

PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

Octubre ■ 2011

Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio

Segunda parte



imcyc

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



50
SECCIÓN
COLECCIONABLE

Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio

Segunda parte

En esta edición se presenta la Norma Mexicana NMX-C-159-ONNCCE-2004, Concreto-Elaboración y Curado de Especímenes en el Laboratorio (Segunda parte). Usted puede conocerla aquí para familiarizarse con los procedimientos básicos. Sin embargo, esta reseña no reemplaza de ningún modo, el estudio completo que se haga de la Norma. Es importante aclarar que, debido a lo extenso de la norma, ésta se ha publicado en dos ediciones; la primera, en la edición de septiembre, donde se abordaron los tópicos: "Objetivo y Campo de Aplicación"; "Referencias"; "Definiciones"; "Materiales auxiliares"; así como "Equipos, aparatos e instrumentos". En esta segunda parte veremos los temas: "Preparación y acondicionamiento de las muestras"; "Procedimiento"; "Pruebas al concreto fresco"; "Expresión de los resultados"; así como "Bibliografía".

Preparación y acondicionamiento de las muestras

Criterios para determinar el tipo de especímenes a elaborarse

- Cilíndricos.
- Prismáticos.
- De otro tipo.

Especímenes cilíndricos: Se elaboran para las pruebas de compresión, módulo de elasticidad, flujo plástico y compresión diametral. Deben tener un diámetro mínimo de 50 mm y una longitud mínima de 100 mm.

Cuando se desee correlacionar o comparar los resultados de estos cilindros con los elaborados en obra, se debe hacer de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-C-160. Los cilindros deben tener 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, de lo contrario



las dimensiones deben quedar especificadas por el método de prueba correspondiente. Cabe decir que los especímenes cilíndricos para las pruebas anteriores, excepto para la de flujo plástico, deben elaborarse y dejarse endurecer con el eje del cilindro en posición vertical.

Los especímenes para la prueba de flujo plástico se pueden elaborar con el eje del cilindro horizontal o vertical. Se deben dejar endurecer en la posición original en que fueron elaborados.

Especímenes prismáticos: Los especímenes tales como vigas para la prueba de flexión, cubos para la de compresión, barras para ciclos de congelación-deshielo, adherencia, cambios de longitud, cambios de volumen y otros, se deben elaborar con su eje mayor horizontal. Además, siguiendo el procedimiento que se establezca en la prueba, se deben elaborar especímenes de otras formas para pruebas especiales.

Dimensión del espécimen en relación al tamaño del agregado: El diámetro de los especímenes cilíndricos a la dimensión menor de una sección transversal rectangular debe ser cuando menos, tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso empleado en el concreto. El tamaño máximo nominal es la dimensión de la criba de menor abertura por la que pasa la totalidad de un agregado.

Número de especímenes: La cantidad de especímenes –y de mezclas de prueba– depende de los objetivos establecidos y de la naturaleza del programa de pruebas. En general, se deben preparar dos o más especímenes para cada edad y para cada condición de prueba, a menos que se especifique otra cosa.

Edad de prueba de los especímenes: Las edades de prueba empleadas son por lo común 7 y 28 días para



las pruebas de resistencia a la compresión, o 14 y 28 días para la de resistencia a la flexión. Los especímenes elaborados con cemento de resistencia rápida, se prueban frecuentemente a 1 día, 3, 7, 14 y 28 días de edad. Para las pruebas de resistencia a la compresión y a la flexión a edades posteriores, se emplean a menudo 3 meses, 6 y 12 meses.

Condiciones ambientales: Este método de prueba se realiza de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar en el que se ejecutan las pruebas, sin embargo, hay que evitar la evaporación excesiva de agua.

Procedimiento

Elaboración de la mezcla: Se mezcla el concreto en una revolvedora o a mano, en revolturas con la suficiente cantidad para dejar un remanente de aproximadamente 10 % después de moldear los especímenes de prueba. El mezclado a mano no debe ser empleado para concreto con aire incluido o concreto de revenimiento cero. Se pueden emplear otros procedimientos cuando se pretendan reproducir condiciones o sistemas especiales, o cuando los métodos especificados no resulten prácticos. Es importante evitar que se alteren las secuencias de mezclado o el procedimiento de revoltura a revoltura, a menos que se pretenda estudiar el efecto de tales variaciones.

Mezclado mecánico

Preparación de la revolvedora: Antes de iniciar el mezclado de la revoltura de prueba, la revolvedora debe prepararse con una de mortero o concreto proporcionada -aproximadamente igual a la de prueba-, y en cantidad suficiente como para cubrir las paredes internas de la revolvedora. Se deben asumir precauciones especiales para limpiar la revolvedora y demás equipo, a fin de asegurar que las sustancias químicas o aditivos que se hayan empleado con anterioridad no afecten a las revolturas subsiguientes.

