

MÉTODO MECÁNICO PARA LA COMPACTACIÓN DEL CONCRETO

La vibración (Parte II)

Eduardo de J. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

Su correo electrónico es: evidaud@mail.imcyc.com

Ingrid N. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Doctorado en Ciencias.

Su correo electrónico es: ingrid@fco.uo.edu.cu

Según la literatura técnica, el efecto de la compactación del concreto por vibrado se presenta en dos etapas fundamentales (Fig. 1).

Las dos etapas se dan de forma simultánea; produciéndose la segunda etapa en la zona cercana del vibrador, antes de que la primera etapa se haya completado en las zonas más alejadas de este.

La primera etapa es aquella en que se eliminan las oquedades y se llenan de mortero los grandes vacíos entre los agregados gruesos; sin embargo, el mortero aún contiene muchas burbujas de aire atrapado, con diámetro que puede llegar hasta los 15 mm y en cantidad de hasta 4 ó 5% del volumen total de concreto. Por su parte, en la segunda etapa comienza a producirse el ascenso de estas burbujas a la superficie del concreto. Las más grandes son fáciles de expulsar por su mayor fuerza ascensional; de la misma manera en que las más cercanas al vibrador son liberadas más rápido que las que están en la zona límite del radio de acción.

Durante la primer etapa se requiere un gran consumo de energía (si el esfuerzo de vibración es demasiado bajo, la resistencia interna de la mezcla amortigua el movimiento y el concreto absorbe la energía sin que exista deformación plástica).

EN LA PRIMERA PARTE DE ESTE ESCRITO SE HIZO REFERENCIA A LA COMPACTACIÓN, PRINCIPIO BÁSICO Y MÉTODOS MÁS FRECUENTES; HACIÉNDOSE ESPECIAL ÉNFASIS EN EL FUNDAMENTO TEÓRICO-MATEMÁTICO DE LA VIBRACIÓN.



Figura 1

Figura 2



Proceso de compactación por vibrador.



Fuente: Adaptado de Cement Concrete & Aggregates Australia, 2006.

Vibrador de superficie.



Fuente: <http://www.leiten.com.ar>

Esto es una evidencia de que si se aumenta la fuerza, las propiedades mecánicas de la mezcla y su resistencia al esfuerzo de compactación se reducen, hasta que el material se transforma en un líquido.

Como el concreto "se licua", de inmediato comienza la pérdida de aire; en la que la mayor parte del aire atrapado se libera. Finalmente, una vez que el proceso de liberación de aire cesa, se requiere de poca energía para superar la fricción interna y el efecto amortiguador de la mezcla de concreto es el de un fluido ideal, en donde la superficie vibrada comienza a adquirir un aspecto liso y brillante.

Para concretos densos corrientes, se considera normal un contenido de aire ocluido de entre un 1 y 2% del volumen total; razón por la que en estos la vibración continuará hasta que se remueva suficientemente el aire atrapado, de forma tal que la mezcla fresca sea compatible con la resistencia a la compresión y con otras propiedades a lograr en el concreto endurecido.

La compactación mecánica por vibrado ha evolucionado en la tecnología del concreto a nivel mundial; hasta ubicarse hoy en una práctica muy común en estructuras de concreto simple, armado y prefabricadas. Los especialistas la califican como una aceptable técnica para lograr calidad y economía; fundamentalmente por los efectos considerables que tiene sobre las propiedades reológicas del concreto fresco.

En este ámbito deben referirse las múltiples ventajas de la compactación por vibración; entre las que a simple vista pueden evaluarse los cambios que se producen en el elemento vibrado, principalmente en lo que respecta a la consistencia. El cambio de consistencia en el concreto vibrado se debe al fenómeno explicado en la primer parte de este escrito y que propicia el vibrado, a las partículas sólidas contenidas en el concreto, neutralizando o reduciendo el rozamiento entre ellas, y permitiendo que la mezcla se asiente y compacte por la acción de la gravedad.

Bajo estas condiciones, un concreto seco o de baja consistencia se comporta como un concreto plástico o semifluido, por lo que puede colocarse con facilidad en estructuras donde hacerlo resultaría muy trabajoso o imposible, con un apisonado manual. También se facilita con el vibrado, la colocación de mezclas más ásperas.

