

DATOS COMPARATIVOS FIBER PLUS VS FIBRAS METÁLICAS

1. Factores que definen la capacidad de absorción de energía de un hormigón proyectado fibro - reforzado.

Hay innumerables factores y condicionantes que afectan a la capacidad de absorción de energía, es decir, de incrementar la ductilidad de un hormigón proyectado. Factores de ejecución (proyección/compactación, irregularidades del soporte/espesor, etc.), tipo de hormigón (relación a/c, contenido y tipo de cemento, tipo de áridos, etc.), tipo de fibras (tipo de materia prima, dotación, longitud, sección ó diámetro equivalente, resistencia a tracción/adherencia al conglomerado, etc). Dado que el análisis comparativo es multi - variable, en el presente informe se tendrá en cuenta únicamente las fibras y sus propiedades para analizar la influencia sobre la ductilidad.

Los principales factores a analizar en lo que respecta a las fibras son:

- **Dotación de fibras:** El número de fibras por m³ de hormigón a igualdad del resto de variables, define la capacidad de absorción de energía. Es decir, a mayor contenido de fibras (para el resto de variables inalteradas), mayor ductilidad y mayor capacidad de absorción de energía.
- **Resistencia a tracción/adherencia:** La rotura del sistema fibro - reforzado se produce, bien por extracción (pérdida de adherencia), bien por rotura de la fibra. Mucha resistencia a tracción nunca implicará mejora de absorción de energía si no está en consonancia con la adherencia. Se podría decir que la capacidad adherente al conglomerante es más importante que la resistencia a tracción de la fibra, siempre y cuando se cumplan unos mínimos.
- **Longitud y geometría:** La longitud de la fibra influye en el comportamiento dinámico del hormigón fibro - reforzado. Mayores longitudes mejoran el comportamiento frente a solicitaciones permanentes ó prolongadas (redistribución de tensiones y convergencia del terreno), mientras que menores longitudes mejoran el comportamiento frente a solicitaciones instantáneas (golpes, impactos,

etc.). Lo ideal es llegar a un compromiso entre ambos tipos de sollicitaciones, teniendo en cuenta que la longitud debe ser coherente con el sistema de ejecución y caso particular (espesor de ejecución, tamaño máximo de árido, facilidad operativa de los procesos de bombeo ó proyección, etc.).

2. Datos comparativos y comentarios.

2.1 Resistencia a tracción

Las fibras metálicas, dependiendo de la procedencia (tipo I procedente de hilo como semielaborado ó tipo II procedente de corte de chapa laminada) y dependiendo del proceso de conformado, pueden tener una resistencia a tracción de entre 1.100 – 300 MPa. El polipropileno tiene una resistencia a tracción de entre 300 y 400 MPa. Siendo su resistencia a tracción inferior, las fibras de polipropileno basan la capacidad de refuerzo en la interacción (adherencia) con el conglomerante.

2.2 Dotación de fibras

A igualdad de tamaño de fibra, el número de fibras de polipropileno por kilo es muy superior al número de fibras metálicas, puesto que la relación de densidades es del orden de 8,5:1 (7,85 gr/cm³ frente a 0,91 gr/cm³). Cuando la rotura por tracción del sistema fibra – reforzado se produce por “pull-out” (pérdida de adherencia), la cantidad de fibras influye en la proximidad entre ellas y en la redistribución de tensiones, así como en la superficie total de contacto.

2.3 Forma y tamaño.

La forma y el tamaño no dependen del tipo de material sino del proceso de elaboración. En general, y a igualdad de otros parámetros, las fibras de sección circular siempre tendrán menor adherencia por tener menor superficie de contacto, siendo necesario mejorar su geometría superficial (fibras corrugadas, diseño de extremos para mejorar su capacidad de anclaje, etc.).

2.4 Adherencia.

La capacidad adherente de las fibras al conglomerante empleado es un parámetro fundamental en la respuesta del hormigón fibro – reforzado. En las fibras metálicas, la mejora de adherencia se basa en la forma y geometría superficial de la misma. En las fibras sintéticas, además de forma y geometría, la adherencia se puede mejorar con tratamientos químicos superficiales que mejoren el anclaje fibra/matriz cementante.

2.5 Durabilidad.

Garantizar la continuidad de las propiedades durante la vida útil de una estructura 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 propiedades con las que han sido diseñadas.

