

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA MEDIANTE ENSAYO DE NÚCLEOS DE CONCRETO

**VARIABLES QUE AFECTAN EL RESULTADO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE
CONCRETO**

DOCUMENTO DE CONSULTA

Documento preparado por :
Ing. Rodrigo Quimbay Herrera, MSc
Ingeniero Civil Universidad Nacional de Colombia
Magister en Ingeniería Civil Universidad de Los Andes

Bogotá, Febrero de 2007

VARIABLES QUE AFECTAN EL RESULTADO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO

- VARIABLES DEBIDAS A PROCEDIMIENTOS Y EQUIPO INADECUADOS EN MUESTREO
- VARIABLES DEBIDAS A INADECUADO MANEJO DE PROBETAS
- VARIABLES DEBIDAS A CAMBIOS EN EL CURADO DE LAS PROBETAS
- VARIABLES DEBIDAS A PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DEFICIENTES

1. VARIABLES DEBIDAS A PROCEDIMIENTOS Y EQUIPO INADECUADOS EN TOMA

1. Toma de núcleos en zonas del concreto no representativas (juntas, hormigoneos, etc)
2. Numero de núcleos insuficiente (debe ser de tres por zona en duda en el elemento de concreto)
3. Toma de núcleos en zonas del concreto en el elemento estructural, al que se le aplico agua adicional.
4. Toma de núcleos en edad minima de 14 días después de vaciado el concreto en el elemento
5. Extracción de núcleos irregular que ocasiona microfisuramientos en el concreto
6. Extracción de núcleos sin cumplimiento del diámetro mínimo conforme el tamaño máximo del agregado en el concreto (Diámetro del núcleo mayor o igual al 3 veces el tamaño máximo del agregado y diámetro mínimo de 10 cms)
7. Evitar extracción del núcleo incluyendo acero de refuerzo
8. Evitar en lo posible alteración de la relación altura/diámetro del núcleo (normalmente $h/d=2$), para evitar corrección por altura.
9. Superficie de contacto del núcleo en la prensa no horizontal (defecto de corte)
10. Influencia de la temperatura de la broca enfriada con agua
11. Estado de humedad del nucleo y curado acumulado antes de falla

2. VARIABLES DEBIDAS A INADECUADO MANEJO DE PROBETAS

12. Núcleos golpeados durante la extracción, transporte o almacenamiento en curado
13. Apilamiento de cilindros encima de núcleos tomados, almacenados en camaras o piscinas de curado
14. Exposición de núcleos de concreto antes de falla a temperaturas extremas
15. Falla de núcleos en condiciones no equivalentes a las de servicio del concreto (si va a estar seco el concreto, los núcleos se deben fallar en seco, si las condiciones de servicio va a ser humeda en el concreto del elemento, los núcleos deben fallarse humedos)
16. Núcleos fallados con dimensiones no normalizadas (relacion h/d de 2), sin corrección en el valor de resistencia (Factor de corrección 0.87 para núcleos de relación h/d de 1, núcleos cortados)

3. VARIABLES DEBIDAS A CAMBIOS EN EL CURADO DE LAS PROBETAS

15. Temperatura muy baja del agua en piscina de curado de núcleos (10 a 15 grados Celsius)
16. Agua sucia de curado en piscina-falta de aplicación de cal
17. Exposición de nucleos recién extraídos a condiciones climáticas extremas o líquidos nocivos
18. Cambios abruptos de temperatura de los nucleos (curado variable) antes de rotura
19. Humedad variable de curado en los núcleos antes de falla (caso de condición de servicio humeda)

4. VARIABLES DEBIDAS A PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DEFICIENTES

20. Laboratorios con sistema de refrentado no controlado (almohadillas de neopreno muy desgastadas o camping de azufre irregular)
21. Velocidad de aplicación de carga en el núcleo inadecuada
22. Tipo de falla de núcleos irregular (lateral, desportillamiento mínimo)
23. Factible excentricidad de carga en el ensayo de compresión
24. Densidad de nucleos muy variable por hormigoneos internos (mala compactación en obra)
25. Excentricidad de carga en el ensayo de compresión de nucleos
26. Inexactitud en la lectura del dial de carga en la prensa
27. Descalibración de la prensa de carga

Existen además otros factores importantes que se deben tener en cuenta cuando se utiliza el ensayo de núcleos de concreto para determinar la resistencia a compresión de una zona en duda en un elemento estructural, que implican una correcta interpretación de los resultados de resistencia de los núcleos de concreto, específicamente debido a:

- Núcleos de diámetros menores implican resultados de resistencia ligeramente superiores y más dispersos
- Núcleos extraídos de concretos de mayor resistencia especificada tienen mayor variación entre sí y factible mayor probabilidad de microfisuración
- La dirección de extracción de núcleos puede afectar la resistencia encontrada, tiende a ser mayor un 5 a 10% en la dirección paralela al vaciado del concreto
- El punto de toma con respecto al elemento, la resistencia tiende a ser un 10 o 20% mayor entre mayor sea la profundidad de extracción de toma.

Es importante que el procedimiento de toma y ensayo de los núcleos cumpla las recomendaciones estipuladas en la Norma Técnica colombiana NTC 889 cuyo antecedente es la norma norteamericana ASTM C 42. El ensayo de núcleos de concreto refleja dos aspectos importantes a saber:

- Identifica el nivel de variación en el proceso de obra, atribuibles al vaciado, compactación, descimbrado, protección y curado del concreto en el elemento estructural.
- Identifica el nivel de resistencia probable alcanzada en el concreto en duda en el elemento estructural.

