

Measuring Flatness of Elevated Floors

Q. *As a concrete contractor, I'm dealing with a problem related to floor flatness of an elevated slab. The general contractor (GC) surveyed the elevated slab 20 days after the first placement and 5 days after the second—all of which was after tensioning of tendons and partial removal of shoring. The GC is trying to hold me accountable for 1/4 in. in 10 ft (6 mm in 3 m) tolerance when the survey cut sheet is showing as much as 3/4 in. (19 mm) positive deviation from floor flatness (F_f) elevation. Can I dispute that the slab F_f meets the $\pm 3/4$ in. deviation from the elevation limit for formed suspended slabs provided in Section 4.4.1 of ACI 117-10(15)?*

A. This question comes up regularly but is clearly answered in ACI 117-10(15). ACI 117-10(15) includes a full six pages (from Section 4.8.4 to 4.8.7) of specification and commentary covering random traffic floor surface finish tolerances. Several techniques for measuring the flatness (bumpiness) are included to describe the degree to which a floor surface is smooth or plane.

It sounds as though your specific project had a flatness requirement of 1/4 in. in 10 ft measured using the manual straightedge method. Commentary Section R4.8.4 in ACI 117-10(15) includes Table R4.8.4, which provides a rough relationship between the manual straightedge method and the statistical F_f method based on a study of six groups of 100 individual profiles each (600 total). A requirement of 1/4 in. in 10 ft roughly equates to a specified overall floor flatness (SOF_f) ranging from 24.0 to 45.9, which is in the “Flat” floor classification. Whichever method is used, the testing must be completed within 72 hours of final finishing and before the removal of any shores, as specified in Section 4.8.4.4 of ACI 117-10(15):

“Floor test surfaces shall be measured and reported within 72 hours after completion of slab concrete finishing operations and before removal of any supporting shores.”

As stated in Commentary Section R4.8.4.4, “The purpose for establishing a default 72-hour time limit on the measurement of floor surfaces is to avoid any possible conflict

over the acceptability of the floor and to alert the Contractor of the need to modify finishing techniques on subsequent placements, if necessary, to achieve compliance.”

All slabs deform due to temperature contraction and drying shrinkage, and resulting restraint cracking can impact flatness. And, for elevated slabs, the tensioning of tendons and removal of shoring can result in deflections that can impact flatness testing results. Concrete contractors are only responsible for establishing specified flatness during the finishing operations.

While the F_f measured using the F-number system has specific test requirements outlined in ASTM E1155,² the manual straightedge method is not covered by an ASTM test standard. However, ACI 117-10(15) provides compliance requirements for this method in Table 4.8.6.1. For the “Flat” floor surface classification, 90% of the test samples are required to be within a maximum gap of 1/4 in. under a 10 ft straightedge, and 100% of the test samples are required to not exceed a maximum gap of 3/8 in. (10 mm) under a 10 ft straightedge. A sample is a single placement of the straightedge. ACI 117-10(15) also requires a minimum number of samples based on the area of the floor (Section 4.8.6.2.2), as well as samples to be evenly distributed over the test surface (not closer than 5 ft [1.5 m] apart per Section 4.8.6.2.6).

ACI 117-10(15), Section 4.8.6.3, permits a computerized simulation of a freestanding 10 ft straightedge as an alternative to the manual test procedure discussed above or established in contract documents. As stated in Commentary Section R4.8.6.3, this method requires that data be collected along lines in a manner similar to the description in ASTM E1155 or ASTM E1486.³

So, as the GC surveyed the two placements in your project well beyond the required 72-hour limit, the opportunity to verify compliance with the specified 1/4 in. in 10 ft was missed. There is no way to determine whether or not the specified flatness was achieved during finishing operations as

Questions in this column were asked by users of ACI documents and have been answered by ACI staff or by a member or members of ACI technical committees. The answers do not represent the official position of an ACI committee. Comments should be sent to keith.tosolt@concrete.org.

Concrete Q&A

the time limit was exceeded, the tendons were tensioned, and the shoring was partially removed. It is unclear whether the GC even measured flatness correctly.

Compliance with the $\pm 3/4$ in. deviation from elevation, as specified in ACI 117-10(15), Section 4.4.1, is an entirely separate requirement. And this requirement must also be measured before removal of supporting shores, so the test results obtained on your project cannot be used to verify compliance with that requirement either.

If these floors were measured within the required time limits and before the removal of shoring, the remedy for noncompliance for the elevated slab would be the same as the one provided in Commentary Section R4.8.4 of ACI 117-10(15) for slabs-on-ground:

“The remedy for noncompliance with specified defined flatness tolerances should be included in specification language. For random traffic slabs-on-grade, the remedy can range from liquidated damages, to localized grinding, to application of a topping, to removal and replacement, depending on the purpose for which the slab is being installed. The remedy for defined traffic installations is generally grinding of high spots.”

