

EMPLEO Y APLICACIONES DE HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS SINTÉTICAS ESTRUCTURALES

*Enrique Pina, Director Técnico de Myphor
Gabriel Sémelas, Gerente del Grupo Semegor*

Introducción

El empleo de hormigón reforzado con fibras se está generalizando en las últimas décadas en el mundo de la construcción. Ya es habitual ejecutar obras de soleras y pavimentaciones industriales, hormigones proyectados para el sostenimiento de túneles y taludes y ejecución de piscinas, **hormigones prefabricados**, etc.

En los últimos años y, gracias a los esfuerzos en investigación de materiales sintéticos apropiados para el refuerzo de hormigón, se han desarrollado en otros países nuevas fibras sintéticas con capacidad de armar estructuralmente el hormigón, permitiendo eliminar mallazos metálicos y disminuir/eliminar armaduras en determinadas condiciones, obteniéndose resistencias residuales a flexo tracción semejantes, así como otras ventajas adicionales desde el punto de vista de control de fisuración por retracción plástica, protección pasiva contra el fuego y durabilidad. En España, no había hasta ahora un desarrollo propio de este tipo de materiales. Tras dos años de I+D+I en el campo de fibras sintéticas estructurales para hormigones y morteros, la empresa Myphor Materiales Especiales ha lanzado al mercado la primera fibra sintética con capacidad estructural desarrollada y fabricada íntegramente en España, con el objetivo de que nuestro país contribuya tecnológicamente en este nuevo avance en el mundo de la construcción. En cualquier caso, debemos continuar y ampliar la labor de investigación y desarrollo realizada hasta ahora para obtener nuevos compuestos y geometrías adaptadas a cada tipo de hormigón, puesto que cada aplicación tiene sus particularidades.

Si bien, con este artículo se pretende dar una visión global de las ventajas y aplicaciones de los hormigones reforzados con fibras sintéticas estructurales, es nuestra intención desarrollar en próximos artículos el análisis concreto por aplicaciones, así como los métodos de ensayo y fórmulas de cálculo, con el objetivo de contribuir a estandarizar su empleo.

¿Qué es un hormigón fibro reforzado?

Según la definición del Anejo 14 de la instrucción EHE08, los hormigones reforzados con fibras (HRF), se definen como aquellos hormigones que incluyen en su composición fibras cortas, discretas y aleatoriamente distribuidas en su masa.

En los últimos años se ha extendido el empleo de micro fibras poliméricas (habitualmente polipropileno) fundamentalmente para mejorar las propiedades del hormigón en cuanto a:

- Fisuración por retracción plástica (principalmente en soleras y elementos con elevada superficie).
- Comportamiento frente al fuego (principalmente en revestimientos de túneles, con el objeto de mejorar la protección pasiva contra el fuego, aunque en un futuro cercano se generalizará en otros campos).

Este tipo de fibras no tienen carácter estructural, ya que no modifican las prestaciones mecánicas del hormigón, aunque su adición junto con otras fibras estructurales, puede producir un efecto sinérgico en cuanto al control de la propagación de las micro fisuras que desembocarán en macro fisuras estructurales.

Por otra parte, las fibras metálicas han contribuido a desarrollar una concepción del HFR desde el punto de vista estructural. Nuevos métodos de ensayo permiten evaluar la capacidad estructural de este tipo de hormigones. Estos ensayos evalúan el aumento de ductilidad de un HFR (resistencias residuales a tracción por flexión, absorción/disipación de energía, etc.).

Con la aparición de las fibras sintéticas (poliméricas) con capacidad estructural (ya contempladas en el Anejo 14 de la Instrucción), se abren nuevas posibilidades. A la posibilidad de ser tenidas en cuenta estructuralmente (al igual que las metálicas), se le unen otras ventajas en comparación con éstas como son:

- Menor dosificación en kilos de fibra/m³ de hormigón.

Dado que la materia prima empleada tiene menor densidad (en algunas ocasiones hasta en relación 8,5/1 en comparación con las metálicas), se pueden incorporar el mismo número de fibras con un peso muy inferior. Operativamente este punto es importante a la hora de la manipulación y adición de las fibras, a la vez que el nulo riesgo de “pinchazos” mejora los parámetros de seguridad en cualquier ejecución.

- Riesgo nulo de oxidación.

Garantizar la continuidad de las propiedades durante la vida útil de una estructura (durabilidad) se ha convertido en uno de los principales objetivos de cualquier construcción.

Las fibras metálicas en un ph alcalino como es el hormigón, mantienen sus propiedades, ya que se impide su oxidación, que provocaría la pérdida de las prestaciones con las que han sido diseñadas. Sin embargo, la oxidación de cualquier fibra metálica se puede producir:

- o Bien en el proceso previo de almacenamiento y distribución.
- o Bien por carbonatación del hormigón, que provoca una disminución del ph y una vía de ataque para cualquier fibra metálica.
- o O bien por la entrada a través de los capilares y/o las micro-fisuras de agua, aire, y otras sustancias que provocan la oxidación de las fibras.

En cualquier caso, los recubrimientos fijados en la normativa para el hormigón armado, que son los que garantizan la durabilidad ó la no oxidación del armado durante la vida útil de la construcción, no se pueden cumplir en un hormigón reforzado con fibras metálicas, ya que la distribución de la fibras es aleatoria.

