

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CARGADA EN EL PUNTO CENTRAL

INV E – 415 – 13

1 OBJETO

- 1.1 Este método de ensayo se refiere a la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, empleando una viga simplemente soportada, cargada en el punto central. Este método no constituye una alternativa al descrito en la norma INV E-414.
- 1.2 Esta norma reemplaza la norma INV E-415-07.

2 IMPORTANCIA Y USO

- 2.1 Este método de ensayo se usa para determinar el módulo de rotura de especímenes preparados y curados de acuerdo con las normas INV E-402 o INV E-420. La resistencia determinada puede variar si existen diferencias en el tamaño del espécimen, la preparación, la condición de humedad o el curado.
- 2.2 Los resultados de este método de ensayo se pueden emplear para determinar el cumplimiento de las especificaciones o como una base para las operaciones de dosificación, mezcla y colocación del concreto.
- 2.3 Este método de ensayo da lugar a valores de resistencia a la flexión significativamente mayores que los obtenidos mediante el ensayo descrito en la norma INV E-414.

3 EQUIPO

- 3.1 *Máquina de ensayo* – La máquina de ensayo debe cumplir con los requisitos establecidos en el Anexo A de la norma INV E-414. No se permite el uso de máquinas de ensayo operadas a mano, con bombas que no suministren una carga continua en un recorrido. Se permite el uso de bombas manuales o motorizadas de desplazamiento positivo, que tengan suficiente volumen en un solo recorrido continuo para completar un ensayo sin requerir recarga, y que

sean capaces de aplicar las cargas a una velocidad uniforme, sin sacudidas o interrupciones.

3.2 Aparato de carga – El mecanismo mediante el cual se aplican las fuerzas al espécimen emplea un bloque de aplicación de carga y dos bloques de soporte del espécimen, de manera de asegurar que todas las fuerzas se aplican perpendicularmente a la cara del espécimen sin excentricidad. En las Figuras 415 - 1 y 415 - 2 se muestran un diagrama y una fotografía de un aparato que cumple con este propósito.

3.2.1 Todos los aparatos para realizar el ensayo de resistencia a la flexión por el método de carga en el punto central deberán ser similares al de la Figura 415 - 1 y deberán mantener constante la longitud de luz libre y la posición del bloque central de carga con respecto a los bloques de soporte, con una tolerancia de ± 1.0 mm ($\pm 0.05"$).

3.2.2 En todo momento durante el ensayo, las reacciones deberán ser paralelas a la dirección de la carga aplicada. La distancia horizontal entre el punto de aplicación de la carga y la reacción más cercana, dividida por la altura de la viga, deberá dar como resultado $1.5 \pm 2\%$.

3.2.3 Los bloques de aplicación de carga y de soporte no deben tener más de 65 mm ($2 \frac{1}{2}"$) de altura, medida desde el centro o eje del pivote, y se deben extender completamente a través o más allá del ancho total del espécimen. Cada superficie endurecida en contacto con el espécimen no se debe separar de un plano en más de 0.05 mm (0.002") y debe ser una porción de un cilindro cuyo eje debe coincidir con el eje de la varilla o con el centro de la esfera donde pivotea el bloque. El ángulo subtendido por la superficie curva de cada bloque debe ser, al menos, de 45° (0.80 rad).

Los bloques de aplicación de carga y de soporte se deberán mantener en posición vertical y en contacto con la varilla o esfera por medio de tornillos accionados por resorte, que los mantienen en contacto con la barra pivote o esfera. La varilla en el centro del bloque de aplicación de carga, mostrada en la Figura 415 - 1, se puede omitir cuando se use un bloque con rótula.

4 ESPÉCIMEN DE ENSAYO

4.1 El espécimen de ensayo debe cumplir los requisitos de la norma que le sea aplicable entre las siguientes: INV E-402 o INV E-420. Además, debe tener una

luz libre entre apoyos igual a tres veces su altura, con una tolerancia de 2 %. Los lados de la viga deben formar ángulos rectos con las caras superior e inferior. Todas las superficies deben ser lisas y libres de huellas, muescas, agujeros o inscripciones.

