

PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

Diciembre ■ 2011

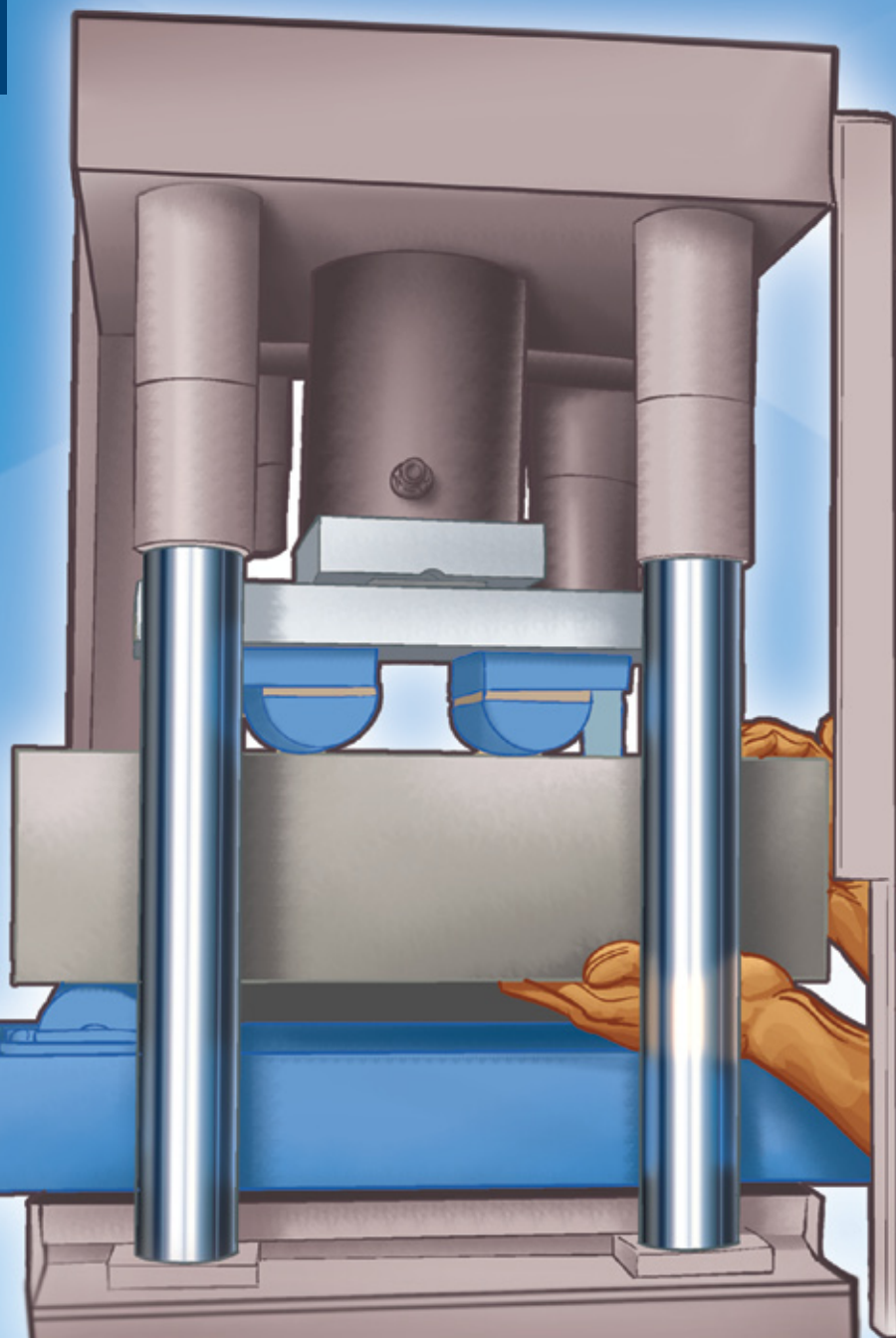


imcyc

EDITADO POR EL INSTITUTO
MEXICANO DEL CEMENTO Y
DEL CONCRETO, A.C.

