

de la construcción

SEMINARIOS TORROJA sobre TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN Y DE SUS MATERIALES

NUEVA GENERACIÓN DE ADITIVOS PARA HORMIGONES DE ALTA TECNOLOGÍA

Michael Danzinger
Dr. Ciencias Químicas
Director Centro Tecnológico SIKA,
Japón

Juan de Dios Izquierdo Díaz
Químico Industrial
SIKA, España

19 diciembre 2002

La conferencia que se impartió en el Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja" en el pasado mes de diciembre de 2002, se dividió en tres apartados diferenciados:

- (1) Tecnología de aditivos para hormigón: nueva generación de polímeros de alta eficacia;
- (2) Situación del mercado de la construcción en Japón: hormigones de muy altos requisitos; y
- (3) Nueva gama Viscocrete: una visión actualizada para el mercado español.

En el apartado 1 se repasaron las diferentes tecnologías existentes en aditivos para hormigón, incluyendo el desarrollo histórico (desde el año 1930 hasta los años 2000) de la reducción de agua en función de la evolución de los diferentes tipos de aditivos empleados (lignosulfonatos, naftalenos, melaminas, vinílicos y policarboxilatos). Así, en esta parte se repasaron los efectos de los aditivos en su empleo en el hormigón (desde su uso como plastificante o superplastificante, como reductores de agua, y para mantenimiento de su cono), haciendo especial énfasis en las tecnologías de copolímeros vinílicos (que se trata de una tecnología exclusiva de Sika), y, en especial, de la nueva generación de policarboxilatos, con

los que se obtiene una reducción de agua de hasta el 40%, con manejabilidades controladas, prolongadas, desarrollo de resistencia mecánica temprana, posibilidad de trabajo con relaciones agua-cemento muy bajas etc. Esta última generación de superplastificantes está basada en general en copolímeros de base acrilato con cadenas laterales (macromolécula tipo peine), por lo que se produce también un efecto de impedimento estérico, además del de repulsión electrostática del resto de los polímeros empleados en aditivos. Se trata de moléculas complejas con un alto grado de flexibilidad, y comprenden diferentes grupos funcionales y con diferentes longitudes de cadena. Las cadenas laterales de los policarboxilatos son responsables del efecto estérico e interaccionan con el agua, actuando no inmediatamente al contacto del hormigón con el agua, sino progresivamente, haciendo, así, que la actividad del polímero tenga mayor duración. Las tecnologías de diferentes tipos de aditivo se utilizan muchas veces en combinación, según el efecto que se requiera. Los aditivos de base policarboxilato proporcionan los más altos comportamientos para los requisitos de mercados más exigentes y de especialidades. Especialmente interesantes son los aditivos de base policarboxilato modificados con vinílico, por sus óptimas relaciones coste:comportamiento para la mayor parte de los requisitos en hormigón actuales en el mercado español. La elección de la tecnología de aditivo empleada dependerá del efecto deseado en el hormigón: altas resistencias, larga manejabilidad, etc. En el mercado de la construcción japonés se da prioridad a los hormigones de muy altos requisitos. En el mercado español se da prioridad a una óptima relación coste:comportamiento.

En el apartado 2 se presentaron las últimas tecnologías en producción de hormigón que se están empleando en el mercado japonés de la construcción, como son el Hormigón Autocompactable de altas resistencias (SCC High Strength), y la nueva aplicación CFT (Concrete Filled Steel Tubes), basado en el empleo de tubos de acero rellenos de hormigón en las más modernas construcciones de muy altos requisitos. En Japón, los problemas a resolver son: los muy altos precios del suelo, las necesidades de alta velocidad en la construcción, y el permanente peligro de terremotos. Para ello, se desarrollaron los polímeros de base policarboxilato en los años 80, con el objetivo de reemplazar a los de base lignosulfonato. El "SCC High Strength" puede llegar a alcanzar unas resistencias superiores a los 80-100 Newtons/mm². Tanto para estas aplicaciones como para las del CFT se emplean cementos especiales, belíticos, de alta fluidez, y de moderado calor de hidratación. Se mostraron diversos diseños de hormigón y aditivos para cumplir con estos altos requisitos, que permiten su aplicación en estas tecnologías avanzadas de hormigón. La tendencia del mercado en Japón es el reemplazo de los aditivos tradicionales, de gama media o baja, por los nuevos aditivos de base policarboxilato, que permiten conseguir la adecuada viscosidad del hormigón, tiempo de trabajabilidad (Slump Life), uniformidad en sus propiedades y calidad a nivel industrial.

