

PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

Febrero ■ 2009



EDITADO POR EL
INSTITUTO MEXICANO
DEL CEMENTO Y DEL
CONCRETO AC



Determinación del Módulo

de elasticidad
estático y relación
de Poisson
NMX-C-128-1997-
ONNCCE

Segunda parte

Ilustraciones: Felipe Hernández

18

SECCIÓN
COLECCIONABLE

Determinación del Módulo de elasticidad estático y relación de Poisson

NMX-C-128-1997-ONNCCE

Segunda parte

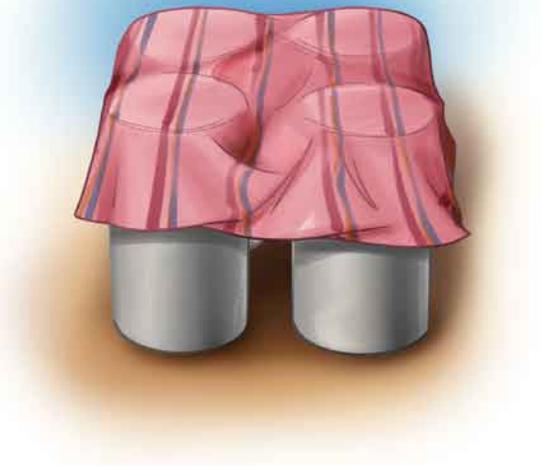
En el número anterior se dieron diversas definiciones; se hizo referencia a los equipos aparatos e instrumentos así como a la preparación y acondicionamiento de las muestras.

Procedimientos

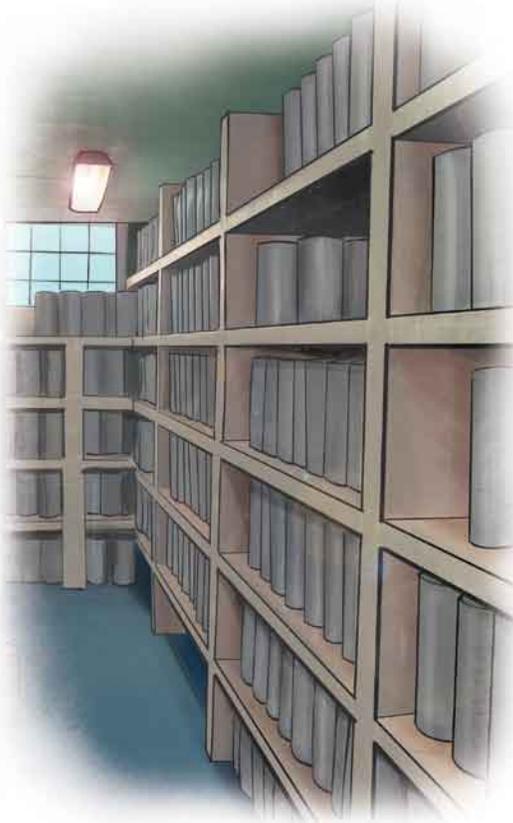
Preparación

Especímenes cilíndricos moldeados

Durante el tiempo que transcurra entre el retiro de los especímenes del cuarto de curado y el ensaye, deben protegerse cubriéndolos con una jerga húmeda para evitar que pierda humedad, evitando a la



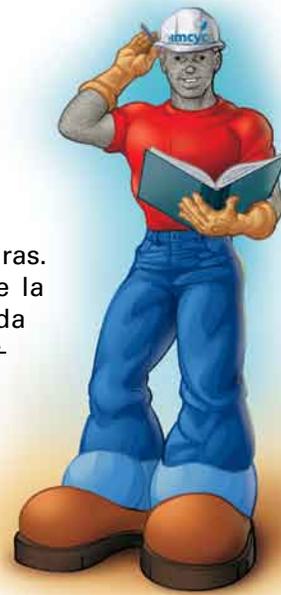
vez cambios en la temperatura en el área de ensaye; en el caso de existir variaciones importantes estas deben anotarse. Una vez retirados los especímenes del cuarto de curado, determinar su masa (Peso), medir y cabecear de acuerdo a lo indicado en la NMX-C-109.