Cementos hidráulicos:

Determinación
de la resistencia
a la compresión
de cementantes
hidráulicos



52

SECCIÓN
COLECCIONABLE

Cementos hidráulicos: Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos

En este resumen es presentada la Norma Mexicana NMX-C-061-ONNCCE. Usted puede emplear la siguiente información para familiarizarse con los procedimientos básicos de la misma; sin embargo, de ninguna manera reemplaza el estudio completo que se debe hacer de la Norma.

- NMX-C-057-ONNCCE Industria de la construcción–Cementantes hidráulicos–Determinación de la consistencia normal.

- NMX-C-085-ONNCCE Industria de la construcción–Método de mezclado mecánico de pastas y morteros de cementantes hidráulicos.

- NMX-C-144-ONNCCE Industria de la construcción –Cementos hidráulicos–Requisitos para el aparato usado para la determinación de fluidez de morteros con cementantes hidráulicos.

- NMX-C-148-ONNCCE Industria de la construcción- Cementos y concretos hidráulicos–Gabinetes, cuartos húmedos y tanques de almacenamiento–Condiciones de diseño y operación.

Materiales auxiliares

Arena

La arena utilizada para elaborar los especímenes debe ser de cuarzo, de grano redondeado y sin pulir.

Segregación y almacenamiento de la arena graduada

La arena graduada se debe manipular de modo que se evite la segregación, ya que las variaciones en su granulometría causan variaciones en la consistencia del mortero. Se recomienda que los sacos de arena al ser entregados al laboratorio se vacíen y mezcle su contenido por medio de una pala o cucharón. Después, si así se desea, puede volverse a llenar el saco y tomarse la arena directamente de él, según se vaya necesitando.

En ambos casos debe tenerse cuidado de evitar la formación de montículos de arena o de cráteres por cuyos taludes puedan rodar las partículas gruesas. Las tolvas deben ser de dimensiones suficientemente amplias para permitir aplicar las precauciones anteriores y la arena no se debe extraer de las tolvas por gravedad.

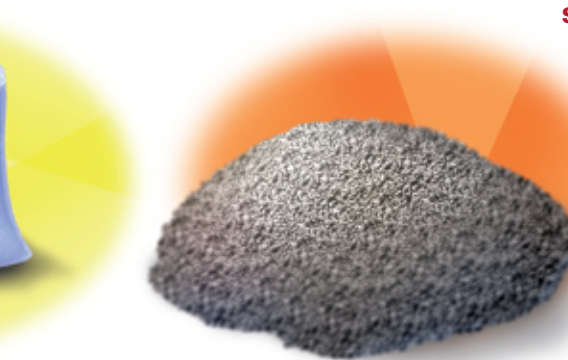
Análisis granulométrico de la arena

Del contenido total de un saco previamente mezclado, se debe obtener por cuarteo. De esta porción, también por cuarteo, se separan cinco muestras con el fin de comprobar la granulometría de la arena.

Las cribas deben estar limpias y secas. Cada criba, con la arena respectiva, y con su fondo y cubierta puesta, debe sujetarse con una mano en posición ligeramente inclinada, moviéndola hacia adelante y hacia atrás en el mismo plano de inclinación, y golpéandola ligeramente, al mismo tiempo contra la palma de la otra mano, 150 veces por minuto, aproximadamente; después de cada 25 golpes, la criba se debe girar 60°, siempre en el mismo sentido. Pueden emplearse dispositivos mecánicos de cribado. Deberán usarse guantes de tela, una tela absorbente (toalla o franela), así como una regla metálica.

Equipo

Balanza: Debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma NMX-C-057-ONNCCE.



Objetivo y campo de aplicación

Esta norma mexicana establece el método de ensayo bajo el cual se determina la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos por medio de especímenes cúbicos de 50 mm por lado.