Finalmente, en el apartado 3 se presentaron tres diversos aspectos:

- (a) Mundo del Hormigón Preparado
· Escenario EHE
- (b) Mundo del Hormigón Prefabricado
· Escenario de Productividad

(c) Mundo de la Obra
· Escenario de Velocidad de Construcción

En lo que respecta al apartado a), desde inicios de 2000, la industria se rige bajo el marco de la nueva instrucción de hormigón EHE. Las nuevas reglas de juego fijan: un hormigón tipo según ambiente y aplicación, mínimo contenido de cemento por tipo y máxima relación a/c. Los efectos de la EHE son: mayores contenidos de cemento que en el pasado, grandes dificultades para cumplir a/c con los materiales existentes y aumentos generales de los costos de producción. Los efectos del Viscocrete Serie 30XX son un poderoso poder reductor de agua > 35%, un excepcional mantenimiento de la trabajabilidad 60-90 min., oclusión de aire controlada y retraso de fraguado "cero".

En lo que se refiere al apartado b), en el sector del hormigón prefabricado la productividad es la que manda. La máxima rotación de los moldes es fundamental, una elevada fluidez facilita el rápido rellenado de los moldes y las altas resistencias a edades tempranas facilitan el rápido desmoldeo de las piezas. Los efectos de la productividad son una reducción general de los costos, más piezas a igual tiempo y menos moldes necesarios. Los efectos del Viscocrete Serie 20 son un poderoso poder reductor de agua > 35%, un excepcional poder fluidificante, un mantenimiento adecuado de la trabajabilidad, oclusión de aire controlada y retraso de fraguado "cero".

Como ya hemos apuntado con anterioridad y en relación con el apartado c), desde inicios de 2000, la industria se rige bajo el marco de la nueva instrucción de hormigón EHE. La obra debe terminar en el plazo previsto y nada debe perturbar la velocidad de ejecución. Cualquier problema en el hormigón supone una pérdida de días de trabajo y, consecuentemente, un retraso de obra, lo cual supone un aumento general de los costos de ejecución. Los efectos del Viscocrete Serie 5 son un poderoso poder reductor de agua > 35%, un excepcional poder

fluidificante, un mantenimiento adecuado de la trabajabilidad, oclusión de aire controlada y retraso de fraguado "cero".

Como conclusión a lo dicho respecto al apartado 3, podemos decir que el uso de Viscocrete permite un estricto cumplimiento EHE, cumplir los requisitos constructivos específicos de cada sector y reducciones sensibles en los costes operacionales.

Resulta particularmente interesante el empleo de aditivos de base policarboxilato modificados con vinílicos, que permiten una óptima relación coste: comportamiento para su empleo según los requisitos actuales del mercado español, tal y como demuestran las recientes experiencias acumuladas con estos aditivos en la producción de hormigón en España.

* * *

AMPLIACIÓN DEL ESTADIO DE CHAPIN. INTERACCIÓN ENTRE PROYECTO, EJECUCIÓN, CONTROL Y SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Peter Tanner
Ing. de Caminos, Canales y Puertos

Instituto Eduardo Torroja

Susana Gil Larequi
Ing. de Caminos, Canales y Puertos

Instituto Eduardo Torroja

6 febrero 2003

En términos generales, las estructuras deben cumplir con dos requisitos fundamentales: por un lado deben, con una fiabilidad adecuada, resistir a todas las acciones e influencias a las que previsiblemente puedan estar expuestas durante las fases de su construcción y de su uso y, por otro, deben ser aptas para el uso para el que han sido proyectadas. Para alcanzar estos objetivos se deben desarrollar una serie de actividades interrelacionadas, durante las distintas fases que abarcan desde los estudios previos, el proyecto, y la ejecución, hasta la utilización, la inspección y el mantenimiento de la obra.

El análisis de las causas que están detrás de los daños que se producen en las estructuras demuestra que en la gran mayoría de los casos éstos se deben a errores humanos. Con frecuencia, los daños son atribuibles a una combinación de circunstancias correspondientes a las distintas fases arriba mencionadas. Las estrategias para evitar daños deben, por ello, tener en cuenta la causa principal de los defectos, los errores humanos. Toda esta problemática se trató en la conferencia a través de un ejemplo, la mejora y la ampliación del estadio de Chapín para los Campeonatos Mundiales de Juegos Ecuestres, Jerez 2002.