Especímenes extraídos con broca de diamante (Corazones)

En el caso de ensaye en condiciones húmedas, se procede en forma similar a los especímenes cilíndricos moldeados como se indica en el párrafo anterior. Por su parte si se trata de ensaye en seco, hay que mantenerlos a temperatura ambiente como se indica en la NMX-C-169, y determinar su masa, medirlos y se cabecean de acuerdo a lo indicado en la NMX-C-109.

un mayor número de lecturas. No deberá interrumpirse la carga en la toma de cada lectura, para lo cual, normalmente es necesario contar cuando menos con 3 personas para la realización de la prueba. El procedimiento de ensaye es el siguiente:



Ensayo

Efectuando lo anterior, se debe iniciar el ensaye de los especímenes en los que se determinará el módulo de elasticidad, procediendo de la forma siguiente para el caso de los dispositivos indicados –dos anillos y dos micrómetros, y dos anillos y un micrómetro– por esta norma, por ser el más empleado en nuestro medio. Cabe decir que hay que tomar lecturas de deformación y carga en tal cantidad que pueda definirse mediante interpolación, calculado o gráficamente, el esfuerzo (S_1), correspondiente a la deformación unitaria de 50 millonésima (e_1), así como la deformación unitaria (e_2), correspondiente al 40 % del esfuerzo máximo (S_2). Si se desea obtener la curva esfuerzo deformación, será conveniente tomar

- Colocar el espécimen en una superficie horizontal plana y firme, donde se le monte el dispositivo de medición. Debe tenerse la precaución de que, al colocar el dispositivo en el espécimen, éste quede exactamente al centro de los anillos, fijándolos firmemente mediante los anillos de punta, para evitar que existan deslizamientos.

- Es importante verificar que los micrómetros del deformímetro queden perfectamente verticales, paralelos al eje longitudinal del espécimen, asegurándose que el vástago del micrómetro tenga la carrera suficiente para la deformación que deba registrarse.

- Una vez ajustados los micrómetros, hay que retirar cuidadosamente las barras que separan los anillos, observando



que los indicadores de los micrómetros no registren movimientos importantes. Si esto sucede será un indicativo de que los anillos no se fijaron adecuadamente, por lo habrá que desarmar y volver a montar el deformímetro o dispositivo de medición.

- Colocar el espécimen con el deformímetro sobre la platina de la prensa, centrándolo adecuadamente antes de proceder a la aplicación de la carga.

- Colocar la carátula de los micrómetros en 0,0 (Cero).

- Aplicar la primera precarga de 10 al 15 % del promedio de la resistencia de ruptura,

obtenida en los especímenes compañeros ensayados a compresión, como se indica en "Número de especímenes", de esta norma. Durante esta precarga verificar el correcto funcionamiento de los micrómetros del deformímetro.

- Aplicar una segunda precarga hasta el mismo nivel que la anterior, registrando cargas y deformaciones cada tonelada hasta 5, después se incrementa a cada 5 t. Al retirar la carga se observa si las agujas de los micrómetros regresaran a 0,0 (cero), y si la deformación leída en ellos es similar, si no es así, verificar el centrado y ajustar los micrómetros. Realizar otras precargas hasta lograrlo.

- Posteriormente, aplicar la carga de ensaye, registrando deformaciones cada tonelada hasta una carga de 5. Si la carátula de la prensa lo permite en las primeras 2 t, registrar las deformaciones cada 0,5 t, de no ser así, las lecturas deben registrarse cada tonelada hasta llegar a 5.

De 5 toneladas en adelante, las deformaciones deben registrarse cada 5 toneladas, hasta llegar al 60% del esfuerzo máximo obtenido en los especímenes ensayados de acuerdo a la NMX-C-083. La velocidad de la carga en las primeras 5 t debe ser de 1 min, de ahí en adelante 20 s por cada 5 t. En el apéndice A, se proporciona un ejemplo de la forma de

registro que podría emplearse en estas pruebas y una forma usual del reporte del módulo de elasticidad estático.

Una vez alcanzada la carga que representa el 60 % de la máxima obtenida en el ensaye a compresión, es importante reducir la velocidad de aplicación de la carga para permitir que se aflojen los tornillos que fijan los anillos y de ser posible, para evitar deterioro se retiran los micrómetros, después de lo cual se proseguirá con la aplicación de la carga a la velocidad indicada en la NMX-C-083 hasta llegar a la carga máxima o falla del espécimen. Si se desea determinar la relación de Poisson, deben registrarse la deformación transversal en los mismos puntos en que se registra la deformación longitudinal. En el caso de corazones, el procedimiento a seguir es similar al escrito en los párrafos anteriores, excepto que las cargas aplicadas serán proporcionales al área transversal del espécimen.

Cálculo

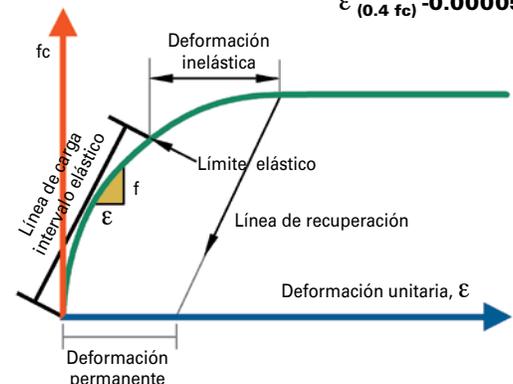
Para calcular el módulo de elasticidad se procede de la forma siguiente:

