos de humo de sílice son particularmente efectivos debido a que a altas tasas de dosificación pueden convertir la mayor parte del hidróxido de calcio en el CSH químicamente más resistente. Sin embargo, en algunas exposiciones químicas, inclusive el concreto con una alta dosificación se deteriora tan rápidamente que la elevada tasa de dosis no proporciona beneficios palpables.

Antes de decidir el empleo de una combinación de aditivos para mejorar la resistencia a los químicos, se sugieren las pruebas en servicio.³ Las pruebas de diferentes combinaciones en instalaciones existentes pueden proporcionar datos que ayudarán a cuantificar los efectos del aditivo en el desempeño. Los datos pueden emplearse después para determinar si algún incremento en la vida de diseño del concreto es lo suficientemente significativo para justificar el costo agregado del aditivo utilizado.

Referencias

1. G.W. DePuy, "Chemical Resistance of Concrete", *Significance of tests and properties of concrete-making materials*, STP 169C, ASTM, West Conshohocken, Pa., 1994, pp. 263-281.
2. W.C.Hanson, "Attack on portland cement concrete by alkali soils and waters –A critical review", *Highway Research Record núm. 113*, Highway Research Board, Washington, D.C., 1966.
3. ACI Committee 201, *Guide to durable concrete*, ACI 201.2R-92, American Concrete Institute, Farmington Hills. Mich., 1992, p. 9.
4. T.A. Durning y M.C. Hicks, "Using microsilica to increase concrete's resistance to aggressive chemicals", *Concrete International*, marzo de 1991, pp. 42-48.

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



De libros, revistas, memorias

Experiencias adquiridas con los análisis técnicos de medición de las máquinas trituradoras

ZKG Internacional, núm. 3, 1998, 12 pp.

El artículo muestra cómo es posible identificar las causas de perturbaciones típicas en las instalaciones de trituración mediante la medición y el análisis de parámetros mecánicos apropiados y qué remedios existen en cada caso. La instalación de un sistema de diagnóstico y control de máquinas constituye, por lo tanto, el complemento razonable de una estrategia preventiva de conservación.

An analysis of the shear strength of recycled aggregates

Margaret M. O'Mahony

Materials and Structures, vol. 30, diciembre de 1997, 8 pp.

Este documento presenta un estudio sobre la resistencia al cortante de agregados reciclados para la utilización de tales materiales como relleno de soporte para estructuras. Se condujeron pruebas en concreto triturado y escombros de demolición, y los resultados se compararon con aquellos de un agregado de caliza.

La corrosión de las armaduras y la vida residual de las estructuras de hormigón

Jesús Rodríguez Santiago, Luis María Ortega Basagoiti, Julio Casal Macías y José Miguel Díez Arenas

Hormigón y acero, núm. 208, 2º. Trimestre de 1998, 16 pp.

Este artículo resume las principales aportaciones del trabajo de investigación desarrollado y proporciona algunas conclusiones prácticas de ayuda en la evaluación de estructuras de hormigón deterioradas cuando lo que se pretende es estimar su vida residual.

Efecto de la sobrerresistencia en la validez de las recomendaciones de diseño sísmico

J.L. Varela, A.G. Ayala y O. López

Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, México, 1997, 10 pp.

En este artículo se comparan y evalúan los



Resumen:

[Cerramientos bioclimáticos para climas cálidos húmedos: la cuarta vivienda](#)

[Reforzamiento con sistemas de fibras de carbono \(CFRP\) para estructuras de concreto y madera / Guías de diseño e instalación](#)

[Efecto de la sobrerresistencia en la validez de las recomendaciones de diseño sísmico](#)

[La corrosión de las armaduras y la vida residual de las estructuras de hormigón](#)

[An analysis of the shear strength of recycled aggregates](#)

[Experiencias adquiridas con los análisis técnicos de medición de las máquinas trituradoras](#)

comportamientos inelásticos de un edificio de concreto reforzado de 17 niveles diseñado de acuerdo con los códigos vigentes del Distrito Federal y del Japón. Por reglamento se estudian dos diseños: uno que considera como resistencias de los elementos estructurales las nominales, y el otro que considera las resistencias "reales" de los elementos estructurales, es decir, incluyéndose la mayoría de las fuentes conocidas de sobrerresistencia. Los resultados obtenidos muestran la importancia de incluir en las fórmulas de diseño de los reglamentos todas las fuentes conocidas de sobrerresistencia.


