

HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO *

Introducción

El hormigón armado con fibras es el hormigón formado por un conglomerado hidráulico, generalmente cemento Portland, áridos finos y gruesos, agua y fibras discontinuas y discretas. La proporción adecuada de estas fibras es la que aporta al hormigón un mayor o menor refuerzo, que se traduce en una mejora en sus características de tenacidad, control de fisuración y resistencia a flexotracción.

Para que este añadido tenga valor, debe producirse adherencia entre la masa del hormigón y la fibra añadida, de forma que se genere una mezcla con distribución uniforme que convierta al hormigón en un material dúctil que reduzca su fisuración. La inmersión de la fibra hace que ésta soporte parte de las tensiones internas generadas por las cargas.

En este informe se va a tratar exclusivamente la incorporación de fibras de acero, actualmente las más empleadas en nuestro campo de actuación: las soleras industriales.

Fibra de acero.

El módulo de elasticidad del acero es diez veces mayor que el del hormigón., su adherencia es bastante buena, su deformación en rotura es elevada y son fáciles de mezclar.

Su forma es de alambre, rectas o conformadas (en toda su longitud o en sus extremos), con diámetros que oscilan entre 0,25 y 1,1 mm, y longitudes entre 10 y 75 mm. Una propiedad que se ha comprobado muy influyente es la de su esbeltez (relación entre longitud y diámetro).

Aunque estas fibras son susceptibles de oxidarse si se encuentran cerca de la superficie de la pieza, la experiencia indica que ello sólo puede afectar a la estética, pero no a la resistencia.

Los procesos de fabricación que se desarrollan para obtener las fibras de acero son el trefilado en frío, el corte de láminas o el rascado en caliente de bloques de acero.

Actualmente se comercializan bien en paquetes de fibras sueltas o en peines encolados, siendo este último caso muy favorable para la mezcla homogénea en la masa del hormigón.

** Este informe ha sido elaborado a partir de distintos materiales técnicos universitarios, entre los que se encuentran el artículo "Hormigón con la incorporación de fibras" de D. Fernando Rodríguez López y D. Diego Prado Pérez-Seoane, publicado en la Revista de Obras Públicas, o la tesina de D. Sergio Saludes Requena titulada "Ensayo de Doble Punzonamiento aplicado al Hormigón Reforzado con Fibras".*

Aporte de fibras

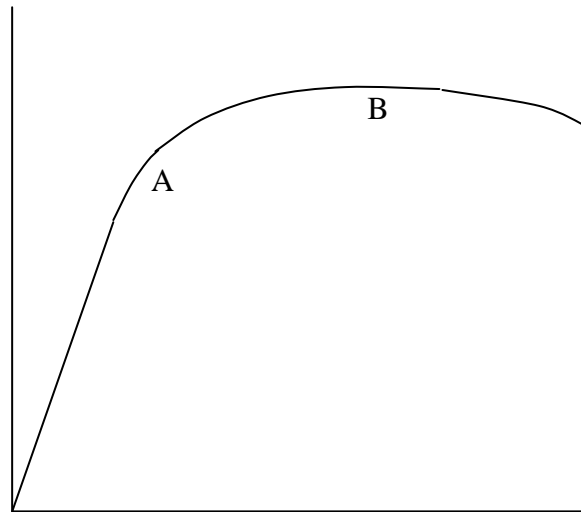
La adición de fibras de acero al hormigón proporciona las siguientes características:

- Las fibras de acero cosen las fisuras del hormigón formando un “puente” entre los áridos gruesos, permitiendo una formación controlada de las fisuras, y llevando al hormigón a un comportamiento dúctil después de la fisuración inicial, evitando así la fractura frágil.
- Incremento de la resistencia a la abrasión debido a una reducción de la fisuración.
- Provee una excelente resistencia a la corrosión, ya que controla la abertura de las fisuras y por consiguiente la entrada de agua.
- Mejora la resistencia a tracción, flexión y corte, produciendo un aumento de la capacidad portante.
- Proporciona una capacidad adicional de resistencia, debido a la redistribución del momento plástico en caso de solicitaciones localizadas.
- Logra alta resiliencia (capacidad de absorción de energía en el impacto) y resistencia al impacto para solicitaciones dinámicas.
- Provee un refuerzo uniforme en las tres direcciones, convirtiéndolo en un material isótropo y homogéneo, con igual rendimiento en todas las direcciones.
- Debido a las características isotrópicas y a la repartición uniforme de fibras en toda la estructura, es ideal para cargas sin punto de aplicación definida.
- Permite ahorros de material ya que por ejemplo para pavimentos proyectados con hormigón reforzado con fibras, los espesores pueden disminuirse conservando las mismas propiedades.