Referencias

Esta norma se complementa con las siguientes normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan:

- NMX-B-231 Cribas para clasificación de materiales granulares.





de apisonar debe ser plana, y a escuadra con las demás caras.

Probetas: Deben cumplir los requisitos establecidos en la norma mexicana NMX-C-057-ONNCCCE.

Mallas: Las mallas que se emplean corresponden a los especificados como números 100 (0.150 mm) 50 (0.300 mm) 40 (0.425mm) 30 (0.600 mm) y 16 (1.18 mm). Deben cumplir con lo especificado en la norma mexicana NMX-B-231.

Olla y paleta de mezclado: Debe cumplir los requisitos establecidos en la norma mexicana NMX-C-085-ONNCCCE.



Preparación y acondicionamiento de las muestras

Proporcionamiento y mezclado del mortero

La proporción de los materiales secos para elaborar el mortero estándar debe consistir de una parte de cemento y 2.74 de arena graduada, usando una relación de agua-cemento de 0.485 para todos los cementos portland ordinarios (CPO). Para otros cementos diferentes al cemento Portland ordinario (CPO), la cantidad de agua de mezclado debe ser la que produzca una fluidez de 110+ -5%, y se debe expresar en un porcentaje del peso del cemento.

Las cantidades necesarias de materiales se deben mezclar al mismo tiempo. El mezclado debe hacerse mecánicamente, de acuerdo con lo indicado en la norma mexicana NMX-C-085-ONNCCCE. Como guía para un ensayo inicial de fluidez, se puede considerar el uso de una relación agua-cemento en peso de 0.49.

Número de especímenes: El número de especímenes para cada edad especificada de ensayo debe ser tres como mínimo.

Condiciones ambientales

Temperatura y Humedad/Condiciones de temperatura

La temperatura ambiente del laboratorio, así como la de los materiales y del equipo utilizado debe estar entre 20° C y 27° C. La temperatura del agua de mezclado, la del gabinete húmedo, la del curado y la del agua del tanque de almacenamiento de los especímenes, debe ser de 23° C +2° C.

Condiciones de humedad: La humedad relativa del laboratorio debe ser mayor al 50% y la del gabinete húmedo o la del curado debe estar de acuerdo a la NMX-C-148-ONNCCCE.

Procedimiento: Las piezas que forman las caras interiores y la base de los moldes deben cubrirse con una capa de aceite mineral, o de grasa delgada, asegurando que el contacto entre ellos es hermético. Después de armar los moldes, se quita el exceso de aceite o de grasa del interior de las caras así como de las superficies del molde.

Determinación de la fluidez: La parte superior del platillo de la mesa debe limpiarse, secarse con cuidado y colocar el molde al centro. En el molde se pone una primera capa de mortero,

Cuchara plana (cuchara de albañil): La cuchara debe ser de hoja de acero, de 10 cm a 15 cm de longitud, y que sea de forma triangular.

Maquinaria de ensayo: Puede ser una maquinaria de tipo hidráulico, mecánico o una combinación de ambos; de capacidad apropiada y con suficiente separación entre la placa de apoyo superior y la platina inferior para dar cabida a dispositivos de verificación de la máquina.

La placa superior de carga debe estar hecha de un bloque de metal endurecido, con esférico, y firmemente sujeto al centro de la cabeza superior de la máquina. El error máximo aceptable en la calibración debe ser de + -1% de la carga aplicada.

Mesa de fluidez: Debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma mexicana NMX-C-144-ONNCCCE.

Mezclador mecánico: Debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma mexicana NMX-C-085-ONNCCCE.

