

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

INV E – 426 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Esta norma se refiere a la determinación de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto.

2 EQUIPO

2.1 *Máquina de ensayo:*

2.1.1 La máquina para el ensayo de compresión deberá tener las características generales descritas en el numeral 4.1 de la norma INV E-410. Su sistema de registro deberá tener una exactitud de $\pm 1.0\%$ dentro del rango anticipado de carga. Deberá estar equipada con dos bloques de carga de acero con caras endurecidas, uno de los cuales es un bloque con un sistema de rótula, el cual descansa sobre la superficie superior del espécimen, y el otro un bloque sólido sobre el cual se apoya el espécimen. Para asegurar el ajuste de especímenes que no tengan las superficies completamente paralelas, la cabeza esférica del bloque superior debe estar diseñada con una luz mínima de 6.3 mm ($\frac{1}{4}$ ") para inclinarse libremente a medida que hace contacto con la superficie superior del espécimen.

2.1.2 Si el área de alguno de los bloques de carga no es suficiente para cubrir totalmente la superficie del espécimen, se deberá interponer entre el bloque y el espécimen refrentado una platina con un espesor al menos igual a la distancia entre el borde del bloque de carga y la esquina más distante del espécimen. La longitud y el ancho de la platina deberán ser, al menos, 6.3 mm ($\frac{1}{4}$ ") mayores que la longitud y el ancho del espécimen de ensayo.

2.1.3 Las superficies de los bloques y platinas que estarán en contacto con los especímenes deberán tener una dureza no menor de HRC 60 (BHN 620) y deberán ser planas, con una tolerancia de 0.03 mm (0.001") por cada 150 mm (6") de dimensión.

- 2.2** *Calibrador* – Para medir las dimensiones de los especímenes. Deberá tener una legibilidad y una exactitud mínima de 0.1 mm (0.004").

3 MUESTRAS

3.1 *Selección de los especímenes de ensayo:*

- 3.1.1** Las unidades completas deben ser escogidas por el comprador o por su representante autorizado. Todos los especímenes elegidos deben ser de configuración y dimensiones similares. Además, deberán ser representativos de la totalidad del lote de unidades de los cuales se seleccionan.
- 3.1.2** El término "lote" se refiere a cualquier número de unidades y cualquier configuración o dimensión, elaborado con los mismos materiales, diseño de mezcla, proceso de manufactura y método de curado.

3.2 *Número de especímenes:*

- 3.2.1** De cada lote se extraerán al azar seis especímenes, de los cuales se ensayarán tres, dejando el resto como reserva para cualquier control adicional.
- 3.2.2** Se deberá escoger un juego de seis unidades de cada lote de 10 000 adoquines o fracción, y dos juegos para un lote de 10 000 a 100 000 unidades. Para lotes de más de 100 000 unidades, se deberá tomar un juego por cada 50 000 unidades o fracción contenida en él. Se podrán tomar especímenes adicionales a discreción del comprador.

3.3 Se deberá remover todo material suelto que contengan los especímenes.

3.4 *Identificación:*

- 3.4.1** Cada espécimen debe ser marcado de manera de permitir su identificación en cualquier instante. Las marcas de identificación no deberán ocupar más de 5 % del área superficial del espécimen.

4 MEDIDA DE LAS DIMENSIONES

- 4.1 Empleando el calibrador mencionado en el numeral 2.2, se le miden a cada espécimen completo el ancho (W) a través de las superficies de soporte superior e inferior en la mitad de la longitud del espécimen, el espesor (T) en la mitad de la longitud de cada cara, y la longitud (L) a la mitad de la altura de cada cara. Para los fines de esta norma, la longitud es la mayor de las dos dimensiones laterales de cada espécimen, y el ancho la menor de ellas.

5 PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN

- 5.1 Se deben ensayar adoquines completos que cumplan todos los requisitos mencionados en el numeral 5.1.2. Si los adoquines completos no los cumplen, entonces se cortan de ellos especímenes rectangulares en todo el espesor, reduciendo el ancho, la longitud, o ambos de manera de obtener el cumplimiento dimensional para el ensayo. Si la lisura o la relación de aspecto requeridas en el numeral 5.1.2 no se pueden lograr con un espécimen de espesor completo, se deberá efectuar un corte en su altura para cumplir estos requerimientos. Si se requieren cortes con sierra para obtener el tamaño o la configuración exigidos en el numeral 5.1.2, el aserrado se deberá realizar de una manera exacta y competente, sosteniendo el adoquín para que la sierra produzca la menor vibración. Se deberá usar una sierra de diamante de dureza adecuada. Si el adoquín se humedece durante el aserrado, se deberá permitir que se seque hasta alcanzar equilibrio con el ambiente de laboratorio, antes de proceder al ensayo (nota 1).

