

Can Testing Laboratories Have True Companions?

Q. *We work in a rural area with only two ready mixed concrete producers within 30 minutes of most of our jobsites. Concrete testing agencies are directly engaged by the owner, so we have no control over the choice of testing laboratories that monitor our work. However, our local producers often provide their own test personnel to perform concurrent (companion) testing, and they occasionally challenge the test results (for slump, air content, or compressive strength) provided by the owner's testing agency. Table 1 shows test results for one of our projects. How do we know this testing is being conducted properly, and what is an acceptable variance between results from two laboratories performing parallel testing on the same load of concrete?*

A. ACI 301-20, Section 1.7.3,¹ specifies the duties and responsibilities of the owner's testing agency, including:

- Samples are to be obtained in accordance with ASTM C172/C172M² from a full load after all adjustments are made;
- Slump and air content are to be measured in accordance with ASTM C143/C143M³ and ASTM C231/C231M,⁴ respectively; and
- Cylinders produced for strength testing are to be made and cured in accordance with ASTM C31/C31M.⁵

Tests of air content and slump can be made on preliminary samples and adjustments can be made and communicated to the batch plant for subsequent loads. In accordance with ASTM C94/C94M, Section 17.6,⁶ if the slump or air content fall outside specified limits, a check test should be made on a separate sample before a decision is made to reject the load.

When preparing cylinders for testing, they must be cured in the field in accordance with ASTM C31/C31M. Per Section 10.1.2, specimens should be initially stored for up to 48 hours at a 60 to 80°F (16 to 27°C) temperature range for concrete mixtures with a specified strength less than 40 MPa (6000 psi) and 68 to 78°F (20 to 26°C) for mixtures with specified strength of 40 MPa or greater. The initial curing should be documented using a minimum/maximum thermometer or by a

continuous temperature recording device. The cylinders are to be transported to the laboratory within 48 hours (2 days) and subject to curing in a moist room or immersed in lime water and maintained within a temperature of 73.5 ± 3.5°F (23 ± 2°C).

While ACI 301 is silent on the topic, it is acceptable for companion testing to be conducted by quality control personnel representing the concrete producer (alternatively, a third party can capture video of the testing conducted by the owner's testing agency).

The acceptable differences in test results between the two testing agencies are based on interlaboratory studies and stated in precision statements in relevant ASTM standards:

- ASTM C143/C143M, Section 9.1.4, indicates that the acceptable difference of measured slump between two tests on the same sample is 0.82 in. for 1.2 in. (20 mm for 30 mm) slump, 1.10 in. for 3.4 in. (28 mm for 85 mm) slump, and 1.50 in. for 6.5 in. (38 mm for 160 mm) slump;
- ASTM C231/C231M, Section 11.2.2.2, indicates that the acceptable difference between results of two tests on the same sample varies depending on the air content but it's around 0.49 to 1.30% for an average air content between 3 and 8%; and
- ASTM C39/C39M, Section 11.1.3, indicates that test results made from the same sample are not expected to differ by more than 14% of their average, where a test result is the average measured strength of two or three test specimens.

These acceptable differences can be used to compare test results obtained by two testing agencies, ideally performed on the same sample (wheelbarrow), or, less ideally, on different samples from the same load of concrete.

As you noted in your question, Table 1 provides data obtained by two testing agencies. The difference in companion slump test results is no more than 3/4 in. for 4 to 5 in. (19 mm for 102 to 127 mm) slump, which is less than the limit of an acceptable difference stated in ASTM C143/C143M. The maximum difference in air content is 0.3%, which is also less than the acceptable difference stated in ASTM C231/C231M. Finally, differences in compressive strength test results measured by the two testing agencies do not exceed 14% of their average (shown in parentheses) stated in ASTM C39/C39M.