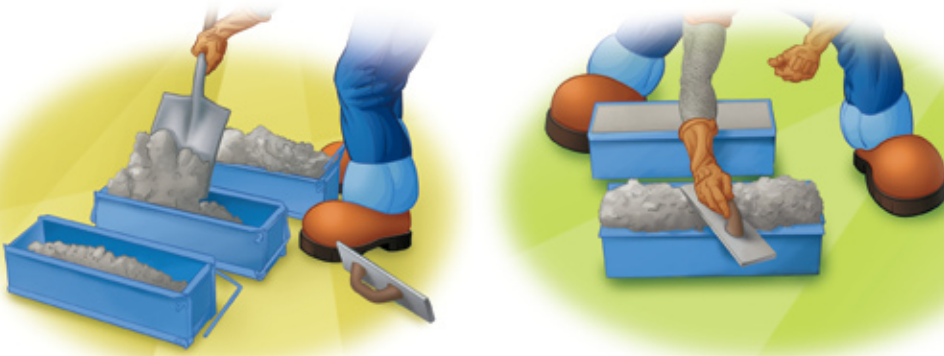
Moldes: Deben cumplir con los requisitos establecidos en la presente Norma.

Preparación de los moldes: Los moldes para la elaboración de los especímenes cúbicos deben ser de un metal no atacable por los morteros, de dureza no menor de B-55 de la escala Rockwell, contruídos de dos piezas, con paredes suficientemente rígidas para evitar deformaciones y provistas de dispositivos que sujeten de modo firme las dos partes entre sí y a éstas con la base, con la finalidad de evitar fugas.

Pesas: Deben cumplir los requisitos establecidos en la norma mexicana NMX-C-057-ONNCCCE.

Pisón: Debe estar hecho de un material no absorbente, no abrasivo ni quebradizo, tal como el hule; deberá tener una dureza Shore A, de 80+ -10. Debe tener una sección transversal de 13 mm por 25, y una longitud de entre 12 cm y 15 cm. La cara





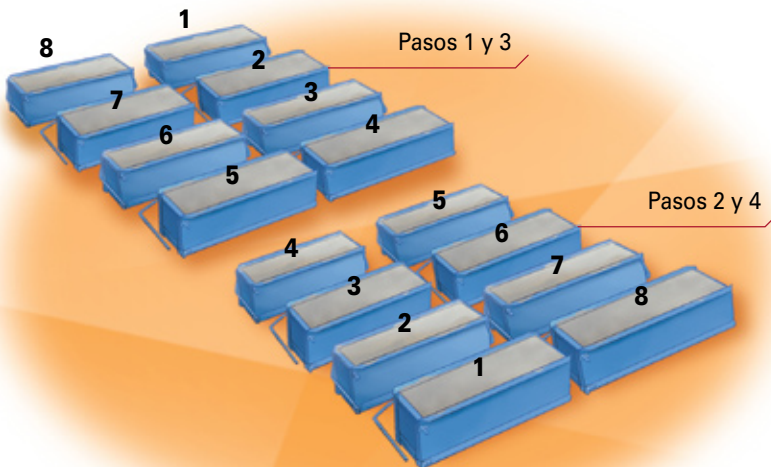
aproximadamente de 25 mm de espesor, que se compacta 20 veces con el pisón. La presión para compactar debe ser la necesaria para asegurar un llenado uniforme del molde. Se debe llenar el molde totalmente y se compacta de nuevo, tal como se especificó para la primera capa.

También hay que enrasar la superficie del mortero pasando al filo de una cuchara de albañil (sostenida ésta de manera casi perpendicular al molde) con un movimiento de aserrado sobre el borde superior del molde. Se deberá limpiar y secar con cuidado la parte del platillo de la mesa de fluidez no cubierta por el molde, y tener especial cuidado de hacerlo en la intersección de la base inferior del molde con la mesa de fluidez.

Al transcurrir un minuto, a partir del momento de haber terminado el mezclado, se levanta el molde, y el platillo se deja caer 25 veces en 15 segundos de una altura de 12.7 mm. Cabe decir que la fluidez es el incremento del diámetro de la base de la masa del mortero, expresado como porcentaje del diámetro de la base original. El diámetro considerado del mortero debe ser el promedio de, por lo menos, cuatro mediciones de diámetro de 45°, aproximadamente. Variando los porcentajes de agua se deben hacer mezclas de ensayo hasta obtener la fluidez especificada. Cada ensayo se debe hacer con un nuevo mortero.