It is rare that a remedy is included in the contract documents. It is advisable that a discussion be held regarding the remedy prior to concrete placement and finishing. Depending on the intended use of the floor, an example of an appropriate resolution for noncompliance has been to provide a warranty covering an appropriate amount of localized grinding in areas that impact the operation. It is often difficult to predict whether noncompliance will actually impact a

random traffic operation but, occasionally, local issues arise at some joints over the first 2 years of service. An extended warranty to provide grinding at these localized areas, if and when they develop, has been a successful remedy. Note that grinding will remove the troweled surface finish and potentially expose aggregate, so owners may choose to forego grinding and accept the as-constructed surface until grinding actually becomes necessary. Therefore, when accepted as a remedy for noncompliance, the amount of potential grinding provided in an extended warranty should consider the type of operation anticipated as well as the design details for the floor (that is, the anticipated amount of deformation due to drying shrinkage and/or deflection after tensioning tendons, removing shoring, and concrete drying, none of which the concrete contractor is responsible for).

References

1. ACI Committee 117, “Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI 117-10) and Commentary (ACI 117R-10) (Reapproved 2015),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 76 pp.
2. ASTM E1155-23, “Standard Test Method for Determining F_r Floor Flatness and F_L Floor Levelness Numbers,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2023, 8 pp.
3. ASTM E1486-14(2022), “Standard Test Method for Determining Floor Tolerances Using Waviness, Wheel Path and Levelness Criteria (Metric),” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, 12 pp.

Thanks to Scott Tarr, North S.Tarr Concrete Consulting, PC, Dover, NH, USA, for providing the answer to this question.

Stay Up-to-Date with the ACI Concrete Industry Calendar!

Whether you're interested in networking with industry leaders, learning a new technology, or wanting to let others know about your upcoming event, be sure to check out the ACI Events Calendar. With just a few clicks, you can connect with an event near you or post your own event to share with the world!



American Concrete Institute
Always advancing

Search your Events Calendar by...



Certifications and Training



Seminars and Webinars



Events

Search, Click, Connect!

Visit the Events Calendar Page at
www.concrete.org/calendar

Medición de la Planicidad de Losas Elevadas

P. *Como contratista de concreto, enfrente un problema relacionado con la planicidad de las losas de un piso elevado. El contratista general (GC [por sus iniciales en inglés]) inspeccionó la losa elevada 20 días después de la primera colocación y 5 días después de la segunda – todo lo cual fue posterior al tensado de tendones y el retiro parcial del apuntalamiento. El GC está tratando de responsabilizarme por la tolerancia de ¼ pulgada en 10 pies (6 mm en 3 m) cuando la hoja de información de la inspección muestra una desviación positiva de hasta ¼ pulgada (19 mm) desde la elevación de la planicidad del piso (F_F). ¿Puedo refutar que la losa FF cumple con la desviación de \pm ¼ pulgada desde el límite de elevación para losas suspendidas con cimbra tal como se estipula en la Sección 4.4.1 de ACI 117-19(15)?*

R. Esta pregunta surge con frecuencia, pero se responde claramente en ACI 117-10(15).

ACI 117-10(15) incluye seis páginas completas (de la Sección 4.8.4 a la 4.8.7) de especificaciones y comentarios que cubren tolerancias en el acabado de superficies de pisos con tránsito aleatorio. Se incluyen varias técnicas para medir la planicidad (irregularidades) con el propósito de describir el grado al que la superficie del piso es lisa o plana.

Al parecer su proyecto específico tuvo un requerimiento de planicidad de ¼ pulgada en 10 pies medidos con el uso del método de regla de borde recto manual. La Sección de Comentarios R4.8.4 en ACI 117-10(15) incluye la Tabla R4.8.4 que proporciona una relación aproximada entre el método de regla de borde recto manual y el método FF estadístico basado en un estudio de seis grupos de 100 perfiles individuales de cada uno, (600 en total). Un requerimiento de ¼ pulgada en 10 pies apenas

equivale a una planicidad total de piso especificada (SOF_F) que varía de 24.0 a 45.9 y que se encuentra en la clasificación de piso “Plano”. Cualquiera que sea el método que se utilice, la prueba deberá concluirse dentro de las 72 horas posteriores al acabado final y antes del retiro del apuntalamiento, tal como se especifica en la sección 4.8.4.4 de ACI 117-10(15):

“Las superficies de prueba del piso deberán medirse y reportarse dentro de las 72 horas siguientes posteriores a la terminación de las operaciones de acabado de concreto de la losa y antes de retirar los puntales de apoyo”.