Concrete Q&A

Table 1:
Comparisons of test results provided by the owner's and producer's testing agencies

Date	Testing agency	Slump, in.	Air content, %	28-day compressive strength, psi
10/27/21	Owner	1.00	4.50	5730
	Producer	1-1/2	4.50	6240
	Difference	0.50	0.00	510 (838) [*]
2/8/22	Owner	4-1/2	4.70	5100
	Producer	5.00	4.80	5230
	Difference	0.50	0.10	130 (723) [*]
2/8/22	Owner	4-1/4	4.75	5540
	Producer	4-1/2	4.60	5640
	Difference	0.25	0.15	100 (783) [*]
2/9/22	Owner	4-1/4	7.20	4310
	Producer	4-1/2	7.50	4280
	Difference	0.25	0.30	30 (601) [*]
2/25/22	Owner	5-3/4	4.80	3590
	Producer	5-3/4	5.00	3730
	Difference	0.00	0.20	140 (512) [*]
3/1/22	Owner	4-1/4	5.20	4060
	Producer	5.00	5.50	4530
	Difference	0.75	0.30	470 (601) [*]

^{*}The value in parentheses is 14% of the average of two test results stated in ASTM C39/C39M as the maximum (not-to-be-exceeded) allowable difference between two laboratories

Note: 1 in. = 25 mm; 10 psi = 0.07 MPa

Based on these test results, the differences between the testing agencies are within the precision stated in the applicable ASTM test methods. In most cases, the compressive strength from the concrete supplier's testing agency is marginally higher than those of the owner's testing agency, suggesting that there may be a systemic bias, but there is no basis to indicate that these results are statistically different. We also can't say if the results of one testing agency are better or worse than another.

Further guidance regarding third-party concrete testing and troubleshooting typical testing issues that arise during construction projects, as well as sample concrete strength calculations to help ensure quality of concrete testing, are provided in NRMCA TIP 16,⁷ part of the NRMCA's Technology in Practice (TIP) series.

References

1. ACI Committee 301, "Specifications for Concrete Construction (ACI 301-20)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 69 pp.
2. ASTM C172/C172M-17, "Standard Practice for Sampling Freshly

Mixed Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, 3 pp.

3. ASTM C143/C143M-20, "Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, 4 pp.

4. ASTM C231/C231M-17a, "Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, 10 pp.

5. ASTM C31/C31M-21a, "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2021, 7 pp.

6. ASTM C94/C94M-21b, "Standard Specification for Ready-Mixed Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2021, 15 pp.

7. "TIP 16 - Evaluating Strength Test Results," National Ready Mixed Concrete Association, Alexandria, VA, 8 pp.

Thanks to Colin L. Lobo, Executive Vice President of the Engineering Division, National Ready Mixed Concrete Association, Alexandria, VA, USA; and Bruce A. Suprenant, Technical Director, and Jim Klinger, Concrete Construction Specialist, American Society of Concrete Contractors, St. Louis, MO, USA, for providing the answer to this question.

Concreto, Preguntas y Respuestas: ¿Los laboratorios de pruebas pueden tener pruebas complementarias reales?

P

Trabajamos en un área rural que tan sólo cuenta con dos productores de concreto premezclado a 30 minutos de la mayoría de nuestros sitios de obra. El propietario contrata directamente a las agencias de pruebas de concreto, de manera que no tenemos control sobre la elección de los laboratorios de pruebas que monitorean nuestro trabajo. No obstante, nuestros productores locales a menudo ofrecen a su propio personal para que realice pruebas simultáneas (complementarias) y ocasionalmente cuestionan los resultados de las pruebas (por revenimiento, contenido de aire o resistencia a la compresión) proporcionados por la agencia del propietario. La Tabla 1 muestra los resultados de uno de nuestros proyectos. ¿Cómo sabemos si esta prueba se está realizando apropiadamente y cuál es una varianza aceptable entre resultados de dos laboratorios que llevan a cabo pruebas paralelas sobre la misma carga de concreto?

R

ACI 301-20, Sección 1.7.3¹, especifica los deberes y responsabilidades de la agencia de pruebas del propietario, incluyendo:

- Las muestras deberán obtenerse de acuerdo con ASTM C172/C172M² de una carga completa después de hacer todos los ajustes;
- El revenimiento y el contenido de aire se medirán de conformidad con ASTM C143/C143M³ y ASTM C231/C231M⁴, respectivamente; y
- Los cilindros producidos para pruebas de resistencia se harán y curarán de acuerdo con ASTM C31/C31M⁵.