Para el cemento Portland, en el que no se hace el ensayo de fluidez, se deja que el mortero

Figura 1: Apisonamiento en el molde.



permanezca dentro de la olla de mezclado durante 90 segundos, sin cubrir; debe bajarse el material adherido a los lados de la olla durante los últimos 15 segundos de este periodo, luego, se vuelve a mezclar durante 15 segundos. A velocidad media, antes de moldear los especímenes. Al terminar el mezclado, el mortero adherido a la paleta de mezclado se deposita dentro de la olla de mezclado.

Moldeado de los especímenes: De inmediato, después de terminar el ensayo de fluidez, el mortero que se empleó se regresa al recipiente de mezclado mediante la cuchara de albañil; rápidamente, todo el mortero adherido a las paredes del recipiente citado, se incorpora al resto del mortero, y continúa el mezclado por 15 seg a la velocidad media (285 revoluciones por minuto). El mortero adherido a la paleta de mezclado se incorpora al mortero del recipiente.

La preparación de los especímenes se debe empezar dentro de un tiempo no mayor de 2 minutos 30 segundos, a partir de haber terminado el mezclado inicial del mortero. En seguida, se coloca en los compartimientos del molde de los especímenes una capa de mortero de 25mm de espesor aproximadamente, y luego el mortero de cada compartimiento se compacta con el pisón 32 veces, en 10 segundos y en cuatro vueltas.

La iniciación de cada vuelta se efectúa a 90° con respecto a la siguiente (o a la anterior) y consiste en ocho golpes adyacentes repartidos sobre la superficie, tal como se muestra en la figura. La presión para compactar el espécimen debe ser la necesaria para asegurar un llenado uniforme del molde.

Las cuatro vueltas (32 golpes) se deben completar en un espécimen antes de empezar con el siguiente. Una vez terminado el apisonado de la primera capa en todos los especímenes, los compartimientos se deben llenar utilizando el resto del mortero, y se vuelven a compactar tal como se hizo en la primera capa.

Durante el compactado de la segunda capa, todo el mortero que sobresalga del molde después de cada vuelta se regresa al compartimiento con la mano cubierta con guantes de hule, antes de iniciar la siguiente vuelta de apisonado.

Al terminar la compactación, el mortero sobresaliente se extiende suavemente con la cuchara de albañil. A continuación, con la cuchara de albañil se aplana el mortero, regresando a los compartimientos el material que se encuentra en los bordes del molde, con la cuchara de albañil ligeramente inclinada, y una sola vez, a ángulos rectos sobre cada espécimen y en dirección normal al eje longitudinal del molde.

Después de nivelar el mortero de los moldes para que tengan un espesor uniforme, se enrasa la superficie al borde superior del molde usando la cuchara de albañil en posición ligeramente inclinada, por una sola vez, y después se elimina el exceso de mortero, haciendo un corte con la orilla de la cuchara de albañil e imprimiéndole un movimiento de corte de sierra en el sentido longitudinal del molde.

Cuando sea necesario elaborar de inmediato un mayor número de especímenes, se prepara el mortero, igual al que se hizo anteriormente pero eliminando el ensayo de fluidez (para aquéllos en que se deba hacer esta determinación) y se deja en reposo dentro de la olla durante 90 segundos. Después, se mezcla durante 15 segundos, a la velocidad media (de 285 revoluciones por minuto) antes de moldear los especímenes.

Almacenamiento de los especímenes: Inmediatamente después de elaborar los especímenes con su molde, y sobre su placa, se colocan en la cámara o gabinete húmedos, dejando sus superficies expuestas al ambiente, pero protegidas del goteo directo.

Los especímenes deben permanecer dentro de los moldes de 20h a 24h, en caso de que se retiren de los moldes, y antes de las 24h deben conservarse en la cámara o gabinete húmedos hasta que se cumpla la edad. Al cumplir esta edad los especímenes se sumergen en agua saturada de cal en los tanques de almacenamiento construidos con material no corrosivo. El agua de los tanques se debe mantener limpia, renovándola frecuentemente y conservando la saturación de cal.