Las fibras sintéticas no sufren procesos de oxidación y son mucho más estables químicamente frente a todos los tipos de ataque. Las fibras sintéticas, sin ninguna duda, garantizan de manera mucho más efectiva la durabilidad del sistema (mantenimiento de propiedades con respecto a la vida útil). Esta afirmación fue comprobada por el Dr. Stefan Bernard de la universidad de Sydney, que evaluó el comportamiento a largo plazo en términos de durabilidad de muestras fabricadas con fibra metálica y con fibra sintética, sobre las que se forzó una primera fisuración. Las conclusiones fueron demoledoras ya que, mientras que la capacidad de absorción de energía de las muestras con fibra metálica después de un año, se había reducido prácticamente a la mitad, las muestras con fibra sintética mantenían prácticamente el 100% de su capacidad para absorber energía.

¿Cómo y por qué funciona un hormigón fibro reforzado?

Cuando se calcula cualquier estructura en hormigón armado, los cálculos se realizan separando por un lado el armado, que será el que resista los esfuerzos a tracción, flexión, cortante, etc., y por otro lado el hormigón, que es la parte del sistema que resiste los esfuerzos a compresión; posteriormente se comprueba la congruencia conjunta de los cálculos según las fórmulas definidas en la normativa del hormigón estructural.

En el caso de un hormigón fibro reforzado, es el propio hormigón el que soporta tanto los esfuerzos a compresión como los de tracción, flexión etc. Es decir, convertimos un material frágil en un material con cierta ductilidad pero, a diferencia del hormigón armado tradicional, donde la armadura colabora de manera anisótropa (en una ó dos direcciones según el tipo de

estructura), el refuerzo con fibras proporciona un refuerzo mucho más isotrópico (en las tres direcciones), situación especialmente ventajosa en algunas aplicaciones.

Aplicaciones

En un futuro cercano, será habitual el empleo de hormigones fibra reforzados y mixtos (fibras + armado tradicional) para la mayor parte de las aplicaciones. Actualmente, ya se emplean fibras estructurales en las siguientes soluciones constructivas con elementos prefabricados de hormigón:

- Paneles de cerramiento y muros. En los paneles de cerramiento (sobre todo en los de grandes dimensiones), es habitual dejar una armadura perimetral para favorecer el izado de la pieza a edades tempranas, sustituyendo en este caso los mallazos metálicos del panel por fibra en el hormigón.
- piezas arquitectónicas complejas como bancos y escaleras y, en general, **productos de hormigón prefabricado** con fuerte carácter bidimensional ó tridimensional, donde las fibras aportan un refuerzo en las dos/tres dimensiones casi como si de un material isotrópico se tratara, mejorando enormemente la aparición de fisuras y desconchones, así como la resistencia al hielo y sales fundentes de las piezas. Existen ya muchas referencias en losetas de pavimentación, en las que se permite un aumento de sus dimensiones que viene favorecido por la inclusión de fibras estructurales. Esto, unido a que en muchos casos se puede apoyar sobre una cama de arena, en vez de tener que preparar soportes más rígidos, hace que los costes de instalación se reduzcan considerablemente.



¿Cómo se calcula/diseña un hormigón fibra reforzado?

Para los requerimientos de una estructura en cuanto a resistencia a tracción, flexo – tracción, cortante, etc., los cálculos se basan en unos valores estándar del acero a incorporar y las cuantías necesarias.

En el caso de un hormigón fibra – reforzado, los parámetros resistentes no solo dependen de la fibra incorporada, sino también de la inter-actuación entre la fibra y el propio hormigón. Es decir, con la misma cuantía y tipo de fibra, se pueden obtener valores distintos debido a esta inter – actuación. Así, hormigones con áridos redondeados y poca adherencia, hormigones poco compactos ó de granulometrías excesivamente discontinuas, lechadas pobres en cemento ó con relaciones a/c elevadas, etc., pueden dar valores menores que hormigones fabricados con estos parámetros más optimizados, donde la adherencia a la pasta y el comportamiento en general es mejor.

Es por esto que para el cálculo de hormigones fibro – reforzados, deben hacerse ensayos previos en la mayoría de los casos. Con los ensayos que nos aporten las resistencias a flexo – tracción, tanto máxima como residuales FR1 y FR3, se pueden realizar los cálculos necesarios para poder diseñar la estructura. La metodología de ensayos y cálculos queda reflejada en el anejo 14 de la instrucción EHE 08.

Cuando se buscan propiedades concretas, como es el caso de los hormigones proyectados, donde uno de los requerimientos fundamentales es la capacidad de absorción/disipación de energía transmitida por el terreno al sostenimiento, se realizan ensayos específicos para estas aplicaciones, normalmente basados en paneles EFNARC de 60 x 60 x 10 cm, en paneles circulares (RDP) de 80 cm de diámetro por 7,5 cm de espesor, ó ensayos mas novedosos y a la vez mas sencillos, congruentes, fiables y baratos como es el Ensayo Barcelona de doble punzonamiento desarrollado en la Universidad Politécnica de Barcelona.



Carga primera fisura :	68,7 kN	Energía absorbida a 25 mm	1546,9 J
Carga máxima aplicada :	80,0 kN		

En próximos artículos desarrollaremos las distintas aplicaciones, atendiendo no solo a las ventajas en el empleo de hormigones fibro reforzados, sino también a los problemas operativos que pueden surgir, y cómo solucionarlos.