Las pruebas de contenido de aire y revenimiento pueden hacerse en muestras preliminares y los ajustes pueden realizarse

y comunicarse a la planta dosificadora para cargas subsecuentes. De acuerdo con ASTM C94/C94M, Sección 17.6⁶, si el revenimiento o contenido de aire caen fuera de los límites que se especifican, deberá hacerse una prueba en una muestra separada antes de tomar una decisión de rechazar la carga.

Cuando prepare cilindros para pruebas, deberán curarse en campo de acuerdo con ASTM C31/31M. De acuerdo con la Sección 10.1.2, los testigos deben almacenarse inicialmente hasta 48 horas a un rango de temperatura de 60 a 80°F (16 a 27°C) para mezclas de concreto con especificación de resistencia menor a 40 MPa (6000 psi) y 68 a 78°F (20 a 26°C)

para mezclas con especificación de resistencia de 40 MPa o más. El curado inicial deberá documentarse utilizando un termómetro mínimo/máximo o mediante un dispositivo que registre continuamente la temperatura. Los cilindros deberán transportarse al laboratorio dentro de las 48 horas (2 días) y deberán someterse a curado en una sala húmeda o sumergidos en agua con cal y conservados a una temperatura de entre $73.5 \pm 3.5^{\circ}\text{F}$ ($23 \pm 2^{\circ}\text{C}$).

Si bien ACI 301 no toca este tema, es aceptable que el personal de control de calidad, en representación del productor de concreto, lleve a cabo una prueba complementaria (en su defecto, un tercero puede tomar video de la prueba realizada por la agencia del propietario).

Las diferencias aceptables en los resultados de pruebas entre las dos agencias se basan en los estudios inter laboratorio y se mencionan en las declaraciones de precisión de las normas ASTM pertinentes:

- ASTM C143/C143M, Sección 9.1.4, indica que la diferencia aceptable del revenimiento medido entre dos pruebas en la misma muestra es de 0.82 pulgadas (20 mm) para revenimiento de 1.20 pulgadas (30 mm), 1.10 pulgadas (28 mm) para revenimiento de 3.4 pulgadas (85 mm) y 1.50 pulgadas (38 mm) para revenimiento de 6.5 pulgadas (160 mm).

- ASTM C231/C231M, Sección 11.2.2.2, indica que la diferencia aceptable entre resultados de dos pruebas en la misma muestra varía dependiendo del contenido de aire, pero es de aproximadamente 0.49 a 1.30% para un contenido de aire promedio de entre 3 y 8%; y

- ASTM C39/C39M, Sección 11.1.3, indica que no se espera que los resultados de pruebas hechas con la misma muestra difieran en más de 14% de su promedio, cuando un resultado de prueba sea la resistencia promedio medida de dos o tres testigos de prueba.

Estas diferencias aceptables pueden utilizarse para comparar los resultados de pruebas obtenidas por dos agencias, de preferencia realizadas en la misma muestra (carretilla), o menos preferible, en diferentes muestras de la misma carga de concreto.

Tal como usted observa en su pregunta, la Tabla 1 proporciona datos obtenidos por dos agencias. La diferencia en los resultados de pruebas complementarias de revenimiento no es mayor a 0.75 pulgadas (19 mm) para revenimiento de 4 a 5 pulgadas (102 a 127 mm), que es menos que el límite de una diferencia aceptable mencionada en ASTM C143/C143M. La diferencia máxima en contenido de aire es 0.3%, que también es menor que la diferencia aceptable estipulada en ASTM C231/C231M. Finalmente, las diferencias en los resultados de pruebas de resistencia a la compresión medidos por las dos agencias no superan 14% de su promedio (mostrado entre paréntesis) señalado en ASTM C39/C39M.

Las preguntas de esta columna las hicieron usuarios de documentos ACI y fueron respondidas por el personal de ACI o por un miembro o miembros de los comités técnicos de ACI. Las respuestas no representan la posición oficial de un comité de ACI. Envíe sus comentarios a keith.tsolt@concrete.org.

