

CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS Y CONCRETO LANZADO:

Nuevos métodos de ensaye

(Primera parte)

M. Eng. M.Sc. Alessandro D'Amico
(Director de CONTROLS)

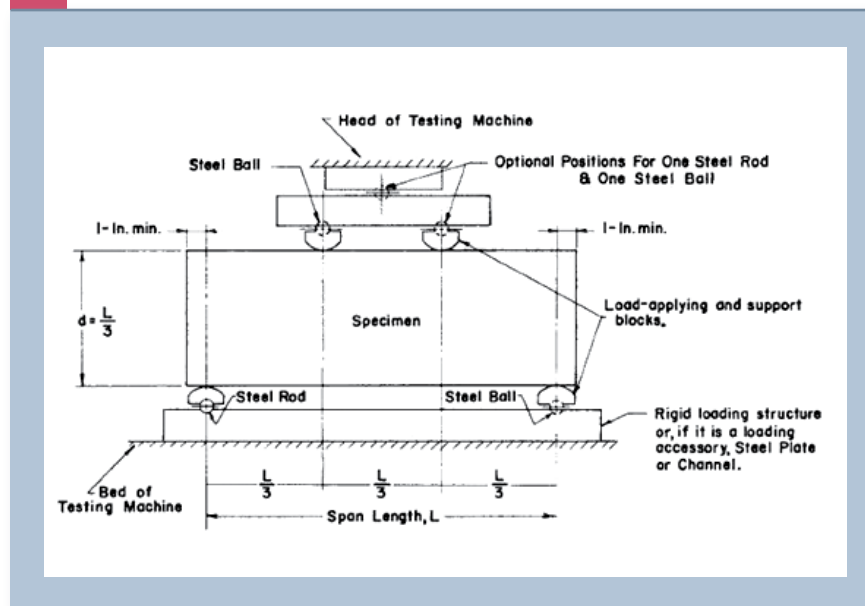
Además de mejorar el desempeño del concreto en el estado plástico, las macrofibras son agregadas a la mezcla de concreto para incrementar la resistencia a flexión post-fisuración. Esta característica está asociada a la capacidad de absorber energía después del agrietamiento. Cabe subrayar, que existen dos métodos de ensayo de la Sociedad Americana de Ensaye de Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés) para evaluar la tenacidad⁽¹⁾ del concreto proyectado con fibras: la Norma C1609/C1609M, y la C1550. Por su parte, el Comité Europeo de Normalización (CEN, por sus siglas en francés) propone el método EN 14488-5. También en este artículo se mencionará el método dado por la RILEM TC 162-TDF, actualmente norma europea EN 14651. Existen por supuesto otros procedimientos de ensayo; por ejemplo, el método JSCE-SF4 de la Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles. Sin embargo, los anteriores son sin duda alguna, los más utilizados.

Ensayos sobre vigas de Concreto Reforzado con Fibras (CRF)

Actualmente, el ensayo de flexión en vigas prismáticas de concreto reforzado con fibras (CRF), se

La industria de la construcción y su tecnología a nivel mundial, han avanzado de manera importante durante las últimas dos décadas; de modo que las numerosas investigaciones científicas sobre los materiales de construcción y las nuevas normas internacionales, están trazando el camino para el desarrollo de novedosas tecnologías de ensaye de materiales.

Fig. 1 Diagrama del dispositivo para el ensayo de flexión empleado en la norma ASTM C1609.



(1) En la ciencia de materiales, la tenacidad es la energía total que absorbe un material antes de alcanzar la rotura, por acumulación de deformaciones. En la mineralogía la tenacidad es la resistencia que opone un mineral u otro material a ser roto, molido, doblado, desgarrado o suprimido, siendo una medida de su cohesión.

Fuente: Adaptado de <http://es.wikipedia.org/tenacidad>. Matemáticamente, la tenacidad se puede estimar como el área bajo la curva que relaciona esfuerzos con deformaciones.