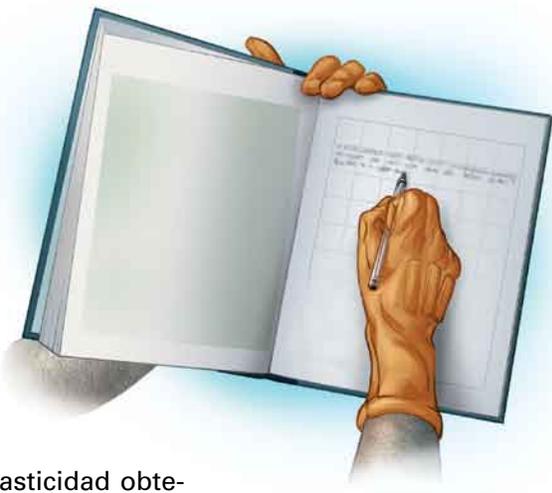
- Con el área del espécimen, las cargas, las lecturas de deformación y la longitud de medición, deben calcularse los esfuerzos y las deformaciones unitarias correspondientes a cada carga, así como el esfuerzo máximo.

- Trazar la curva de esfuerzo-deformación unitaria.

- Determinar el esfuerzo "S₁" en kg/cm² correspondiente a la deformación unitaria (ε₁) de 0.000 050.

$$\text{Módulo de elasticidad} = E = \frac{0.4 f_c - f_c (0.00005)}{\epsilon (0.4 f_c) - 0.00005}$$





- Determinar el esfuerzo "S₂" correspondiente al 40% del esfuerzo máximo.
- Determinar la deformación unitaria "e₂" correspondiente al esfuerzo "S₂".
- Calcular el módulo de elasticidad empleando la fórmula siguiente:

$$E = (S_2 - S_1) / (e_2 - 0.000050)$$

En donde:

E es el módulo de Elasticidad en kg/cm²

- Para calcular la relación de Poisson se procede con la siguiente fórmula:

$$M = (e_2 - e_1) / (e_2 - 0.000050)$$

M, es la relación de Poisson.

e₂ es la deformación transversal unitaria a la altura media del espécimen, producida por el "esfuerzo S₂".

e₁ es la deformación transversal unitaria a la altura media del espécimen, producida por el esfuerzo S₁.

Informe de prueba

Deberán registrarse los datos siguientes:

- Número de muestra o identificación.
- Resistencia de proyecto del concreto (f'_c); tamaño máximo del agregado y el revenimiento del proyecto.
- Localización del concreto en la estructura.
- Revenimiento obtenido de concreto, en centímetros.
- Diámetro y longitud promedio del espécimen.
- Edad del concreto en días.
- Cargas y deformaciones, en t y en mm respectivamente.
- Longitud de medición (distancia entre centros de anillos), en mm.
- Carga máxima en toneladas.
- Forma de falla y observaciones en cuanto al aspecto del concreto.
- Esfuerzo máximo a compresión simple de los especímenes que sirvieron de referencia.

Apéndice normativo

Para verificar el cumplimiento del concreto con los valores de reglamentos o especificaciones, se procede de la forma siguiente:

1. Obtener el coeficiente numérico de elasticidad usando la expresión siguiente:

$$K = E / \sqrt{f'_c}$$

En donde:

E, es el módulo de elasticidad obtenido en el ensaye.

K, es el coeficiente numérico del módulo de elasticidad

f'_c, es la resistencia del concreto a la compresión de proyecto.

- 2.-Una vez calculado el coeficiente numérico, presentar en el informe de resultados el valor numérico del coeficiente (K) y sólo como literales los demás datos de la expresión.

$$E = K \sqrt{f'_c}$$

Esta Norma, se complementa con las siguientes Normas Mexicanas:

NMX-C-083-0NNCCE Industria de la Construcción-Concreto-Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

NMX-C-109-0NNCCE Industria de la Construcción-Concreto-Cabeceo de especímenes cilíndricos.

NMX-C-159 Industria de la Construcción-Concreto-Elaboración y curado en el laboratorio de especímenes de concreto.

NMX-C-160 Industria de la Construcción-Concreto-Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.

NMX-C-169-0NNCCE Industria de la Construcción-Concreto-Prueba de corazones y vigas extraídos de concreto endurecido. c

BIBLIOGRAFÍA

ASTM-C-469-87, Static Module of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.

NOM-008-SCFI-1993, "Sistema General de Unidades y Medidas".

NMX-Z-013-SCFI-1977, "Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas"

Tomado de la Norma NMX-C-128-1997-ONNCCE con fines de promover la capacitación y el buen uso del cemento y del concreto.

Usted puede obtener esta norma y las relacionadas a agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en normas@mail.onnce.org.mx o al teléfono 5273 1991, México, DF.