Nota 1: Antes de su envío al laboratorio, los especímenes que se van a someter a compresión se deberán almacenar (suelos y separados a no menos de 13 mm (½") por todos sus lados) al aire a una temperatura de $24 \pm 8^\circ \text{C}$ ($75 \pm 15^\circ \text{F}$) y a una humedad relativa no menor de 80 % durante un período mínimo de 48 h. Alternativamente, si se desean conocer con prontitud los resultados de compresión, los adoquines se almacenarán sueltos en el mismo ambiente recién descrito, sometidos a la corriente de aire de un ventilador eléctrico durante no menos de 4 h. La acción del aire deberá continuar pesando el adoquín cada 2 h, hasta que no se produzca un incremento de pérdida de masa mayor a 0.2 % entre dos pesadas sucesivas y hasta que no haya signos visibles de humedad en ninguna superficie de la unidad. Los adoquines no se deberán someter a sobre secado.

- 5.1.1 Para los cortes que reducen el espesor de los adoquines, se corta la parte superior del elemento y se verifica la exactitud del corte midiendo y anotando como T_c el espesor del espécimen cortado, medido en la parte media de cada cara. Se descarta cualquier espécimen si la diferencia de T_c en dos medidas es mayor de 2.0 mm (0.08").

- 5.1.2** Los especímenes para el ensayo de compresión deberán: (1) tener una sección transversal rectangular alrededor de cualquier eje principal; (2) tener un área de soporte con una longitud no mayor que 2.1 veces el ancho; (3) no tener ranuras, bisels o juntas simuladas en la cara de soporte, excepto aquellas manufacturadas intencionalmente en los bordes del espécimen; (4) no presentar en la superficie superior una textura que dé lugar a diferencias de altura mayores de 1.5 mm (0.06") entre el punto más alto y el más bajo, excepto para bisels manufacturados intencionalmente en los bordes del elemento; y (5) tener una relación de aspecto (espesor/ancho del espécimen listo para someter a compresión, T_s/W_s) de 0.60 a 1.20.
- 5.1.3** Si se requiere el corte con sierra para cumplir los requisitos de tamaño y configuración, se miden y registran para cada espécimen el ancho (W_s) a través de las superficies de soporte superior e inferior y en la mitad de la altura, así como el espesor a la mitad de la longitud de cada cara (T_s) y la longitud (L_s) a la mitad de la altura de cada cara. Cuando se ensayan a compresión especímenes enteros, los valores T_s , W_s y L_s se convierten en T , W y L , como se indica en el numeral 4.1.
- 5.2** *Refrentado* – Los especímenes se deben refrentar de acuerdo con la práctica ASTM C1552, con las modificaciones que se mencionan a continuación.
- 5.2.1** Solamente se debe usar yeso de París de alta resistencia.
- 5.2.2** El espesor promedio del recubrimiento de cada unidad no deberá ser mayor de 1.5 mm (0.06").
- 5.2.3** El espesor promedio del recubrimiento se determina así: luego de refrentar ambas caras del espécimen, se mide y registra el espesor del espécimen refrentado, con aproximación a 0.1 mm (0.004"), en los mismos dos puntos donde se determinó el espesor antes de refrentar como se indica en el numeral 4.1 si los adoquines no fueron cortados para reducir el espesor, o como se indica en el numeral 5.1.1 si fueron cortados para reducir su espesor. Se calcula la diferencia de espesor en cada punto y se divide por 2 para determinar el espesor de recubrimiento en cada punto. Se calcula el espesor promedio del recubrimiento para todo el espécimen, tomando el promedio de los espesores calculados de recubrimiento en cada uno de los dos puntos.

Nota 2: Un factor importante para producir recubrimientos de yeso de alta calidad es usar una relación agua/yeso que produzca un material refrentado que sea suficientemente fluido a la vez que suficientemente viscoso para permitir empujar el adoquín dentro de él para formar una capa consistente y delgada.

6 ENSAYO

- 6.1** *Posición de los especímenes* – Los especímenes se deberán ensayar con el baricentro de sus superficies de apoyo alineado verticalmente con el centro de empuje de la rótula del bloque de carga de la máquina de ensayo. Antes de ensayar cada unidad, se deberá tener certeza de que el bloque superior se mueve libremente en su espacio esférico para lograr un asiento uniforme durante el ensayo.
- 6.2** *Humedad de los especímenes* – En el instante del ensayo, los especímenes se deberán encontrar libres de humedad visible.
- 6.3** *Velocidad de aplicación de carga* – Hasta aproximadamente la mitad de la carga máxima esperada, se puede emplear cualquier velocidad de aplicación de carga que el operador considere adecuada; después, los controles de la máquina se deberán ajustar para aplicar una velocidad uniforme tal, que la carga faltante se aplique en un lapso de 1 a 2 minutos. Los resultados del primer espécimen se deben aceptar si el tiempo real de carga de la segunda mitad del ciclo es mayor de 30 segundos (nota 3).

