

Normas y ensayos del HRFV

El hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV o HRV) es un material compuesto consistente en una mezcla de cemento y áridos finos reforzada con fibras de vidrio resistentes a los álcalis. El HRFV tiene normalmente una sección transversal relativamente delgada (12 mm de grosor mínimo), dependiendo de la aplicación, y por tanto los ensayos que se realizan para medir el rendimiento y garantizar una calidad constante son distintos de los que se llevan a cabo con el hormigón prefabricado. Mientras que el hormigón prefabricado se suele caracterizar por su resistencia a la compresión, que se mide en ensayos realizados con piezas cúbicas del material, las propiedades del HRFV se miden por la resistencia a la flexión de muestras de poco grosor, en las que el aporte de las fibras de refuerzo al rendimiento del material resulta evidente.

NEIL SPARROW
DIRECTOR, GRCA

Desde sus orígenes, el sector del HRFV se ha esforzado por promover una cultura de control de calidad y ensayos rutinarios. Se fueron creando una serie de normas y ensayos en seco y en mojado que llevan utilizándose durante mucho tiempo.

Uno de los ensayos más importantes es el de resistencia a la flexión, también conocido como "prueba de flexión" o "prueba de MOR/LOP". Este es un ensayo imprescindible que se debe llevar a cabo con la frecuencia estipulada. La Asociación Internacional del Hormigón Reforzado (GRCA) recomienda realizar los ensayos, como mínimo, una vez por semana con HRFV vertido y dos veces por semana con HRFV rociado, pero a menudo se realizan con más frecuencia. Lo ideal es llevar a cabo los ensayos en cupones cortados de los mismos componentes de HRFV, pero si esto no resulta práctico normalmente es aceptable realizarlos en cupones de HRFV cortados de planchas de prueba, utilizando equipo de ensayo desarrollado especialmente para determinar los valores de límite de proporcionalidad (LOP) y de módulo de ruptura (MOR).

La Asociación Internacional del Hormigón Reforzado (GRCA) ha elaborado y publicado una serie de documentos técnicos, entre los que figuran las "Especificaciones para la fabricación, curado y ensayo de productos de hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV)" (1) y los "Métodos de ensayo del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV)" (2) de la GRCA, que



Esta es la segunda de una serie de notas técnicas que se ocupan de diversos aspectos de la tecnología del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV/HRV).



están disponibles para consultar en cualquier momento. Además, la GRCA cuenta con un Registro de Miembros Titulares fabricantes de HRFV, en el que las empresas participantes han demostrado a la Asociación que disponen de los procedimientos, la maquinaria y el equipo necesarios para cumplir los requisitos específicos de esta categoría de pertenencia a la GRCA.

Todos los miembros de la GRCA tienen la obligación de cumplir las "Especificaciones" (1) y los "Métodos de ensayo" (2) de la Asociación como condición de su pertenencia a la misma, y en época reciente se han publicado varias normas internacionales relativas a los principales métodos de ensayo, y que se enumeran a continuación.

Normas actuales británicas o europeas relativas al HRFV:

- BS EN 1169 (3)
- BS EN 1170 (4)
- BS EN 14649 (5)
- BS EN 15191 (6)
- BS EN 15422 (7)

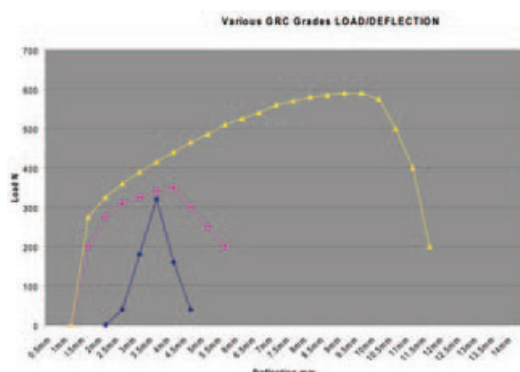


Figura 1, arriba:
Máquina de ensayos.

Figura 2, izquierda:
Curvas típicas de carga/deformación del HRFV en ensayos de flexión.



Figura 3, izquierda: Medición de las dimensiones de los cupones.

Figura 4, derecha: Cupón de HRFV en montaje de cuatro puntos.

Normas actuales estadounidenses relativas al HRFV/HRV:

Elaborada por el subcomité de la ASTM C27.40 – Hormigón reforzado con fibras de vidrio:

- C947-03 (8)
- C948-81 (9)
- C1228-96 (10)
- C1229-94 (11)
- C1230-96 (12)
- C1560-03 (13)

Las fotografías ilustran los ensayos de flexión de los cupones de HRFV, que hacen referencia a los "Métodos de ensayo del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV)" (2) de la GRCA y la norma BS EN 1170-5 (4). Se puede utilizar una máquina de ensayos patentada (figura 1) con la muestra o cupón de HRFV (normalmente de 50 x 10 mm de grosor y un ancho de 250 mm) sujeto en un montaje especial de cuatro puntos para ensayos de flexión (figura 3). Se aplica una carga y se registra la deformación para trazar una curva de carga/deformación del comportamiento.

La figura 2 muestra la forma de las curvas para distintos grados de HRFV.

Analizando los resultados de la prueba, que en la actualidad se realiza normalmente de forma asistida mediante software, y midiendo (fig. 4) las dimensiones exactas de la muestra, se determinan el límite elástico (límite de proporcionalidad, o LOP) y la resistencia final a la flexión (módulo de ruptura, o MOR). Además, se puede determinar el módulo de Young correspondiente a la región elástica inicial del comportamiento, así como la flexión hasta la rotura.

