

de la construcción

SEMINARIOS TORROJA sobre TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN Y DE SUS MATERIALES

APLICACIONES EN OBRAS DEL HORMIGÓN DE ALTAS PRESTACIONES

Guillermo Serrano Sánchez
Ing. de Caminos, Canales y Puertos
Dragados Obras y Proyectos, S. A.
Madrid

9 mayo 2002

El ponente, tras una definición del hormigón de Altas Prestaciones y remarcar las características mecánicas y de durabilidad más destacables de este tipo de hormigones, con sus ensayos más característicos, definió este tipo de hormigones como un hormigón de "Excelentes prestaciones mecánicas, con un buen equilibrio químico, con una baja porosidad, impermeabilidad y una gran compacidad".

Resaltó la importancia de la correcta elección de sus componentes, el diseño de la mezcla, su cuidada ejecución y puesta en obra, sin olvidar la necesidad de un buen sistema de control de calidad del producto y ensayos previos de caracterización del hormigón.

A través de realizaciones de obras en las que el ponente ha participado de forma muy directa, fue remarcando la importancia de cada uno de los pasos dados para la obtención de los resultados deseados.

Partiendo siempre de una baja relación agua/cemento, con distintas tipologías de cementos, aditivos, adiciones activas, áridos, etc., con resistencias siempre superiores de los 70 MP, expuso brevemente realizaciones, tales como: pilotes, traviesas, contenedores de hormigón para residuos de baja y media radiactividad, vigas y dovelas para túneles, todos ellos en el campo del prefabricado.

La segunda parte de la conferencia comenzó explicando la construcción de los 49 tramos de los vanos de acompañamientos, realizados en España por DRAGADOS, del PUENTE DE ÖRESUND, dedicándole especial énfasis a la obtención del hormigón con una durabilidad de "100 años", su control y ensayos "especiales" de durabilidad, dada las condiciones extremas a que está sometido dicho puente, que une Suecia y Dinamarca en el estrecho de ÖRESUND.

Por último, expuso la construcción del dique flotante de Mónaco, que en los días de la ponencia se estaba ultimando; siguiendo el hilo de la conferencia, analizó la consecución de hormigones de Altas Prestaciones muy fluidos y autocompactantes, con cementos de fabricación especial con incorporación de escorias y microsílíce en la fábrica, con resistencia, en todos los casos, superiores a los 78 Mp, enfatizando su puesta en obra en zonas de muy alta densidad de armaduras pasivas y pretensado y, muy especialmente, en la zona de la Rótula.

Finalizó la exposición con una descripción del sistema de transporte y montaje del Dique de Mónaco en el Puerto de la Condamine.

* * *

EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LOS MATERIALES COMPUESTOS A LA CONSTRUCCIÓN

David Revuelta Crespo Dr. Ingeniero Industrial
Instituto Eduardo Torroja
Madrid

15 junio 2002

La durabilidad de estructuras ha sido el gran caballo de batalla que se ha

encontrado el mundo de la construcción en las postrimerías del siglo XX. El desarrollo inicial de los códigos y procedimientos de diseño se basó en requerimientos de resistencia y posteriormente de servicio mediante limitaciones en la deformación, pero no tuvo en cuenta requerimientos de durabilidad. Este hecho ha quedado de manifiesto por la aparición de innumerables problemas de degradación de estructuras, siendo la corrosión uno de los más importantes al ser el acero el material empleado casi en exclusiva para soportar los esfuerzos de tracción, bien en forma de vigas metálicas o bien como armadura embebida dentro del hormigón. Este último sistema ha visto empeorada su vida útil por la degradación del propio hormigón debido a la exposición a ambientes agresivos. El resultado ha sido que gran número de las estructuras construidas durante la primera mitad del siglo XX presenta defectos que han mermado considerablemente las funciones para las que estaban concebidas.