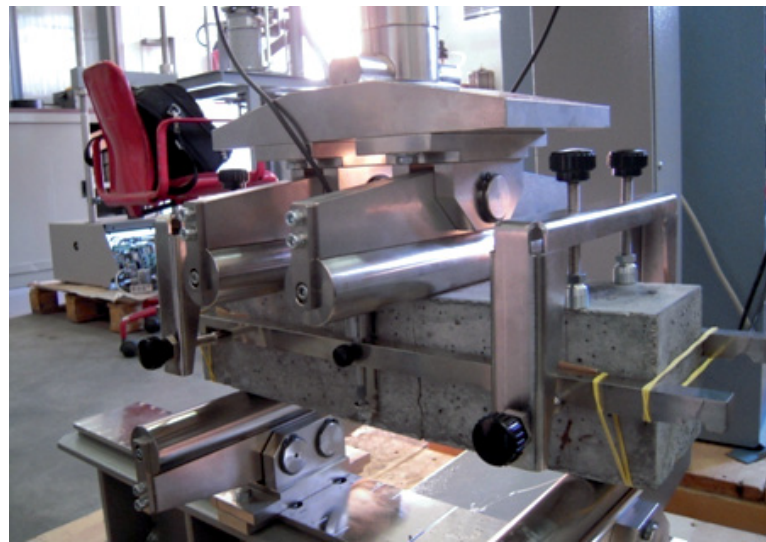
utiliza con mucha frecuencia. La prueba evalúa el rendimiento a la flexión de los parámetros de resistencia derivada del CRF en términos de área bajo la curva de carga-deflexión, obtenida mediante pruebas de una viga simple con 3 ó 4 puntos de carga.

La curva proporciona la evaluación de la capacidad de absorción de energía de la viga y su magnitud depende directamente de las características geométricas de la misma viga, así como del sistema de carga que se considere. La prueba de flexión puede ser representada por la relación entre la carga y la deflexión, según la norma ASTM C1018/C1609; o entre la carga y la apertura de la fisura (CMOD, que proviene del inglés: Crack Mouth Opening Displacement) de una viga entallada (con muesca de referencia), según la EN 14651. En el primer caso, el área bajo la curva carga-deflexión se calcula para diferentes valores de desplazamientos. En el segundo caso, la resistencia a la flexión residual se evalúa para valores especificados de la apertura de fisura.

La Norma ASTM C1609/C1609M propone un ensayo sobre vigas a flexión con cargas en los dos tercios del claro; en este caso la probeta de ensaye mide 100.0 x 100.0 x 350.0 mm. En la Fig. 1 se presenta a manera de croquis el diagrama del dispositivo usado para el desarrollo del ensayo de referencia. Adicionalmente en la fotografía que se presenta en la Fig. 2, se muestra una imagen asociada al desarrollo de este ensayo.

En el espécimen de ensayo, la longitud del claro libre entre los apoyos (L) es de 300 mm. Cabe decir que, en general, durante el ensayo se mide la deflexión al centro de la viga, y se grafica la curva carga-desplazamiento. Se determinan las cargas de post-fisuración para niveles de deflexiones preestablecidos, en $L/600$ y $L/150$ (" L " es la longitud de claro libre entre los apoyos), que luego son convertidas a resistencias residuales, por medio de un

Fig. 2 Imagen del ensayo sobre vigas según el método ASTM C1609.



Soluciones Profesionales en Circuito Cerrado de TV



Diseñamos Sistemas de Videovigilancia
Autónomos para sitios remotos. Nuestra
solución incluye la grabación y comunicación
robusta por radio o internet, así como la
alimentación con energía solar.

Entregamos e instalamos de inmediato, a través de nuestra red
de Integradores Profesionales Certificados.
¡Ingeniería y Soporte del más Alto Nivel en el Mundo!

SYSCOM[®]
Segura Inversión en Seguridad[®]

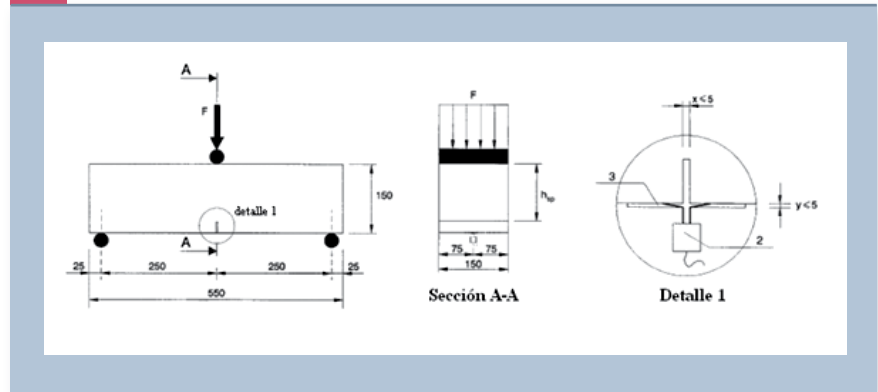
Llámenos: **01 800 711 6270**
www.syscom.mx / info@syscom.com.mx