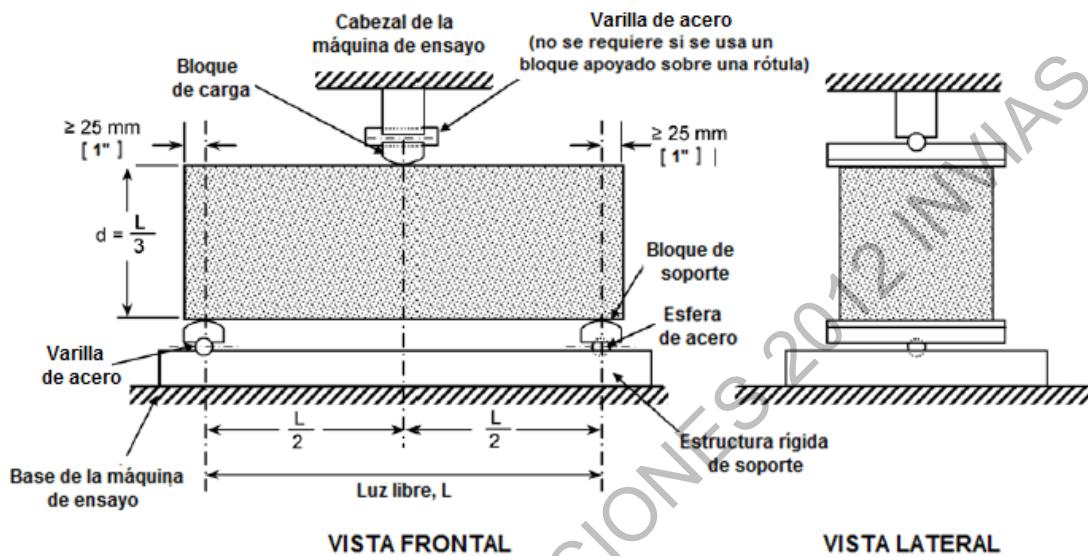


Figura 415 - 1. Diagrama de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga cargada en el centro de la luz



Figura 415 - 2. Equipo para el ensayo de flexión del concreto usando una viga cargada en el centro de la luz

5 PROCEDIMIENTO

- 5.1** Los ensayos de flexión sobre especímenes curados en húmedo se deben realizar tan pronto como sea posible luego de su remoción del sitio de curado. El secado de la superficie del espécimen se traduce en una reducción de la resistencia a flexión medida.
- 5.2** Se gira la muestra sobre un lado con respecto a su posición de moldeo y se centra sobre los bloques de soporte. Se centra el sistema de carga con relación a la fuerza aplicada. Se pone el bloque de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en el punto medio entre los bloques de soporte y se aplica una carga entre el 3 % y el 6 % de la carga última estimada. Utilizando calibradores normalizados de lámina, de 0.1 mm (0.004") y de 0.40 mm (0.015"), se determina si se presenta algún vacío entre el espécimen y los bloques de carga o de soporte, mayor o menor al espesor de los calibradores, en una longitud de 25 mm (1") o mayor. Mediante esmerilado, refrentado o la colocación de láminas de cuero sobre la superficie del espécimen, se elimina cualquier vacío mayor de 0.1 mm (0.004"). Las láminas de cuero deben tener un espesor uniforme de 6 mm (1/4") y un ancho de 25 a 50 mm (1 a 2"), y se deben extender a través del ancho total del espécimen. Los vacíos mayores de 0.40 mm (0.015") se deben eliminar solo por refrentado o esmerilado de la superficie. El esmerilado de las superficies laterales del espécimen se debe minimizar, ya que puede variar sus características físicas y afectar los resultados del ensayo. Si se opta por el refrentado, se deberá aplicar de acuerdo con la norma INV E-403.
- 5.3** La carga se debe aplicar de manera continua sin cambios bruscos de velocidad, a una tasa que incremente constantemente el esfuerzo sobre la cara en tensión entre 0.9 y 1.2 MPa/min (125 y 175 lbf/pg²/min), hasta que ocurra la rotura. La velocidad de carga se calcula con la siguiente ecuación:

$$r = \frac{2 S b d^2}{3 L} \quad [415.1]$$

Donde: r: Velocidad de carga, N/min (lbf/min);