En EE.UU. la Federal Highway Administration (FHWA), consciente del problema, ha llevado a cabo un estudio en el que ha concluido que, de los 580.000 puentes censados en el país, un tercio de los mismos están catalogados como deficientes. Por esta razón ha puesto en marcha varios proyectos de reparación y rehabilitación de las estructuras en mal estado, en los que una de las soluciones que mejor resultados ofrece por ahora es el empleo de materiales compuestos de matriz polimérica con refuerzo de fibra, no sólo por las buenas propiedades resistentes que presentan, sino también porque se espera un mejor comportamiento en el tiempo, solventando muchos de los problemas mencionados de durabilidad. Uno de los motivos por los que la apuesta por los materiales

compuestos es fuerte en los EE.UU. es, entre otros, su mayor resistencia específica, lo que se traduce en que la solución en materiales compuestos es siempre entre un 20% y un 70% más ligera que el acero. Este ahorro en peso lleva asociadas ventajas a la hora de la manipulación, transporte y puesta en obra, así como una reducción de las cargas muertas que permiten diseños más eficientes. Pero indudablemente la mayor ventaja que los materiales compuestos pueden aportar, en principio, es su alta resistencia química ante fenómenos de corrosión y fatiga, lo que permite esperar una mayor durabilidad que los materiales tradicionales. Otras ventajas importantes son la permeabilidad ante las ondas electromagnéticas de ciertos sistemas, como los de vidrio y aramida, o su impermeabilidad y conductividad eléctrica, como los sistemas de fibras de carbono. Este hecho, al que no se prestaba gran atención hace unos años, se ha convertido en un requisito de diseño de la Era de la Información, ya que los equipos de telecomunicaciones han pasado a ser elementos habituales en nuestras vidas. Otra ventaja es la moldeabilidad y libertad de formas que permiten los materiales compuestos, posibilitando la creación de elementos con geometrías complicadas. Desgraciadamente, estas ventajas se ven oscurecidas por el, hasta ahora, elevado coste inicial que presentan las estructuras en este nuevo tipo de materiales, aunque este aspecto va poco a poco solventándose con diseños más eficientes, materias primas más baratas y, sobre todo, con la percepción de que efectivamente la durabilidad de estas estructuras es mayor que las tradicionales.

Otra de las aplicaciones que empieza a estar más extendida es el empleo de barras pultrusionadas como emparrillado de refuerzo para hormigón. De hecho, el American Concrete Institute ya ha publicado la primera guía de diseño para el empleo de barras de fibra de vidrio como refuerzo para hormigón armado, la ACI 440.1R-01. Las barras de fibra de vidrio como refuerzo del hormigón tratan así de superar

los problemas de corrosión del acero que tan graves consecuencias están acarreado. Eso sí, el empleo del vidrio también ha traído sus problemas relacionados, ya que éste se ve atacado por los álcalis del cemento. Las soluciones han venido a través de la química del vidrio, mediante la adición de óxido de zirconio que se ha demostrado frena el ataque por parte de los álcalis, aunque encarece sobremanera el producto, o bien mediante recubrimientos adecuados que aíslan la fibra de la matriz cementicia. Pero la indudable ventaja de la resistencia frente a la corrosión ha hecho que en los EE.UU. las barras de fibra de vidrio empiecen a ser ya usuales en las construcciones costeras, donde obviamente los fenómenos de ataque al acero son mucho más acusados. Otro aspecto importante que ha ayudado al desarrollo de estos sistemas de refuerzo ha sido el comentado de la transparencia magnética. Como ejemplo, en el forjado del suelo de la sala de resonancia magnética del Hospital de Notre-Dame se emplearon barras de fibra de vidrio como refuerzo precisamente para evitar las posibles interferencias con los aparatos de resonancia.

La aplicación quizá más extendida de los materiales compuestos en construcción en todo el mundo ha sido el refuerzo de estructuras deterioradas mediante laminados o tejidos de fibra, especialmente de carbono. Partimos de una estructura de hormigón, generalmente dañada y sometida a esfuerzos de tracción o cortadura. El hormigón se prepara mediante una primera capa que asegura la correcta adherencia de la posterior capa de adhesivo, y sobre el adhesivo se colocan o bien laminados preimpregnados de carbono, o tejidos, según la naturaleza de las cargas a los que esté sometida la zona. Por ejemplo, en vigas sometidas a flexión se emplean bandas unidireccionales en la cara inferior, donde las tensiones son máximas, aunque se tiene la constancia de que la efectividad de estas láminas es reducida si no se refuerza adecuadamente el alma de las vigas a cortadura me-

dante fibras orientadas a 45°. Existen ya numerosos ejemplos de reparación empleando estos sistemas.