Ruptura de los especímenes: Al cumplir la edad de ensayo, los especímenes se retiran de la cámara o gabinetes húmedos, o bien de los tanques de almacenamiento, y se ensayan de inmediato con las tolerancias de tiempo recomendadas.

Las tolerancias se toman en cuenta a partir del momento en que se retiran los especímenes de la cámara o gabinete húmedos para los ensayos de 24 horas, y del agua de curado, para los ensayos de las demás edades.

Si se extrae de la cámara húmeda más de un espécimen a la vez para el ensayo de 24 horas, dichos especímenes se deben cubrir con una tela húmeda hasta el momento del ensayo.

Si más de un espécimen se saca del tanque de almacenamiento para ensayarse a otras edades, dichos especímenes se deben colocar hasta el momento del ensayo en un recipiente con agua que las cubra por completo y cuya temperatura sea de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Para obtener resultados confiables en los ensayos es necesario que las caras de los especímenes que se usen sean superficies planas. Es importante conservar los moldes escrupulosamente limpios para evitar irregularidades. Es recomendable que los implementos que se utilicen para la limpieza de los moldes deban ser de material suave, a fin de no causarles desgaste.

Cada espécimen se debe secar superficialmente, quitar los granos sueltos de arena y las incrustaciones de aquéllas caras que hagan contactos con las placas de la máquina. Y se debe comprobar que dichas caras sean planas mediante el uso de una regla.

La carga se debe aplicar sobre las caras de los especímenes que tuvieron contacto con las paredes verticales del molde; el espécimen se coloca en la máquina centrándolo cuidadosamente con respecto a la placa superior. No se deben usar materiales elásticos o de cabeceo; antes del ensayo de cada

espécimen se debe verificar que la placa con asiento esférico esté en condiciones de moverse libremente. Se debe aplicar la carga inicial a cualquier velocidad convenientemente hasta el 50% de la carga máxima esperada, siempre que ésta no sea mayor de 13.3 kN (1,400kgf).

No se debe aplicar carga inicial a los especímenes cuando se superen cargas máximas menores de 13.3kN (1400 kgf). Se ajusta la velocidad de aplicación de la carga de manera que el remanente (o la carga total, en caso de ser inferior a 13.3 kN, 1400 kgf) se aplique ininterrumpidamente hasta la ruptura del espécimen, a una velocidad tal que la carga máxima se alcance en no menos de 20 segundos y no más de 80 segundos. Asimismo, no se deben hacer a los controles de la máquina cuando un espécimen ceda con rapidez antes de la ruptura.

Cálculos y expresión de los resultados

Área de aplicación de la carga

Al calcular la resistencia a la compresión, por lo general puede considerarse al área de la sección transversal del espécimen como de 25 cm^2 , sin embargo, en los casos en que el área del espécimen varíe en más de 0.3 cm^2 con relación al área de 25 cm^2 se debe usar el área real.

La resistencia a la compresión de todos los especímenes hechos de la misma muestra, y ensayados a la misma edad, se obtiene al promediar los resultados e información con una aproximación al $0,1$ de N/mm^2 . **C**

Bibliografía:

- NOM-008-SFI-2006 " Sistema general de unidades de medida"
- NMX-Z-013-SCFI-1997 "Guía para la redacción y presentación de normas mexicanas"
- ASTM-C-109/C-109M 07 "Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars" (Using 2 in or 50 mm Cube Specimens).

Nota: Tomado de la Norma Mexicana NMX-C-061-0NNCCE-2001. Industria de la Construcción-Cementos Hidráulicos: Determinación de la resistencia a la compresión de cementos hidráulicos. Usted puede obtener esta norma y las relacionadas con agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en: normas@mail.onncce.org.mx, o al teléfono 5663 2950, de México, DF.