Mezclado: Antes de iniciar la operación de la revolvedora, debe añadirse el agregado grueso, parte del agua de mezclado y la solución de aditivos, cuando se requiera. Si es factible, el aditivo puede ser disuelto en el agua de mezclado antes de agre-

garla. Se inicia la operación de la revolvedora y luego se añade el agregado fino, el cemento y el agua mientras gire la olla.

Durante tres minutos se mezcla el concreto, después de haber cargado todos los ingredientes, seguido de un descanso de tres minutos; se termina con otro periodo de mezclado de dos minutos. Durante el periodo de descanso, se tapa la boca de la revolvedora con un paño húmedo para evitar la evaporación. Para eliminar la segregación, se deposita el concreto mezclado por la revolvedora en una charola limpia y horneada, y se remezcla con pala o cucharón hasta obtener una apariencia uniforme.

Mezclado a mano: Se mezcla la revoltura con un cucharón en una charola o recipiente metálico liso, limpio y húmedo, empleando el siguiente procedimiento: Se mezcla el cemento, el aditivo insoluble en caso de requerirse, y el agregado fino, hasta lograr una combinación uniforme. Se agrega el agua y la solución del aditivo, en caso de emplearse, y se mezcla hasta obtener un concreto homogéneo, en apariencia, y de la consistencia deseada.

Obtención de la muestra: De la revoltura del concreto se obtiene la fracción representativa para las pruebas y para elaborar los especímenes. Cuando el concreto no esté en proceso de mezclado o de muestreo, se cubre con un paño húmedo para evitar así la evaporación del agua.

Pruebas al concreto fresco

Consistencia: La medida de la consistencia de cada mezcla de prueba debe realizarse inmediatamente después del mezclado, de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-156-0NNCCE o con cualquier otro método normalizado.

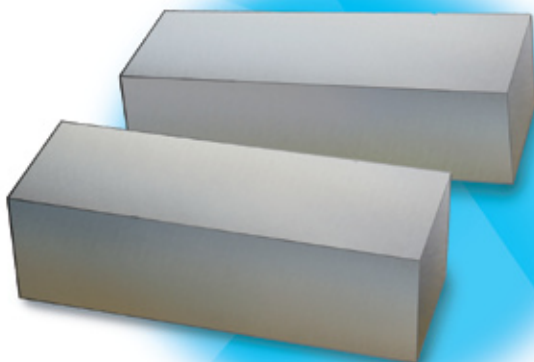
Contenido de aire: Cuando se requiera determinar el contenido de aire, se hará de acuerdo con cualquiera de los métodos establecidos en las Normas Mexicanas NMX-C-157-0NNCCE, NMX-C-158-0NNCCE, o NMX-C-162-0NNCCE. Una vez terminada la prueba, el concreto empleado en la determinación del contenido de aire se desecha.

Rendimiento: Para determinar el rendimiento de cada revoltura de concreto, se hará de acuerdo con la Norma NMX-C-162-0NNCCE. El concreto empleado en las determinaciones de la consistencia y rendimiento puede ser incorporado a la revoltura y remezclarlo.

Tiempos de fraguado: Cuando se requiera la determinación de los tiempos de fraguado del concreto debe realizarse de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-177-0NNCCE.

Elaboración de especímenes

Sitio de elaboración: Los especímenes se elaborarán lo más cerca posible al lugar en donde se almacenarán durante 24 h. Si no es posible su





elaboración en el mismo lugar de almacenaje, se deben transportar cuidadosamente los moldes con los especímenes a dicho lugar inmediatamente después de su enrasado.

Colocación

Número de capas: Los especímenes se elaboran llenando y compactando en capas.

Compactación

Métodos de compactación: La elaboración de especímenes adecuados requiere del empleo de diferentes métodos de compactación. Los métodos de compactación son el varillado y el vibrado interno o externo. La selección del método de compactación debe basarse en el revenimiento, a menos que el método se establezca en las especificaciones estructurales.

Los procedimientos para la elaboración de especímenes y los métodos de prueba deben consultarse en las normas mexicanas correspondientes. Hay concretos que pueden ser compactados con vibración externa; sin embargo, se requieren fuerzas adicionales en la superficie para acomodar completamente el agregado grueso y consolidar la revoltura.