Sin embargo, la oxidación de cualquier fibra metálica se puede producir:

- Bien en el proceso previo de almacenamiento y distribución.
- Bien por carbonatación del hormigón, que provoca una disminución del ph y una vía de ataque para cualquier fibra metálica.
- Bien por la entrada a través de las micro-fisuras de agua y aire, que provoca 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 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 de polipropileno no sufren procesos de oxidación y son mucho más estables químicamente frente a todos los tipos de ataque.

Las fibras de polipropileno, 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. 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.



Fibra Sintética
98% de absorción de
Energía después de un año



Fibra Metálica
54% de absorción de
Energía después de un año

3. Ventajas de la fibra de polipropileno frente a la metálica.

En general, y siempre que se comprueben las exigencias mínimas del sistema mediante ensayos normalizados, las fibras de polipropileno tipo **FIBER PLUS** no tienen ninguna desventaja y sí muchas ventajas técnicas.

3.1 Ventaja por durabilidad.

La mayor estabilidad frente a cualquier ataque ó proceso químico es la mayor ventaja que aporta la fibra de polipropileno frente a la metálica. Si se produce un proceso de carbonatación en el hormigón ó si hay fibras distribuidas superficialmente, la fibra metálica se oxidará, aumentará de volumen, perderá adherencia y el conjunto fibro – reforzado no mantendrá sus propiedades con

el tiempo. Esto no ocurrirá con un sistema reforzado con fibras tipo **FIBER PLUS**.

1.2 Ventaja por resistencia pasiva frente al fuego.

En caso de incendio, las temperaturas que se alcanzan provocan la transformación del agua de constitución del hormigón en vapor. Las tensiones generadas por este proceso, producen la fisuración y rotura del sistema, que no es capaz de evacuar estas tensiones. El fenómeno de spalling, ó desconchado superficial, es habitual en casos de incendio en túneles, pudiendo llegarse a la rotura explosiva. Este proceso se puede reducir con la adición de fibras de polipropileno, ya que las fibras se licuan, produciendo zonas de relajación de tensiones internas. Las fibras metálicas no solo no mejoran este proceso, sino que lo pueden agravar debido a la diferencia de retracciones térmicas entre el material metálico y el hormigón por tener diferentes coeficientes de dilatación.

En abril del 2001, la Junta de Carreteras de Japón encargó a la Corporación Krosaki Harima la investigación de la exfoliación de hormigón reforzado con fibras, para suministrar información técnica relacionada con el deterioro de revestimiento de túneles durante un incendio.

El método de prueba, desarrollado en Holanda, involucró la exposición de los paneles al régimen del fuego RWS con temperaturas de 1350°C durante dos horas.

Se hicieron los paneles con hormigón de 32 MPa y con dimensiones de 1,0 x 1,0 x 0,3 m para simular secciones del revestimiento de túnel.

Se instalaron termoelectrónicos (según JIS C1602) en la superficie de cada panel,

a 50 mm de profundidad, a 100 mm de profundidad y en la parte trasera para obtener datos del perfil de temperatura durante las dos horas de exposición.

Las muestras de hormigón reforzado con fibras sintéticas demostraron temperaturas menores en todas las profundidades y en consecuencia sufrieron menos desgastes causados por la exfoliación explosiva comparado con el hormigón sin refuerzo o reforzado con fibra de acero.

Teóricamente, al derretirse las fibras sintéticas, crean canales en el hormigón para dejar escapar los vapores expansivos, dejando así intacta una mayor profundidad de hormigón.



DAÑO CAUSADO POR ELFUEGO EN HORMIGÓN SIN REFUERZO
– 108 mm de exfoliación



DAÑO CAUSADO POR ELFUEGO EN HORMIGÓN CON FIBRA SINTÉTICA
– 36 mm de exfoliación



DAÑO CAUSADO POR ELFUEGO EN HORMIGÓN CON FIBRA METÁLICA
– 118 mm de exfoliación

1.3 Ventaja por operatividad.

Las fibras de polipropileno no necesitan estar estocadas en condiciones especiales, puesto que no sufren procesos de oxidación. Al ser su dotación en kilos/m³ de hormigón menor, simplifican los procesos de adición. Pueden dosificarse de manera directa en bolsas autosolubles.

La manipulación es más sencilla, puesto que no “pinchan”. Desde el punto de vista de seguridad, las fibras de polipropileno son más seguras.