El estadio existente, una obra puramente funcional sin interés particular, ni arquitectónico, ni estructural, data del año 1988. Sólo la tribuna principal disponía de una cubierta. Las gradas existentes están constituidas por marcos de hormigón *in situ*, separados 6 metros, y por elementos prefabricados de hormigón conformando las plataformas para el público. La extensión del estadio requería la construcción de una nueva cubierta con una pasarela de mantenimiento integrada y de una nueva crujía en todo el perímetro del estadio. También se han reorganizado las vías de acceso para el público añadiendo nuevas escaleras, losas y pasarelas. Asimismo, un centro deportivo y un hotel han sido integrados en el estadio.

Condicionantes

En la mayoría de los edificios, la principal dificultad para el ingeniero estructural consiste en la traducción geométrica de los requisitos arquitectónicos y funcionales en una estructura eficaz. En el presente caso, aparte de estos requisitos que se pueden considerar normales, también era necesario tener en cuenta algunos condicionantes particulares.

– La extensión de la estructura existente implica un cambio importante del sistema estático. Este cambio sugiere la necesidad de una intervención máxima, incluyendo demoliciones de gran alcance con el fin de obtener la necesaria libertad para la adopción de una solución funcional y fiable.

– El estadio tenía que mantenerse en uso durante las obras. Esta condición sugiere la necesidad de una intervención mínima, evitando en la medida de lo posible la demolición de los elementos existentes.

– La inamovible fecha de inauguración también sugiere una intervención mínima, así como la minimización del tiempo de ejecución a través de la selección de los métodos de construcción.

La combinación de todos estos condicionantes contradictorios tiene consecuencias importantes en relación con la selección de los materiales de construcción, la concepción global de la estructura y de los detalles constructivos, así como en relación con los métodos de fabricación y de montaje. Particularmente, el requisito de mantener el estadio en uso durante la construcción resultó ser uno de los requisitos dominantes para la concepción de la ampliación.

Concepción estructural

La estructura de la nueva cubierta está constituida por vigas cajón de acero con una longitud total de 22,8 m y una sección transversal constante (1.400 x 300 mm) en la zona del voladizo (17,75 m). Cada una de estas vigas se apoya en un pilar metálico (biela de compresión) que introduce las reacciones directamente en el marco existente de hormigón armado, y en un elemento traccionado (tirante) conectado con la estructura de la nueva crujía. Esta estructura, concebida como una cercha, también está conectada con la estructura de hormigón. En el caso de succión del viento, se produce una inversión del flujo de las fuerzas, con tracción en el pilar de acero y compresión en el denominado "tirante". El forjado de la nueva crujía es mixto, constituido por chapas grecadas y hormigón *in situ*. Los pancles de la cubierta están apoyados en las vigas principales, salvando una luz de 6 m. De esta manera se evita la disposición de una estructura secundaria, obteniendo una solución extraordinariamente limpia. La estabilidad fuera del plano de los marcos metálicos se alcanza a través de la interacción entre estos mar-

cos y, respectivamente, la pasarela de mantenimiento y los perfiles transversales en los extremos superior e inferior de los denominados tirantes.

La ejecución de taladros pasantes en estructuras de hormigón conlleva el riesgo de dañar algunas de las barras de acero de armar. En el presente caso resulta particularmente importante evitar el debilitamiento de la estructura existente debido al incremento de los efectos de las acciones, inducidos por la nueva cubierta. La introducción de las cargas de la nueva estructura en la estructura existente debería alcanzarse en la medida de lo posible por presión de contacto en las superficies de hormigón y no mediante anclajes instalados a posteriori que requieren la ejecución de taladros. No obstante, las posibles soluciones que estuvieran completamente acordes con este principio hubieran requerido la demolición de una parte de la estructura existente, lo que resultó incompatible con el requisito de mantener el estadio en servicio durante las obras. Por este motivo, a efectos de la transferencia de las fuerzas de la cercha de la nueva crujía al marco de hormigón se optó por el empleo de anclajes instalados a posteriori con resinas epoxi.