Conclusiones:

Estas normas y métodos de ensayo son la base para la correcta especificación de los productos de HRFV. Las "Especificaciones para la fabricación, curado y ensayo de productos de hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV)" (1) de la GRCA ofrecen asesoramiento sobre los valores de especificación, y los "Métodos de ensayo del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV)" (2) de la GRCA, sobre métodos de ensayo. En el caso del HRFV rociado, los requisitos de especificación típicos son un valor MOR característico de 18 MPa y un valor LOP característico de 7 MPa; en el caso del HRFV vertido, los requisitos de especificación típicos son unos valores MOR de 10 MPa u 8 MPa con valores LOP correspondientes de 6 MPa y 5 MPa respectivamente. La larga experiencia ha determinado que estos niveles hacen posible una fabricación y un material de buena calidad, y a su vez proporcionan una base para realizar los cálculos de diseño con confianza.

Referencias:

1. ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DEL HORMIGÓN REFORZADO (GRCA): "Especificaciones para la fabricación, curado y ensayo de productos de hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV)". GRCA, 2017.
2. ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE VIDRIO (GRCA): "Métodos de ensayo del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV)". GRCA, 2017.
3. INSTITUTO BRITÁNICO DE NORMALIZACIÓN (BSI). BS EN 1169. Productos prefabricados de hormigón: Reglas generales para el control de la producción en fábricas de productos de cemento reforzado con fibras de vidrio. BSI, 1999.
4. INSTITUTO BRITÁNICO DE NORMALIZACIÓN (BSI). BS EN 1170. Productos prefabricados de hormigón: Método de ensayo para el hormigón reforzado con fibras de vidrio
 - 1.ª parte: Medición de la consistencia del mortero. Método del ensayo de asentamiento. BSI, 1998.
 - 2.ª parte: Cómo medir el contenido de fibras del HRFV fresco. "Prueba de lavado". BSI, 1998.
 - 3.ª parte: Cómo medir el contenido de fibras del HRFV rociado. BSI, 1998.
 - 4.ª parte: Cómo medir la resistencia a la flexión. Método de ensayo de flexión simplificado. BSI, 1998.
 - 5.ª parte: Cómo medir la resistencia a la flexión: "Método de ensayo de flexión completo". BSI, 1998.
 - 6.ª parte: Cómo determinar la absorción de agua por inmersión y la densidad seca. BSI, 1998.
 - 7.ª parte: Cómo medir extremos de variaciones dimensionales debidas al contenido de humedad. BSI, 1998.
 - 8.ª parte: Ensayo cíclico de envejecimiento a la intemperie. BSI, 2008.
5. INSTITUTO BRITÁNICO DE NORMALIZACIÓN (BSI). BS EN 14649. Productos prefabricados de hormigón: Método de ensayo para la determinación de la resistencia remanente de las fibras de vidrio en el cemento y el hormigón (ensayo SIC). BSI, 2005.
6. INSTITUTO BRITÁNICO DE NORMALIZACIÓN (BSI). BS EN 15191. Productos prefabricados de hormigón: Clasificación del rendimiento del hormigón reforzado con fibras de vidrio. BSI, 2009.
7. INSTITUTO BRITÁNICO DE NORMALIZACIÓN (BSI). BS EN 15422. Productos prefabricados de hormigón: Especificaciones de fibras de vidrio para el refuerzo de morteros y hormigones. BSI, 2008.
8. SOCIEDAD ESTADOUNIDENSE DE ENSAYOS Y MATERIALES. ASTM C947-03 (2016). Método de ensayo normalizado de las propiedades de flexión del hormigón reforzado con fibras de vidrio de bajo espesor (mediante viga sencilla con carga a tres puntos). ASTM, EE. UU., 2016.
9. SOCIEDAD ESTADOUNIDENSE DE ENSAYOS Y MATERIALES. ASTM C948-81 (2016). Método de ensayo normalizado de la densidad aparente en mojado, absorción de agua y la porosidad aparente del hormigón reforzado con fibras de vidrio de bajo espesor. ASTM, EE. UU., 2016.
10. SOCIEDAD ESTADOUNIDENSE DE ENSAYOS Y MATERIALES. ASTM C1228-96 (2015). Práctica normalizada para la preparación de cupones para ensayos de flexión y lavado del hormigón reforzado con fibras de vidrio. ASTM, EE. UU., 2015.
11. SOCIEDAD ESTADOUNIDENSE DE ENSAYOS Y MATERIALES. ASTM C1229-94 (2015). Método de ensayo normalizado para determinar el contenido de fibra del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV) (prueba de lavado). ASTM, EE. UU., 2015.
12. SOCIEDAD ESTADOUNIDENSE DE ENSAYOS Y MATERIALES. ASTM C1230-96 (2015). Método de ensayo normalizado para realizar ensayos de tracción de las zonas de conexión del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV). ASTM, EE. UU., 2015.
13. SOCIEDAD ESTADOUNIDENSE DE ENSAYOS Y MATERIALES. ASTM C1560-03 (2016). Método de ensayo normalizado del envejecimiento acelerado por agua caliente de los compuestos con base de cemento reforzados con fibras de vidrio. ASTM, EE. UU., 2016.