Tabla 1: Comparaciones de resultados de pruebas proporcionados por las agencias de pruebas del propietario y de productor

Fecha	Agencia de Prueba	Revenimiento Pulgadas	Contenido de Aire %	Resistencia a la Compresión a 28 días, psi
10/27/21	Propietario	1.00	4.50	5730
	Productor	1-1/2	4.50	6240
	Diferencia	0.50	0.00	510 (838)*
2/8/22	Propietario	4-1/2	4.70	5100
	Productor	5.00	4.80	5230
	Diferencia	0.50	0.10	130 (723)*
2/8/22	Propietario	4-1/4	4.75	5540
	Productor	4-1/2	4.60	5640
	Diferencia	0.25	0.15	100 (783)*
2/9/22	Propietario	4-1/4	7.20	4310
	Productor	4-1/2	7.50	4280
	Diferencia	0.25	0.30	30 (601)*
2/25/22	Propietario	5-3/4	4.80	3590
	Productor	5-3/4	5.00	3730
	Diferencia	0.00	0.20	140 (512)*
3/1/22	Propietario	4-1/4	5.20	4060
	Productor	5.00	5.50	4530
	Diferencia	0.75	0.30	470 (601)*

*El valor entre paréntesis es 14% del promedio de los dos resultados de pruebas indicados en ASTM C39/C39M como la diferencia máxima permisible (no deberá superarse) entre dos laboratorios.
Nota: 1 pulgada = 25 mm; 10 psi = 0.07 MPa

Basándose en estos resultados de pruebas, las diferencias entre las agencias están dentro de la precisión estipulada en los métodos de prueba de ASTM correspondientes. En la mayoría de los casos, la resistencia a la compresión de la agencia de pruebas del proveedor de concreto es marginalmente más alta que la de la agencia del propietario, lo que sugiere que puede haber un sesgo sistémico, pero no hay base para indicar que estos resultados sean estadísticamente diferentes. Tampoco podemos decir si los resultados de una agencia son mejores o peores que los de la otra.

En NRMCA TIP 16,⁷ parte de la serie de Technology in Practice (TIP) de NRMCA se ofrece guía adicional respecto a pruebas de concreto realizadas por terceros y solución de problemas comunes de pruebas que surgen durante los proyectos de construcción, así como cálculos de resistencia de una muestra de concreto, con el propósito de ayudar a garantizar la calidad de la prueba de concreto.

Referencias

1. ACI Committee 301, "Specifications for Concrete Construction (ACI 301-20)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 69 pp.
2. ASTM C172/C172M-17, "Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete", ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, 3 pp.
3. ASTM C143/C143M-20, "Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete", ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, 4 pp.
4. ASTM C231/C231M-17a, "Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method", ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, 10 pp.
5. ASTM C31/C31M-21a, "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field", ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, 7 pp.
6. ASTM C94/C94M-21b, "Standard Specification for Ready-Mixed Concrete", ASTM International, West Conshohocken, PA 2021, 15 pp.
7. "TIP 16 – Evaluating Strength Test Results", National Ready Mixed Concrete Association, Alexandria, VA, 8 pp.

La traducción de este artículo correspondió al México Centro y Sur

Título: *Concreto, Preguntas y Respuestas: ¿Los laboratorios de prueba pueden tener pruebas complementarias reales?*



Traductor: Lic. Ana Patricia García Medina Revisor Técnico: M.I. Sergio Váldez Constantino



American Concrete Institute
Always advancing

Valioso. Fácil.

El valor de la membresía del ACI nunca había sido tan grande. Nuestros tres mayores beneficios valen ahora miles de dólares.

- **Nuevo** - Acceso gratuito a todos los webinars y cursos sobre pedido de la Universidad ACI
- Acceso ilimitado a las prácticas ACI (Incluyendo guías y reportes ACI)
- Conexión con más de 30,000 profesionales miembros de ACI en todo el mundo relacionados con la industria del concreto

La membresía del ACI es su mayor recurso para desarrollarse en la industria del concreto. Forma parte de la comunidad mundial más importante dedicada a mejorar el uso del concreto

"ACI es la primera organización para la industria del concreto. El convertirse en miembro de ella, fortalecerá la carrera profesional de quién lo haga"
John F.

La membresía del ACI significa un gran valor para su carrera.

Los miembros del ACI lo saben

Inscríbete en concrete.org