

## Compressive Strength of Cores and Specification Compliance

**Q.** *Last winter, we placed concrete grade beams for an industrial building. A technician from the owner's testing agency took test cylinders but left them unprotected in the cold weather for a week. At 28 days, the average cylinder compressive strength was 2750 psi. Because this was far below the specified  $f'_c$  of 6000 psi, the engineer required three cores to be taken to evaluate the in-place concrete strength. The individual core compressive strengths were 4940, 4970, and 5370 psi, resulting in an average strength of 5090 psi (84.8% of  $f'_c$ ). The engineer rejected the concrete on the basis that the ACI 318-19 Code<sup>1</sup> requires the average core strength to equal 85% of the specified strength. In this case,  $0.85 f'_c = 5100$  psi, so isn't the average core strength of 5090 psi close enough?*

**A.** ACI 318-19, Section 26.12.6.1(e), states: "Concrete in an area represented by core tests shall be considered structurally adequate if (1) and (2) are satisfied:

- (1) The average of three cores is equal to at least 85 percent of  $f'_c$ .
- (2) No single core is less than 75 percent of  $f'_c$ ."

Section 26.12.6.1(f) of the Code also states that: "Additional testing of cores extracted from locations represented by erratic core strength results shall be permitted."

NRMCA Publication No. 185, "Understanding Concrete Core Testing,"<sup>2</sup> provides a methodology to evaluate erratic core results using ASTM E178, "Standard Practice for Dealing with Outlying Observations." Based on this analysis, the 4940, 4970, and 5370 psi core tests are not erratic core test results. Thus, the reported core test results should be used in the analysis.

ASTM C39/C39M, "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens," requires the calculated compressive strength to be reported to the nearest 10 psi. For a 5000 psi strength level, the 10 psi represents 0.2%. However, the required rounding could result in a higher or a lower value.

The ACI Technical Committee Manual (ACI TCM-20)<sup>3</sup> provides guidance on decimal point and implied tolerances in Section 11.6.7: "If tolerances are not stated explicitly, then tolerances are implied by the way the limit is written. For example, if a temperature is specified as 23°C, by the rules of rounding, any temperature between 22.5°C and 23.5°C will round to 23°C and satisfy this requirement. However, if the temperature is specified as 23.0°C, then the permitted range is from 22.95°C to 23.05°C. If a numerical limit is given as a whole number, the implied tolerance is  $\pm 0.5$ , if a limit is given to the nearest 0.1 the implied tolerance is  $\pm 0.05$ , and so forth. These principles need to be considered when using decimal points in numerical limits."

Based on ACI TCM-20, and the way the Code expresses the specified value as 85%, any value above 84.5% should be considered to be within specification compliance.

Lastly, ASTM E29, "Standard Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications," is intended to be used in determining compliance with specifications. The rounding method described in this standard would also indicate that an average core test result of 84.8% would satisfy the Code-required 85%.

### References

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 623 pp.
2. Suprenant, B.A., "Understanding Concrete Core Testing," NRMCA Publication No. 185, National Ready Mixed Concrete Association, Alexandria, VA, 19 pp.
3. ACI Technical Activities Committee, "Technical Committee Manual (ACI TCM-20)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 72 pp.

Note: Additional information on the ASTM standards discussed in this article can be found at [www.astm.org](http://www.astm.org).

Thanks to Bruce Suprenant, ASCC, St. Louis, MO, USA, for providing the answer to this question.

## Resistencia a la compresión de núcleos y cumplimiento de especificaciones

El invierno pasado, colocamos vigas de concreto para un edificio industrial. Un técnico del laboratorio de ensayos del propietario tomó cilindros de prueba, pero los dejó desprotegidos en clima frío durante una semana. A los 28 días, la resistencia a la compresión promedio del cilindro fue de 19.0 MPa (2750 psi).