De esta manera puede lograrse con la vibración una mejora sustancial en la calidad del concreto o, viceversa, a igualdad de resistencia, una disminución en el

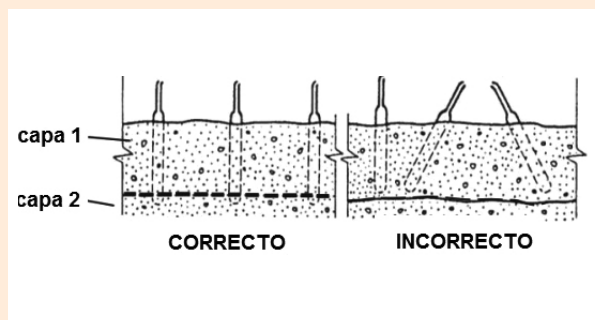
Figura 3



Fuente: <http://www.forevervibrating.com/concrete-vibrating-table.html>

Figura 4

Cuidados en el uso del vibrador de inmersión.



Fuente: Adaptado de CCANZ, 2005.



Figura 5

Junta fría debido a un deficiente vibrado.



Fuente: ATE IMCYC.

contenido de cemento, dado que una reducción en el contenido de arena reduce también el contenido de agua. Podría entonces referirse a las ventajas que derivan de esto, entre las que se ubican: mayor resistencia mecánica y mayor impermeabilidad; lo que a la larga redundaría en mayor durabilidad y resistencia a los agentes agresivos. Igualmente se advierte que en los concretos vibrados se propicia una mejor adherencia entre el concreto y las armaduras de refuerzo, así como también entre capas superpuestas. Elementos significativos se ubican igualmente en la

reducción de los cambios volumétricos, y la menor tendencia a la segregación o exudación del agua.

El vibrado asegura una mayor homogeneidad del concreto, evitando o reduciendo al mínimo la formación de oquedades o "nidios de abeja", que suelen ser comunes en los concretos apisonados. Al mismo tiempo, se afirma que proporciona economía de la mano para la colocación; fundamentalmente si se trata de estructuras fuertemente armadas.

El hecho de que con concreto vibrado puedan utilizarse concretos de consistencia seca (con elevada rigidez inicial), posibilita también desmoldar las piezas inmediatamente después de compactadas; lo que reviste singular importancia en la fabricación de elementos prefabricados.

En el concreto endurecido el efecto en la resistencia a la compresión es drástico; para una relación agua – cemento (a/c) constante, por cada por ciento de aire atrapado la resistencia a la compresión disminuye entre un 3 y un 5%. Asimismo, también la resistencia a la abrasión del concreto en la superficie se presenta mejorada; aunque igualmente se señala que con una vibración excesiva puede producirse un exceso de cantidad de mortero en la superficie, lo que consecuentemente puede reducir la resistencia a la abrasión.

Varios son los equipos utilizados para este fin, basados en diferentes principios y los que se caracterizan por desarrollar un rápido movimiento oscilatorio, transmitido a la mezcla fresca de concreto. Una clasificación de estos es la que divide a los vibradores en dos grandes grupos; según su efecto en el concreto: internos o de inmersión y externos. Entre los vibradores externos se ubican por supuesto: los adosados a la cimbra, los vibradores de superficie (Fig.2) y las denominadas mesas vibratorias (Fig.3).

Los vibradores internos tienen un amplio campo de aplicación y son en general muy utilizados (siempre que la naturaleza del trabajo lo permita) por su mayor rendimiento y facilidad de operación. Dentro de los vibradores externos, los superficiales son mayormente empleados en pavimentos; entre ellos los llamados "de plataforma" y las "reglas vibratorias" que al mismo tiempo que compactan, permiten enrasar la superficie.

Los vibradores adosados a la cimbra, son menos eficaces que los anteriores, ya que una parte de la energía aplicada es absorbida por los moldes o cimbras; en general estos resultan muy útiles para el vibrado en ciertos elementos estructurales, como son los muros poco peraltados y las columnas muy reforzadas, en los que se imposibilita o resulta muy difícil el empleo de vibradores de inmersión.