Debido al considerable incremento de los efectos de las acciones, por la construcción de la nueva cubierta, se ha tenido que reforzar la estructura existente. Para las situaciones con acciones gravitatorias dominantes, los marcos de hormigón se han reforzado mediante la adherencia de chapas de acero en la cara exterior de los pilares existentes. Para las situaciones en las que la succión del viento resulta dominante, se han adherido láminas de Fibra de Carbono a las caras laterales de las vigas inclinadas de los pórticos, con el fin de alcanzar el nivel de fiabilidad requerido para los nuevos efectos de las acciones. Todas estas soluciones están basadas en el empleo de resinas epoxi y se han preferido a las posibles soluciones alternativas debido a la facilidad de ejecución y la subsiguiente reducción de los tiempos de ejecución y del coste de la mano de obra. Además, también desde el punto de vista estético estas soluciones re-

sultaron preferibles a las posibles alternativas.

Ejecución y algunas lecciones

Durante la ejecución se ha detectado un fallo de adherencia en un gran número de los anclajes instalados a posteriori, así como en las chapas de acero adheridas a los pilares a efectos de su refuerzo. En el seminario se han analizado los motivos que puedan estar detrás de estos fallos. Se demuestra que el origen de los problemas reside en una combinación de circunstancias correspondientes a las distintas fases de proyecto, ejecución y aseguramiento de la calidad, y que la causa principal debe atribuirse a errores humanos, como ocurre a menudo cuando se producen problemas en sistemas técnicos. En este contexto se destacó el efecto nocivo de los cambios de última hora de la definición de la arquitectura, y la necesidad de proyectar soluciones estructurales que sean fáciles de ejecutar y para las que existan métodos fiables de aseguramiento de la calidad. La ejecución se debe llevar a cabo según el proyecto, por personal cualificado. También se insistió en la necesidad de un cambio de enfoque en los métodos de control de calidad. Finalmente, se presentaron las medidas adoptadas para asegurar la fiabilidad estructural durante los Juegos Ecuatres, ya que los fallos mencionados se detectaron muy poco tiempo antes de la inauguración del estadio ampliado.

MODELADO NUMÉRICO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES BAJO LA ACCIÓN DEL FUEGO

João Luiz Calmon Nogueira da Gama
Doctor en Ingeniería Civil
Instituto Eduardo Torroja

Cláudio José da Silva
Ing. de Caminos, Canales y Puertos
Instituto Eduardo Torroja

20 de febrero de 2003

El presente seminario tiene como objetivo principal presentar un modelo (software) interactivo PFEM 2D-T

basado en el método de los elementos finitos (MEF), desarrollado en ambiente Windows y ha sido diseñado para análisis de estructuras de hormigón, metálicas y mixtas bajo la acción del fuego. Dicho software ha sido validado y contrastado a través de casos analizados por otros autores. Luego, ha sido aplicado al estudio de secciones típicas contempladas en el Eurocode 4, usándose para esto curvas normalizadas tiempo-temperatura ISO 834 y parametrizadas (incendio natural). Los estudios han sido aplicados a un pilar de hormigón armado; a una viga mixta sin protección térmica y, para el mismo caso, con protección térmica tipo 'contorno' y tipo 'caja'; al cálculo térmico y mecánico de una losa mixta 'Steel Deck'; y finalmente a la aplicación de los modelos de incendio natural según Eurocode 1 y Pettersson. Se ha observado que los métodos avanzados de cálculo de tem-

peraturas permiten determinar valores más próximos de la realidad, y que hay diferencias importantes entre los resultados encontrados para las temperaturas cuando se emplean métodos avanzados de cálculo (MEF) y métodos simplificados de cálculo (Eurocodes). Tales diferencias llevan a decir que, en general, la norma para los casos analizados es conservadora o muy conservadora.

* * *

PRÓXIMAS FERIAS DE MESSE MÜNCHEN EN CHINA

Messe München es puntera en el campo de las Ferias Internacionales, abriendo mercados donde no los había. Ahora le toca a China donde, desde hace ya algunos años, organiza ferias cada vez de mayor envergadura aprovechando el mercado potencial del inmenso país.

De momento y, por cuanto a sector de la construcción se refiere, tiene previstos los siguientes eventos :

- Electronic Asia (Hong Kong) : 13-16 octubre 2003; octubre 2004; octubre 2005

- Electronic Asia (Shangai) : 12-14 marzo 2003; 16-19 marzo 2004; marzo 2005

- Bauma (Shanghai)-(Equipamiento para construcción) : 16-19 nov. 2004

- Bacón (Singapur)-(Materiales y equipamiento para construcción) : 19-21 nov. 2003; nov. 2005

Messe München se está introduciendo también con mucho éxito en Irán, India y México.

Mayor información: www.imag.de