Debido a que estaba muy por debajo de la resistencia  $f'_c$  especificada de 41.4 MPa (6000 psi), el ingeniero requirió que se tomaran tres núcleos para evaluar la resistencia del concreto en el sitio. Las resistencias a la compresión del núcleo individual fueron de 34.1 MPa (4940 psi), 34.3 MPa (4970 psi) y 37.0 MPa (5370 psi), lo que resultó en una resistencia promedio de 35.1 MPa (5090 psi) (84,8% de  $f'_c$ ). El ingeniero rechazó el concreto con base en el Código ACI 318-19, que requiere que la resistencia promedio del núcleo sea igual que el 85% de la resistencia especificada. En este caso,  $0.85f'_c = 35.2$  MPa (5100 psi), entonces, ¿no es lo suficientemente cercana la resistencia promedio del núcleo de 35.1 MPa (5090 psi)? El ACI 318-19, en la sección 26.12.6.1(e), establece: "El concreto de la zona representada por los núcleos se considera estructuralmente adecuado cuando se cumplen (1) y (2):

- (1) El promedio de tres núcleos es por lo menos igual al 85 por ciento de  $f'_c$ .
- (2) Ningún núcleo tiene una resistencia inferior del 75 por ciento de  $f'_c$ "

La sección 26.12.6.1(f) del Código también establece que: "Cuando los núcleos den valores erráticos, se debe permitir extraer núcleos adicionales de la misma zona"

La publicación NRMCA No. 185, "Comprensión de las pruebas de núcleos de concreto"<sup>2</sup>, proporciona una metodología para evaluar resultados de núcleos erráticos utilizando la norma ASTM E178, "Práctica normalizada para el manejo de observaciones atípicas". Basado en este análisis, las pruebas de núcleos de 34.1 MPa (4940 psi), 34.3 MPa (4970 psi) y 37.0 MPa (5370 psi) no son resultados de ensayos erráti-

cos. Por lo tanto, los resultados reportados de los ensayos de los núcleos deberían utilizarse en el análisis de 34.1 MPa (4940 psi), 34.3 MPa (4970 psi) y 37.0 MPa (5370 psi) no son resultados de ensayos erráticos. Por lo tanto, los resultados reportados de los ensayos de los núcleos deberían utilizarse en el análisis.

La norma ASTM C39/C39M, "Método de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto", requiere que la resistencia a la compresión calculada se reporte a los 0.1 MPa (10 psi) más cercanos. Para un nivel de resistencia de 34.5 MPa (5000 psi), el 0.1 MPa (10 psi) representa 0.2%. Sin embargo, el redondeo requerido podría resultar en un valor mayor o menor.

El Manual del Comité Técnico de ACI (ACI TCM-20)<sup>3</sup> proporciona orientación sobre el punto decimal y las tolerancias implícitas en la Sección 11.6.7: "Si las tolerancias no se establecen explícitamente, las tolerancias están implícitas en la forma en que se escribe el límite. Por ejemplo, si una temperatura se especifica en 23 °C, según las reglas de redondeo, cualquier temperatura entre 22,5 °C y 23,5 °C se redondeará a 23 °C y cumplirá este requisito. Sin embargo, si la temperatura se especifica como 23,0 °C, entonces el rango permitido es de 22,95 °C a 23,05 °C. Si un límite numérico se da como un número entero, la tolerancia implícita es  $\pm 0.5$ , si se da un límite al 0.1 más cercano, la tolerancia implícita es  $\pm 0.05$  y así sucesivamente. Estos principios se deben tomar en cuenta cuando se utilizan puntos decimales en límites numéricos"

Basado en ACI TCM-20 y la forma en que el Código expresa el valor especificado como 85%, cualquier valor superior al 84,5% se debe considerar dentro del cumplimiento de la especificación.

Finalmente, la norma ASTM E29, "Práctica normalizada para usar dígitos significativos en datos de ensayo para determinar la conformidad con especificaciones", tiene el propósito de utilizarse para deter-

minar el cumplimiento de las especificaciones. El método de redondeo descrito en esta norma también indicaría que un resultado de ensayo de núcleo promedio de 84.8% satisface el 85% requerido por el Código.

## Referencias

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 623 pp.
2. Suprenant, B.A., "Understanding Concrete Core Testing," NRMCA Publication No. 185, National Ready Mixed Concrete Association, Alexandria, VA, 19 pp.
3. ACI Technical Activities Committee, "Technical Committee Manual (ACI TCM-20)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 72 pp.

Nota: La información adicional de las normas discutidas en este artículo se pueden encontrar en [www.astm.org](http://www.astm.org).

Gracias a Bruce Suprenant, ASCC, St. Louis, MO, USA, por proveer la respuesta a esta pregunta.

**La traducción de este artículo correspondió a la Sección Costa Rica.**

*Título: P&R Resistencia a la compresión de núcleos y cumplimiento de especificaciones*



Traductor y Revisor técnico:  
Guillermo González Beltrán