Varillado: Se coloca el concreto dentro del molde, en el número de capas especificado, de aproximadamente igual espesor. Se varilla cada capa con el extremo redondeado empleando el número de penetraciones y tamaño de varilla adecuado. Se compacta la capa inferior en todo su

espesor. Se distribuyen los golpes uniformemente en toda la sección transversal del molde y para cada capa superior, permitiendo que la varilla penetre la capa inmediata inferior. Después de compactar cada capa se debe golpear ligeramente con el mazo de hule las paredes del molde para eliminar hasta

donde sea posible las oquedades que deja la varilla. En el caso de los moldes prismáticos, después de que cada capa se ha varillado, debe introducirse y sacarse repetidamente una cuchara de albañil u otra herramienta adecuada en la zona de contacto del concreto y el molde en todo su perímetro.

Vibrado: La duración requerida para la vibración depende de la consistencia del concreto, la efectividad del vibrado y las dimensiones del molde. Se efectúa la vibración sólo el tiempo necesario para lograr una compactación apropiada del concreto, la cual se logra en el momento en que la superficie del concreto empieza a tener un aspecto relativamente liso. El exceso de vibración puede producir segregación. Se debe procurar que el tiempo de vibrado en moldes similares y en el mismo tipo de concreto sea siempre el mismo. Se coloca dentro del molde todo el concreto de una capa antes de iniciar la vibración de la misma. Se coloca la última capa de tal forma que se evite rebasar el molde, se enrasa la superficie, ya sea durante la vibración, cuando esta se aplique externamente o después cuando se aplique interiormente.

Vibración interna: En el caso de vigas o prismas, el diámetro de la flecha del vibrador interno debe ser, como máximo, la tercera parte del ancho del molde. Para cilindros, la relación del diámetro del cilindro al del vibrador debe ser de 4 o mayor. Al compactar el espécimen, el vibrador no debe descansar o tocar el fondo o los lados del molde, o golpear los elementos ahogados en el concreto, tales como los deformímetros. Se extrae cuidadosamente el vibrador, en tal forma que no produzca oquedades en el espécimen. Después de vibrar cada capa se golpean ligeramente con el mazo de hule los lados del molde, para asegurar la eliminación de burbujas de aire atrapado.

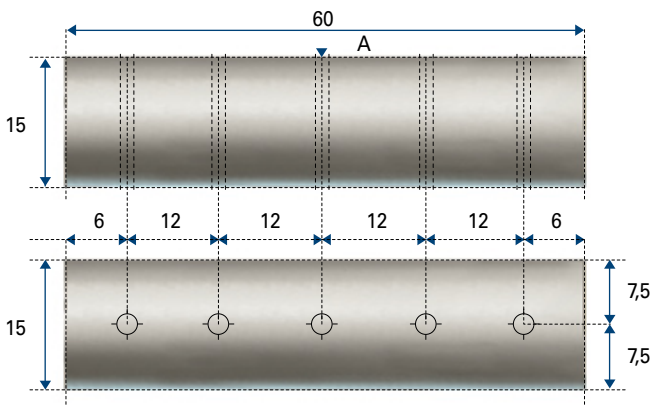
Cilindros: Para cada capa, se introduce tres veces el vibrador en diferentes puntos, permitiendo que penetre la capa en proceso y en la capa inmediata inferior.

Vigas, prismas y cilindros horizontales para flujo plástico: Se introduce el vibrador en separaciones que no excedan de 150 mm, a lo largo del eje longitudinal del espécimen, en ambos lados, pero sin hacer contacto con el deformímetro, en el caso de cilindros para flujo plástico. Para especímenes de ancho mayor de 150 mm, se introduce el vibrador en forma alternada a lo largo de dos líneas, permitiendo que penetre en la capa inmediata inferior (ver Tabla 1)

Vibración externa: Al emplear vibración externa se debe cuidar que el molde este sujeto firmemente contra el elemento vibrador o a la superficie vibratora. El molde debe ser lo suficientemente rígido para asegurar la transmisión de las vibraciones al concreto y no perder su forma durante el vibrado.

Acabado: Después de la compactación con cualquiera de los métodos anteriores, a menos que el enrasado se haya efectuado durante la vibración, se enrasa la superficie del concreto. Si no se especi-

Vista - A



fica el tipo de acabado, debe ser terminada la superficie con un enrasador rígido de metal. Se efectúa el acabado con la mínima de pasadas necesarias para producir una superficie plana y uniforme, que este a nivel con las orillas del molde y que no tenga depresiones o promontorios.

Cilindros: Después de la compactación, se termina la superficie superior enrasándola con un enrasador de metal. Si se desea, se puede cabecear la superficie del cilindro recién elaborado con una capa delgada de pasta de cemento, que se endurezca, y se cure con el espécimen de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-109-0NNCCE.

Cilindros moldeados horizontalmente por flujo plástico: Después de compactado se termina el espécimen con un enrasador curvo, con el mismo radio del espécimen, para terminar con precisión la superficie del concreto en la abertura del molde.