Otro campo de la tecnología de refuerzos lo constituye el empleo de fibras cortas para mejorar las propiedades del hormigón. El uso de fibras de tamaño medio, entre 10 y 50 mm, es ya habitual en losas y forjados para evitar la aparición de grietas por los esfuerzos de retracción del hormigón. Las fibras de acero y polipropileno son ya aceptadas como un elemento común de refuerzo del hormigón en determinadas situaciones. Pero la investigación dentro del área sigue en marcha, y se ha comprobado que la disminución del tamaño de la fibra mejora enormemente la resistencia a tracción y la tenacidad de fractura. En estos momentos la FHWA tiene en marcha un proyecto de investigación sobre Hormigón de Ultra-Altas Prestaciones, en el que se emplean fibras de acero de reducido tamaño para mejorar las mencionadas propiedades mecánicas del hormigón.

En cuanto a otros elementos de la construcción, resulta intuitiva la aplicación de materiales con fibra continua en la fabricación de cables. Una de las ventajas de las fibras continuas es que permiten embeber durante los procesos de fabricación fibras ópticas dentro de los haces de fibras resistentes, lo que habilita la monitorización continua del estado tensional del cable.

Como vemos, las aplicaciones de los materiales compuestos empiezan a extenderse en el mundo de la construcción. Sin embargo, no podemos negar que existen todavía muchas barreras que impiden la irrupción de estos materiales como habituales en la edificación y la obra pública. El principal, sin duda alguna, es el elevado coste inicial debido a los elevados precios de la materia prima. Sin embargo muchas veces estos costes son debidos al sobredimensionamiento de los diseños en material compuesto, causado principalmente por la desconfianza del sector en las propiedades de estos materiales y por desconocimiento de las características de resistencia mecáni-

ca y química. Tampoco ayuda el hecho de que la durabilidad, que es uno de los aspectos claves que permite rentabilizar estas estructuras frente a las convencionales, se ha incorporado de forma tardía a los criterios de diseño de la construcción. Otra barrera la constituye la falta de métodos estandarizados de diseño y cálculo de estructuras en materiales compuestos, asociada también a la falta de información, aunque esta desconfianza está muchas veces justificada ya que es cierto que existen muchas lagunas en el conocimiento básico de estos materiales, lo cual impide exponer de forma clara las ventajas de estos materiales sobre los tradicionales. La clave del futuro éxito de las estructuras de material compuesto radicará en el disponer de las herramientas de diseño adecuadas, empezando por las herramientas de cálculo, como el método de los elementos finitos y el análisis computacional, siguiendo por los procesos de fabricación disponibles que permitan ejecutar los diseños proyectados, pasando por los métodos de caracterización de materiales y control, y los criterios de diseño adecuados: solicitaciones, modelos de comportamiento, economía de medios, etc. Muchas de estas herramientas pueden obtenerse a través de la transferencia de tecnología desde otros sectores que ya emplean los materiales compuestos de forma habitual. Pero el conocimiento del material es un campo en el que todavía existen muchas preguntas sin

responder, y es, sin lugar a dudas, la base de las herramientas de diseño mencionadas.

* * *

I CONGRESO IBEROAMERICANO DE CENTROS TECNOLÓGICOS

Valencia, 31 marzo al 1 abril 2003

Convocado por la Federación Española de Entidades de Innovación y Tecnología (FEDIT), esta iniciativa quiere impulsar una política de integración y asentamiento en mercados y redes globales entre Iberoamérica y la Unión Europea.

Información:

Gabinete de Prensa
Reyes Ruiz
Tel: 963 16 32 22
Fax: 963 16 28 01
rruiz@paresconsulting.es

* * *

CEVISAMA 2003

21 Salón Internacional de Cerámica, Recubrimientos para la Construcción, Saneamiento, Grifería, Materias Primas, Fritas, Esmaltes y Maquinaria.

Valencia, 4 al 8 de marzo de 2003

CEVISAMA es el referente y cita obligada de los profesionales de diversos sectores representados, tanto por su

magnitud con más de 166.000 m² netos de exposición como por la calidad, diseño e innovación de los productos expuestos.

CEVISAMA es un punto de encuentro ineludible donde la oferta y la demanda rentabilizan al máximo su presencia, generando un volumen de negocio superior al de cualquier otro evento del sector.

Información:

www.feriavalencia.com/cevisama

* * *

LABORALIA 2003

Valencia, 2 al 5 abril de 2003

La 2ª edición de la feria Integral de la Prevención, Protección, Seguridad y Salud Laboral tendrá lugar en el recinto ferial de Valencia.

La prevención de riesgos laborales, la seguridad y la salud laboral están adquiriendo cada vez un valor más importante en las empresas y está surgiendo una nueva actividad comercial relacionada directamente con estas disciplinas.

Información:

www.feriavalencia.com

* * *