En esos casos se emplean pequeñas unidades portátiles que se aseguran de forma rígida a la cimbra.

Las mesas vibratorias por su parte son utilizadas de forma extensiva en la industria de la prefabricación, debido a que este procedimiento de vibrado es el que mejor se adapta a las exigencias de la producción en serie. Generalmente las mesas vibratorias se encuentran montadas sobre resortes excéntricos ajustables, y encima de la mesa se aseguran los moldes.

Los vibradores internos son en general los más utilizados, deben aplicarse en número proporcionado al ritmo de colocación del concreto e insertarse a distancias suficientemente cortas como para que sus radios de acción se superpongan parcialmente (Fig.4). En términos generales se recomienda que esa distancia no sea inferior a 60 cm; los vibradores deben ser insertados verticalmente dentro del concreto, durante un tiempo oscilante entre 15 a 20 segundos, hasta que las burbujas de aire comiencen a salir.

Un problema común, cuando de acuerdo a la figura 4, el vibrador no logra penetrar en la capa 2, se muestra en la fotografía de la figura 5. Esta situación se da cuando la capa 2 fragua completamente, antes de que la capa 1 y queda adherida a ésta, generándose así entre ambas capas, una junta "fría".

Diversas fuentes afirman que para que el vibrado propicie las mayores ventajas, la consistencia del concreto debe ser seca o ligeramente plástica. Como se evidenció en este escrito, si la plasticidad es excesiva, el vibrado no produce efectos apreciables de consolidación y, en vez de mejorar la calidad del material, puede producir segregación.

Para evaluar la factibilidad del método de compactación por vibrado es muy importante realizar un estudio granulométrico de la mezcla; con el propósito de evitar la posible segregación que podría ocurrir si los granos más gruesos del agregado tienden a descender bajo las vibraciones, por el efecto de la gravedad.

Otro aspecto clave tiene que ver con la duración e intensidad del vibrado. Para cada tipo de mezcla, existe un período óptimo de vibración, el que proporciona la máxima resistencia del concreto. Superar este período no produciría grandes cambios; pues no se aumentará la resistencia y en cambio sí podría presentarse la segregación de la mezcla. Cuanto menor es el contenido de agua, o cuanto más baja es la relación a/c, con igual contenido de cemento, mayor es el trabajo y el tiempo que requiere su consolidación.

La duración e intensidad del vibrado serán suficientes para producir la completa consolidación de la mezcla, sin llegar a segregarse. El vibrado podrá ser concluido cuando cese la reducción del volumen de concreto y el desprendimiento de burbujas. En este momento, no debe verse en la superficie más que un pequeño exceso de mortero que recubre ligeramente el agregado grueso, señal indicativa de que las oquedades han sido llenadas.

Se comprueba en general, que la vibración del concreto para la compactación produce una mayor calidad y economía; tanto en materiales como en mano de obra. Hoy en día se recomienda el uso de esta técnica aún para las obras pequeñas, siendo prácticamente un requisito indispensable su aplicación para todas las obras de concreto. Como en toda actividad de la tecnología del concreto es necesario tomar cuidados que tengan en cuenta las condiciones de colocación, las particularidades de cada obra y las características del equipo utilizado. Teniendo en cuenta estas consideraciones se logrará esta técnica con suficiente éxito. **C**

REFERENCIAS:

- ACI Committee 309, "ACI 309R-05: Standard Practice for Consolidation of Concrete".
- Cement & Concrete Association of New Zealand (CCANZ), "IB 46: Vibration of Concrete", March 2005.
- Cement Concrete & Aggregates Australia, "Compaction of Concrete", June 2006.
- Hibbeler R. C., "Mecánica para Ingenieros. Estática", Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V., Sexta Edición, México, 1993.
- Howland Albear J. J., "Tecnología del Hormigón", Editorial Félix Varela", La Habana, Cuba, 2010.
- Jiménez Montoya P., García Meseguer Á., Morán Cabré F., "Hormigón Armado", 14ª Edición basada en la EHE, España, 2000.
- L'Hermite R., "A pie de obra", Editorial TECNOS, Madrid, 1969.
- Suprenant B. A., "Concrete Vibration", Concrete Construction Publications, EUA., 1988.