En cuanto al primer punto, si los núcleos son extraídos de zonas donde de antemano se sabe que existió alteración del concreto recibido de planta, por inadecuada colocación (juntas frías, etc), compactación (vibrados deficientes, hormigueos, cavidades, etc), proceso de descimbrado que haya afectado el concreto, con una pobre protección y mal curado en obra, la posibilidad de encontrar valores por debajo del 75% en algún núcleo será muy alta, ya que en general aun cuando el concreto haya llegado bien a la obra, este se altera y desmejora su calidad con los aspectos antes mencionados.

Los criterios de análisis de los resultados de resistencia de núcleos implican que en el caso de verificar la resistencia a compresión con fines de aceptación (Item 2), debió tenerse un adecuado curado del concreto en el elemento estructural, en cuanto a tipo y frecuencia (esto es rociado de agua no muy fría

minimo durante 7 dias o mas para concretos adicionados, curado con sistemas adecuados y bien aplicados: curadores, aspersiones de agua, costales humedos, etc), asi como se debio implementar proteccion contra viento, para evitar evaporacion muy rapida del agua en el concreto, mayor retraccion y enfriamientos-calentamiento abruptos que generan microfisuracion. Además se debe tener en cuenta que en obra, el concreto gana muy poca resistencia después de los 28 dias (menos del 4%) a diferencia de la ganancia de cilindros de laboratorio (de hasta un 12% o más), y que ademas la diferencia entre curar núcleos o cilindros en agua y no curarlos (expuestos al aire) implica una diferencia de hasta un 60% en la resistencia determinada a los 28 dias de edad.

Tambien debe tenerse en cuenta que en las NSR-98 (Normas sismorresistentes colombianas) se especifica que deben extraerse minimo tres núcleos de concreto de la zona en duda en el elemento estructural, determinando que ninguno de los núcleos debe presentar una resistencia menor del 75% de la resistencia especificada y que el promedio de los núcleos sea mayor o igual al 85% de la resistencia especificada. Este factor de disminucion maximo permitido del 25% respecto de la resistencia especificada es aplicado conforme estudios de base para la Norma Norteamericana, aun cuando en paises como Noruega este valor es del 30%, es decir se aceptan concretos cuyo resultado de resistencia de los núcleos extraidos resulte minimo del 70% de la resistencia especificada.

En general el efecto combinado de las variables de ensayo de núcleos (aproximadamente unas 25), conjuntamente con los aspectos referidos a la correcta interpretacion de los resultados y la verdadera o real situacion del concreto en la obra, específicamente del elemento estructural en cuestion, en cuanto al cumplimiento de las recomendaciones de vaciado, compactacion, descimbrado, proteccion y curado, pueden ocasionar variaciones mayores del 25% (de hasta un 50%) que contempla la Norma, ya que la reproducibilidad y repetibilidad de los ensayos destructivos en el concreto (tanto núcleos, como cilindros) se ha comprobado muy baja a nivel internacional. El American Concrete Institute y el CANMET de Canada recomiendan tener en cuenta los metodos de estimacion de resistencia del concreto en obra, mediante ensayos combinados de analisis (Pulso esclerometrico, ultrasonido, maduracion y compresion). Conforme ACI 228 es adecuado determinar por metodos combinados las correlaciones entre las resistencia obtenidas por metodos destructivos y no destructivos entre si para una mayor seguridad en la toma de decisiones en cuanto a la resistencia a compresion del concreto en los elementos en duda en obra, ya sea combinando resultados de cilindros o núcleos contra resultados de esclerometria, ultrasonido o y anticipadamente mediante control téxico y de madurez del concreto (Calorimetria in situ).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AITCIN, Pierre Claude. Departament de genie civil. Université de Sherbrooke, Québec, CANADA, 1998

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, ACI 228R, 318 En ACI. Detroit, Michigan, USA, 1998.

BICKLEY, J.A. Evaluation and acceptance of concrete quality by in-place testing. American Concrete Institute, Detroit, Michigan, USA, 1984

CARINO, N.J. Alternative method to estimate compressive strength on in-place tests, USA, 1993.

HOWLAND, Albear Juan. Elementos de estadística y diseño en Tecnología del hormigón. MICONS, La Habana, Cuba, 1997.

ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, NTC 889, NTC 673, 2275, 3318 Normas para la construcción, Bogotá, Colombia.

LAVON-FRADUA, Martín. Cuando deben ser cuestionados los resultados de ensayos en cilindros de concreto?. Revista Noticreto, Bogotá, Colombia, 1996.

NEVILLE, M. Tecnología del concreto. IMCYC, Instituto Mexicano del cemento y del concreto, 1982

QUIMBAY HERRERA, Rodrigo. Investigacion, Diseño. Obtencion y ensayos de concretos de alta resistencia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1996.

QUIMBAY HERRERA, Rodrigo. Metodología de evaluación del control de calidad del concreto mediante cilindros. Universidad de Los Andes, Bogotá, 1999.

QUIMBAY HERRERA, Rodrigo. El método de la madurez: Un nuevo concepto para el control de calidad del cemento y del concreto, Reunión del Concreto, Cartagena de indias, 1996.

SANDINO A. y otros. Tecnología del hormigón. Asociación de ingenieros civiles de la Universidad Nacional, Bogotá, 1984.