Reforzamiento con sistemas de fibras de carbono (CFRP) para estructuras de concreto y madera / Guías de diseño e instalación

Santa Fe de Bogotá, Colombia, marzo de 1998, 122 pp
Una estructura puede llegar a requerir en algún momento reforzamiento estructural por alguna de las siguientes razones: incremento de carga, daño de partes estructurales, mejoramiento de la capacidad de servicio, modificación del sistema estructural y errores en planeación o construcción. Existen diferentes métodos de reforzamiento estructural tales como colocación de acero de refuerzo simple, instalación exterior de refuerzo postensado, refuerzo adherido externamente en forma de láminas o platinas, aumento de la sección de concreto con o sin refuerzo adicional (concreto lanzado, concreto colocado convencionalmente o adherido como elemento prefabricado), etcétera. Se debe distinguir si se han de reforzar zonas solicitadas a compresión, tensión o cortante, y si las medidas son necesarias con respecto a su resistencia última, capacidad en condiciones de servicio y / o fatiga. El ingeniero debe encontrar el método más apropiado de reforzamiento de acuerdo con las condiciones de la estructura que requiera ser reparada.

Cerramientos bioclimáticos para climas cálidos húmedos: la cuarta vivienda

Francisco Mustieles, Pablo La Roche y otros
Informes de la Construcción, vol. 49, núm. 453, enero-febrero de 1998, 12 pp.

La minimización del impacto de la radiación solar para lograr la reducción del consumo energético con un mayor bienestar



térmico ha sido uno de los objetivos perseguidos con el desarrollo de una nueva vivienda bioclimática para la región del lago de Maracaibo.



Actualidad profesional

40.jpg (5965 bytes)



2º. Foro Interamericano de Pavimentos de Concreto
Del 2 al 5 de agosto en Río de Janeiro, Brasil
Informes: Associação Brasileira de Cimento Portland
Tel: (55-11) 3760-5405/5404
Fax: (55-11) 3760-5400
<http://www.abcp.org.br>-e-mail:finpavicon@abcp.org.br

Aquí! 

24ª Conferencia sobre Nuestro Mundo en las Estructuras y el
Concreto
Del 24 al 26 de agosto en Singapur
Informes:
Tel: (065) 733-2922
Fax: (065) 235-3530
E-mail: cipremie@singnet.com.sg

Simposio IABSE: Estructuras para el Futuro / La
investigación para la calidad
25 al 27 de agosto en Río de Janeiro, Brasil
Informes: C & M, Congresses and Meetings
Tel.: Int +55-21-286 5924
Fax: Int +55-21-266 4942
E-mail: cm@cxpostal.com.br

2ª. Conferencia Asia-Pacífico: Concreto Reforzado con Fibras
27 y 28 de agosto en Singapur
Informes: Ci-Premier Pte. Ltd.
Tel: 065-733-2922
Fax: 065-235-3530
E-mail: cipremie@singnet.com.sg

IBRACON: 41º. Congreso Brasileño del Concreto
Del 30 de agosto al 3 de septiembre en Sao Paulo, Brasil
Informes: IBRACON
Tel: (55 11) 3767-4106
Fax: (55 11) 869-2149 y 819-1910
<http://www.ibracon.org.br>

E-mail: office@ibracon.org.br

Conferencia Internacional CEMTECH

Del 12 al 14 de septiembre en Londres, Inglaterra

Informes: +44 1306 740363

Fax: +44 1306 740660

E-mail: tradeship@dial.pipex.com

Website: www.cemnet.co.uk

Simposio RILEM sobre concreto autocompactable

Del 13 al 15 de septiembre en Estocolmo, Suecia

Informes: "Self Compacting Concrete"

Fax: +46 8 661 91 25

ISAP '99: 2º. Simposio Internacional sobre la Adhesión entre
Polímeros y Concreto

Del 14 al 17 de septiembre en Dresden, Alemania

Informes: Mrs Ingrid Vacca

Tel.: (+49-711) 34008-52

Fax: (+49-711) 34008-65

E-mail: ingrid.vacca@tae.de

6ª. Conferencia Internacional dedicada al comercio, transporte
y manejo del cemento en EUA, Canadá, Centro y Sudamérica
y el Caribe

7 y 8 de octubre en Nueva Orleans, Estados Unidos

Informes: Intercem Americas, Inglaterra

Tel.: +44-181-669-5222

Fax: +44-181-669 9926

E-mail: info@intercem.co.uk

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

CONPAT '99: V Congreso Iberoamericano de Patología de las
Construcciones y VII Congreso de Control de Calidad

Del 18 al 21 de octubre en Montevideo, Uruguay

Informes: Secretaría del Congreso

Tel.: 598 2 711 0744

Fax: 598 2 711 7435

E-mail: conpat99@fing.edu.uy