S: Rata del incremento en el esfuerzo máximo sobre la cara en tensión, MPa/min (lbf/pg²/min);

b: Ancho promedio del espécimen como se ha orientado para el ensayo, mm (pg.);

d: Altura promedio del espécimen como se ha orientado para el ensayo, mm (pg.);

L: Longitud de la luz libre del espécimen, mm (pg.).

6 MEDICIÓN DE LOS ESPECÍMENES DESPUÉS DEL ENSAYO

- 6.1** Para determinar las dimensiones de la sección transversal del espécimen a usar en el cálculo del módulo de rotura, las medidas se deben tomar luego del ensayo, a través de una de las caras fracturadas. El ancho y la altura se miden con el espécimen orientado en la posición del ensayo. Para cada dimensión, se toma una medida en cada borde y otra en el centro de la sección transversal. Se usan las tres medidas en cada dirección, para determinar los valores promedio del ancho y de la altura. Todas las medidas se deben tomar con aproximación a 1 mm (0.05").
- 6.2** Si la fractura ocurre en una sección refrentada, el espesor de refrentado se deberá incluir en la medida.

7 CÁLCULOS

- 7.1** El módulo de rotura se calcula con la ecuación:

$$R = \frac{3 P L}{2 b d^2}$$

[415.2]

Donde: R: Módulo de rotura, MPa (lbf/pg²);

P: Carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo, N (lbf);

L: Luz libre entre apoyos, mm (pg.);

b: Ancho promedio del espécimen en el sitio de la fractura, mm (pg.);

d: Altura promedio de la muestra en el sitio de la fractura, mm (pg.).

8 INFORME

- 8.1** El informe de resultados debe incluir lo siguiente:

8.1.1 Número de identificación del espécimen.

- 8.1.2** Ancho promedio, redondeado a 1.0 mm (0.05").
- 8.1.3** Altura promedio, redondeada a 1.0 mm (0.05").
- 8.1.4** Longitud de la luz libre, en mm (pg.).
- 8.1.5** Máxima carga aplicada, en N (lbf).
- 8.1.6** Módulo de rotura calculado, redondeado a 0.05 MPa (5 lbf/pg²).
- 8.1.7** Datos relativos al historial de curado y a la condición de humedad aparente del espécimen en el momento del ensayo.
- 8.1.8** Datos relativos al esmerilado, refrentado, o uso de láminas de cuero.
- 8.1.9** Defectos del espécimen y si éste fue moldeado o aserrado.
- 8.1.10** Edad del espécimen.

9 PRECISIÓN Y SESGO

- 9.1** *Precisión* – Se ha observado que el coeficiente de variación de los resultados del ensayo depende del nivel de resistencia de las vigas.
 - 9.1.1** El coeficiente de variación hallado para un solo operador es 4.4 %. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos realizados apropiadamente por el mismo operador sobre vigas hechas de la misma amasada de concreto, no deben diferir en más de 12 %.
 - 9.1.2** El coeficiente de variación hallado para ensayos multilaboratorio es 5.3 %. Por lo tanto, los resultados de los ensayos efectuados en dos laboratorios sobre vigas elaboradas a partir de la misma amasada de concreto, no deben diferir en más de 15 %.
- 9.2** *Sesgo* – Debido a que no hay ninguna norma aceptada para la determinación del sesgo para este método de ensayo, no se hace ninguna declaración al respecto.

10 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM C293/C293 M – 10