Cabe decir que, en contrapartida a las ventajas que produce la adición de fibras en el material endurecido, su inclusión en la masa de hormigón fresco reduce su trabajabilidad, efecto parcialmente paliado por los aditivos químicos. Otros aspectos a los que también se les debe prestar una especial atención son la posible alteración de las fibras durante el mezclado, la orientación final de las mismas, conseguir una adecuada compacidad y el acabado de las superficies.

Comportamiento mecánico del hormigón armado con fibras

Cuando una pieza de hormigón armado con fibras es sometida a flexión se observan dos tipos de comportamiento en la curva de tensión-deformación:



Hasta el punto A se puede considerar que existe proporcionalidad entre la carga aplicada y la deformación originada, aplicando incrementos sucesivos de carga. A este punto se le denomina “tensión de primera fisura” o “límite elástico”. Posteriormente aparece un nuevo punto B a partir del cual se produce una caída en la tensión. A este punto B se le denomina “tensión de rotura” o “resistencia final”.

En el hormigón convencional, una vez fisurada la zona en tracción se produce la rotura de la pieza.

Antes de llegar a la tensión de primera fisura se puede suponer un comportamiento elástico, tanto para el hormigón como para las fibras; ya que el módulo de elasticidad de las fibras es mayor que el del hormigón (10 veces en el caso de fibras de acero), el incremento de volumen de fibras aumenta el límite elástico del compuesto. No obstante, este efecto es menor que en el caso de hormigón armado convencional para el mismo volumen de acero y fibras uniformemente distribuidas.

Una vez sobrepasado el límite elástico, la curva tensión-deformación deja de ser lineal, alcanzando un máximo en el punto B. El fallo se produce generalmente por arrancamiento de las fibras, sin que éstas lleguen a alcanzar su tensión de rotura salvo

en aquellos casos en que se mejora la adherencia de las fibras, con lo que algunas pueden llegar a la rotura.

Después de la carga máxima, la disminución de tensiones con el incremento de las deformaciones es mucho menor en el hormigón armado con fibras que en el convencional y, por tanto, la energía absorbida antes de la rotura completa de la pieza ensayada es mucho mayor en el hormigón de fibras que en uno convencional, dependiendo esta diferencia del volumen de fibras empleado.

Se produce, además, un importante aumento de la tenacidad, que se pone de manifiesto en la menor pendiente de la curva tensión-deformación del hormigón de fibras respecto al convencional.

En las proximidades de la máxima carga de flexión, parte de la sección transversal de la pieza se agrieta y algunas de las fibras pueden sufrir deslizamientos parciales, dependiendo su cuantía, entre otras cosas, de que se haya mejorado por algún sistema la adherencia de las fibras. Por ello, no es posible predecir racionalmente la carga de rotura del hormigón con fibras; sin embargo, basándose en los resultados experimentales y en las teorías de composición pueden lograrse aproximaciones empíricas.

Los factores que tienen mayor influencia en la carga máxima son el **porcentaje en volumen** de fibras y el **aspecto (esbeltez)** de las mismas.

Se define la **tenacidad** como la energía absorbida para producir la separación completa de la pieza. Está representada por el área de la curva de tensión-deformación. También se puede medir mediante ensayos de impacto. La adición de fibras al hormigón aumenta hasta el doble la tenacidad del hormigón.

La incorporación de fibras no afecta de manera significativa a la resistencia a la compresión.

Otros factores que afectan a la resistencia a flexión del hormigón reforzado con fibras son la orientación de las fibras y la adherencia de las fibras a la matriz (mucho árido grueso disminuye la adherencia).