Curado

Protección después del acabado: Para evitar la evaporación del agua en los especímenes de concreto sin fraguar, se deben cubrir inmediatamente después de terminados, de preferencia, con una placa no absorbente y no reactiva, o con una tela de plástico durable e impermeable. Se puede emplear yute húmedo, pero debe cuidarse de mantenerse con humedad y evitar el contacto con el concreto hasta que los especímenes sean extraídos de los moldes.

Descimbrado: Los especímenes deben ser descimbrados no antes de 20h ni después de 48h de su elaboración.

Ambiente de curado: A menos que en otro método se especifique lo contrario, todos los especímenes deben ser curados en humedad a temperatura de $296\text{ K} \pm 3\text{ K}$ ($23^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$) durante las primeras 24 h después de ese tiempo deben mantenerse a una temperatura de $296\text{ K} \pm 2\text{ K}$ ($23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$), con una humedad relativa de 95 % mínima, hasta el momento de la prueba. El almacenaje durante las primeras 48 h debe ser en un sitio libre de vibraciones. Con relación a los especímenes extraídos de los moldes, el curado húmedo significa que los especímenes de prueba pueden mantenerse con agua libre en su superficie en todo tiempo. Esta condición se logra por inmersión en agua saturada con cal, o por almacenamiento en un cuarto húmedo o gabinete que cumpla con los requisitos de la NMX-C-148-0NNCCE. Los especímenes no deben ser expuestos a goteo directo o agua corriente.

Especímenes para pruebas de resistencia a la flexión: Los especímenes para prueba de flexión deben ser curados, con la excepción de que durante el almacenaje, por un periodo mínimo de 20 h inmediatamente antes de la prueba, sean sumergidos en una solución de agua saturada con cal. Al final del periodo de curado entre el momento en que se suspende dicho curado y el inicio de la prueba, debe mantenerse húmeda la superficie del espécimen, pues zonas secas aun pequeñas producen esfuerzos de tensión en las fibras extremas que reducen dicha resistencia.

Tabla 1: Diámetro de la varilla y número de penetraciones empleados para moldear especímenes de prueba.

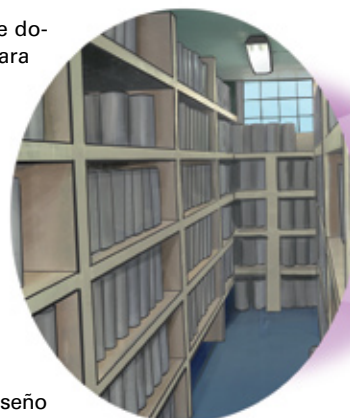
Diámetro del cilindro en cm	Diámetro de la varilla mm	Número de penetraciones por capa
Cilindros verticales		
Entre 5 y menos de 15	10	25
15	16	25
20	16	50
25	16	75
Cilindros horizontales (para flujo plástico)		
15	16	50 en total, 25 de cada lado del eje
Vigas y prismas:		
Area superficial superior del espécimen en cm^2		
1600 menos	10	25
Entre 165 y 310	10	Uno por cada 7 cm^2 de superficie
320 a mas	16	Uno por cada 10 cm^2 de superficie

Expresión de los resultados

Precisión: Al momento de revisar el presente documento no se contó con datos necesarios para establecer la precisión del método.

Informe de la prueba: Cuando sea procedente se debe especificar en el informe lo siguiente:

- Propiedades físicas de los agregados utilizados.
- Tipo de aditivo utilizado y su dosificación.
- Tipo de cemento.
- Tipo de agregado.
- Revenimiento obtenido de la mezcla.
- Relación agua/cemento.
- Relación grava/arena.
- Toda información que haga posible repetir el diseño en igualdad de condiciones. **C**



Bibliografía:

- NOM-008-SCFI-1993. "Sistema general de medidas".
- NMX-B-231 "Industria siderúrgica. Cribas de laboratorio para clasificación de materiales granulares. Especificaciones".
- NMX-C-251-0NNCCE-1997. "Industria de la construcción-concreto-terminología".
- NMX-Z-013-SCFI-1997. "Guía para la redacción y presentación de las Normas Mexicanas".
- ASTM-C-192-81. "Standard method of making and curing concrete test specimens in the laboratory".

Nota: Tomado de la Norma Mexicana NMX-C-159-0NNCCE-2004. Industria de la Construcción-Concreto-Elaboración y Curado de Especímenes en el Laboratorio. Usted puede obtener esta norma y las relacionadas con agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en: normas@mail.onnce.org.mx, o al teléfono 5663 2950, de México, DF.