análisis elástico convencional. De acuerdo a lo anterior, la tenacidad se determina como el área limitada en la curva carga-desplazamiento, por la abscisa de la deflexión asociada al valor de $L/150$. Conviene subrayar que la Norma ASTM C1609/C1609M surgió como reemplazo de la ASTM C1018 anulada en el año 2005. La diferencia en los métodos, se encuentra en los valores de las deformaciones predefinidas a determinar. La Norma anterior (ASTM C1018) establecía la necesidad de determinar la carga en la cual se produce la primera fisura. Para dicha carga era necesario identificar la deflexión asociada llamada δ y luego registrar las cargas correspondientes a las siguientes deflexiones: 3δ , 5.5δ y 10.5δ . Con estos valores, se podía entonces determinar los correspondientes índices de tenacidad, así como los factores de resistencia residual.

De acuerdo a lo referido anteriormente, se puede concluir que al introducirse un mínimo error en la difícil medición de la deflexión (δ), se generarán nuevos errores al fijar los demás puntos de registro. Esta es precisamente la razón por la que en este método de ensayo se obtenía una gran dispersión en los resultados; por lo que finalmente se anuló el método.

El ensayo definido por la recomendación de la RILEM TC 162-TDF, actualmente norma europea EN 14651, emplea vigas simplemente apoyadas, entalladas (con muesca de referencia en el extremo inferior), que se someten a una carga central. El objetivo del ensayo es la evaluación de la resistencia a la flexión, por medio de la definición de parámetros dimensionales que consideran el comportamiento "post-pico".

Fig. 3 Diagrama del dispositivo para el ensayo de flexión empleado en la norma EN 14651.



En la Fig. 3 se muestra el diagrama general del ensayo de acuerdo a la norma EN 14651, en el cual la viga simplemente apoyada esta sujeta a una carga central "F" variable en el tiempo y función

de la apertura de la muesca medida instantáneamente por el transductor de deformación tipo "clip gage". Una imagen asociada al desarrollo del ensayo, se presenta adicionalmente en la Fig. 4.

Fig. 4 Imagen del ensayo sobre vigas según el método EN 14651.



Inicialmente, el desarrollo se establecía sobre vigas de 150.0 x 150.0 x 500.0 mm con una entalla de 25.0 mm. Las ventajas de este método radican en su simplicidad al tiempo que se controla, a través del desplazamiento de apertura en los bordes de la fisura (CMOD), lo cual sin duda alguna asegura una propagación estable de la fisuración. De acuerdo a lo anterior, las curvas que relacionan la carga con el CMOD, así como la que relaciona la carga con la deflexión (obtenidas directamente del ensayo), pueden ser usadas para calcular las relaciones entre esfuerzos y deformaciones, o entre los esfuerzos y el ancho

de la fisura para de esta forma evaluar el efecto de la incorporación de las fibras en la mezcla de concreto.

Otras recomendaciones basadas en ensayos a flexión, tanto sobre vigas prismáticas como en paneles, fueron presentadas por Gopalaratnam y Gettu [14]. En su artículo, estos autores concluyen que la determinación de la tenacidad en los concretos reforzados con fibras, obtenida a través de ensayos desarrollados sobre vigas sin entallas (muescas), con cargas en los tercios, debe ser mejorada considerando, entre otras cosas, el uso de probetas prismáticas con relación largo/alto mayor que cinco. Recomiendan

además, el uso de vigas con entallas sometidas a flexión con carga en el centro, en donde se considere la CMOD como variable de control en un sistema de ensayo servo-controlado (sistema compuesto por un motor eléctrico, un sistema de regulación que actúa sobre el motor y un sistema de sensor que controla el movimiento del motor), o servo-hidráulico (sistema compuesto por un motor eléctrico, un sistema de electroválvulas hidráulicas o servo-válvulas de regulación, que actúan sobre el flujo del fluido, sí como un sistema de sensor que controla la frecuencia de regulación de las servoválvulas). c

Publicaciones



"Un mundo de soluciones en concreto"



REQUISITOS DE REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL Y COMENTARIOS (2011)

ACI 318 S-11

El "Reglamento para las construcciones de concreto estructural" en su edición 2011, presenta la última versión que se ha realizado a dicho documento.

\$950 M.N.

Más gastos de envío.

www.imcyc.com



CONTACTO:

Michael López Villanueva

Tel.: 01 (55) 5322 5740

Ext. 210

Fax: 01 (55) 5322 5745

E-mail: mlopez@mail.imcyc.com