Nota 3: La tolerancia de una carga por fuera del lapso de 1 a 2 min para el primer espécimen, reconoce que la carga esperada puede ser diferente de la carga máxima real. La velocidad de carga para los dos especímenes restantes se deberá ajustar a partir de los resultados del primero, con el fin de cumplir con el período especificado.

- 6.4** *Carga máxima* – Se registra la carga máxima de compresión, en N (lbf), como $P_{\text{máx}}$.

7 CÁLCULOS

- 7.1** Se calcula el área neta de compresión del espécimen, así:

$$A_n = L_s \times W_s \quad [426.1]$$

Donde: A_n : Área neta promedio del espécimen, mm^2 (pg^2);

L_s : Longitud promedio del espécimen, mm (pg.). Si el espécimen es entero, se usa el valor L ;

W_s : Ancho promedio del espécimen, mm (pg.). Si el espécimen es entero, se usa el valor W .

7.2 Se calcula la relación de aspecto con la ecuación:

$$R_a = \frac{T_s}{W_s} \quad [426.2]$$

Donde: R_a : Relación de aspecto;

T_s : Espesor promedio del espécimen de ensayo final sin refrentar, mm (pg.). Si el espécimen es entero, se usa el valor T.

7.3 Se calcula el factor de relación de aspecto (F_a) (nota 4), con la ecuación:

$$F_a = \frac{-0.374}{R_a} + 1.611 \quad [426.3]$$

7.4 Se calcula la resistencia a compresión en el área neta, con la fórmula:

$$R_{ca} = \left[\frac{P_{m\acute{a}x}}{A_n} \right] \times F_a \quad [426.4]$$

Donde: R_{ca} : Resistencia a la compresión en el área neta, MPa (lbf/pg²);

$P_{m\acute{a}x}$: Carga máxima de compresión, N (lbf).

Nota 4: Los factores de relación de aspecto están normalizados para un adoquín común rectangular de 60 mm de espesor con lados de 98 × 198 mm (3.86 × 7.80"), de manera que si la relación de aspecto es 0.612, el factor correspondiente es 1.0. Con base en la ecuación para hallar F_a , los factores de relación de aspecto para adoquines de 98 × 198 mm (3.86 × 7.80") y diferentes espesores, son los siguientes:

ESPESOR, mm (pg.)	RELACIÓN DE ASPECTO (R_a)	FACTOR DE RELACIÓN DE ASPECTO (F_a)
60 (2.36)	0.612	1.00
70 (2.76)	0.714	1.09
80 (3.15)	0.816	1.15
90 (3.54)	0.918	1.20
100 (3.94)	1.020	1.24
110 (4.33)	1.122	1.28
120 (4.72)	1.224	1.31

8 INFORME

8.1 El reporte del ensayo deberá incluir la siguiente información:

- 8.1.1** Descripción e identificación de la muestra de ensayo.
- 8.1.2** Fecha de recibo de la muestra.
- 8.1.3** Fecha del ensayo.
- 8.1.4** Identificación del método normalizado usado. Si durante la ejecución del ensayo se produjo alguna desviación con respecto al método normalizado, se anotará tal circunstancia.
- 8.1.5** Edad del espécimen (si se conoce).
- 8.1.6** Una fotografía o un esquema de la configuración de cada unidad ensayada.
- 8.1.7** Valores promedio de ancho (W), espesor (T) y longitud (L), aproximados a 0.1 mm (0.004"), para cada unidad completa.
- 8.1.8** Dimensiones de los especímenes de compresión (W_s , T_s y L_s), aproximadas a 0.1 mm (0.004"), si la unidades no se ensayaron con sus dimensiones completas, incluyendo la diferencia en el valor T_c a través de la cara del adoquín, si el espécimen se cortó para reducir su espesor.
- 8.1.9** Área neta de cada espécimen, aproximada a 50 mm² (0.1 pg²).
- 8.1.10** Espesor promedio de refrentado, aproximado a 0.1 mm (0.004"), para cada espécimen.
- 8.1.11** Carga máxima ($P_{m\acute{a}x}$) para cada espécimen. La carga se debe registrar redondeada a 5 N (10 lb) o con la resolución mínima de la máquina de carga empleada en el ensayo, la que sea mayor de las dos.
- 8.1.12** Relación de aspecto (R_a) y factor de relación de aspecto (F_a) para cada espécimen.
- 8.1.13** Resistencia a la compresión en el área neta (R_{ca}) de cada espécimen y promedio de los 3 especímenes, redondeada a 0.1 MPa (10 lbf/pg²).

9 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM C 140 – 12a