Tal como se determina en la Sección de Comentarios R4.8.4.4, “El Propósito de establecer un límite de tiempo predeterminado de 72 horas en la medición de superficies de pisos es para evitar posibles conflictos respecto a la aceptabilidad del piso y para alertar al Contratista sobre la necesidad de modificar técnicas de acabado en colados subsecuentes, si fuera necesario, para lograr el cumplimiento”.

Todas las losas se deforman debido a la contracción por temperatura y secado y el agrietamiento por la contracción resultante puede impactar en la planicidad. Asimismo, para losas elevadas y postensadas, el tensado de los tendones y el retiro del apuntalamiento pueden dar por resultado deflexiones que podrían impactar en los resultados de pruebas de planicidad. Los contratistas de concreto sólo son responsables de establecer la planicidad que se especifique durante las operaciones de acabado.

Si bien el F_F medido mediante el uso del sistema del número “F” tiene requerimientos de prueba específicos descritos en ASTM E1155², el método de regla de borde recto manual no está cubierto por una norma de prueba ASTM. No obstante, ACI 117-10(15) proporciona requerimientos de cumplimiento para este método en la Tabla 4.8.6.1. Para la clasificación de superficie de piso “Plano”, se requiere que 90% de las muestras de prueba se encuentren dentro de un espacio máximo de ¼ de pulgada bajo una regla de borde recto de 10 pies y se requiere que 100% de las muestras de prueba no superen un espacio máximo de ⅜ pulgada (10 mm) bajo una regla de borde recto de 10 pies. Una muestra es una colocación sencilla de la regla de borde recto. ACI 117-10(15) también requiere un número mínimo de muestras basadas en el área del piso (Sección 4.8.6.2.2), así como muestras que deben estar uniformemente distribuidas sobre la

superficie de la prueba (a no más de 5 pies [1.5 m] de distancia, de conformidad con la Sección 4.8.6.2.6).

ACI 117-10(15), Sección 4.8.6.3 permite una simulación computarizada de una regla de borde recto independiente de 10 pies como una alternativa al procedimiento de prueba manual antes mencionado o determinado en los documentos del contrato. Tal como se estipula en los Comentarios de la Sección R4.8.6.3, este método requiere que los datos se recolecten siguiendo los lineamientos de manera similar a la descripción que se encuentra en ASTM E1155 o ASTM E1486³.

Entonces, debido a que el GC inspeccionó las dos colocaciones de su proyecto más allá del límite requerido de 72 horas, se perdió la oportunidad de verificar el cumplimiento con el $\frac{1}{4}$ pulgada en 10 pies que se especifica. No hay forma de determinar si la planicidad especificada se logró o no durante las operaciones de acabado, ya que el límite de tiempo se excedió, los tendones se tensaron y el apuntalamiento se retiró parcialmente. No queda claro incluso, si el GC midió correctamente o no la planicidad.

El cumplimiento con la desviación de $\pm\frac{3}{4}$ pulgada desde la elevación, tal como se especifica en ACI 117-10(15), Sección 4.4.1, es un requerimiento totalmente separado. Y este requerimiento también deberá medirse antes de retirar los puntales de apoyo, de manera que los resultados de la prueba obtenidos en su proyecto tampoco pueden utilizarse para verificar el cumplimiento con ese requerimiento.

Si estos pisos se midieron dentro de los límites de tiempo requeridos y antes de retirar el apuntalamiento, el subsanado para el no cumplimiento de la losa elevada sería el mismo que se proporciona en los Comentarios de la sección R4.8.4 de ACI 117-10(15) para losa sobre terreno:

“La medida correctiva para no cumplimiento de las tolerancias de planicidad definidas en la especificación deberá incluirse en la redacción de la misma. Para losas sobre rasante de tránsito aleatorio, la acción correctiva puede variar desde daños eliminados, hasta esmerilado localizado, aplicación de un acabado, retiro y reemplazo, dependiendo del propósito para el cual se esté instalando la losa. La solución para instalaciones de tránsito determinado, por lo general es el esmerilado de los puntos altos”.

Es raro que se incluya una acción correctiva en los documentos de contrato. Es aconsejable sostener una plática respecto a la solución antes de la colocación del concreto y del acabado.

Dependiendo del uso previsto del piso, un ejemplo de una resolución apropiada para no cumplimiento ha sido proporcionar una garantía que cubra una cantidad apropiada de esmerilado localizado en áreas que impacten la operación. A menudo es difícil predecir si el no cumplimiento en realidad impactará una operación de tránsito aleatorio, pero, en ocasiones surgen problemas locales en algunas juntas en los primeros 2 años de servicio. Una solución exitosa ha sido una garantía extendida para proporcionar esmerilado de estas áreas localizadas cuando se desarrollen. Observe que el esmerilado retirará el acabado de la superficie aplicado con llana y potencialmente expondrá el agregado, de manera tal que los propietarios pueden elegir prescindir del esmerilado y aceptar la superficie tal como está construida hasta que el esmerilado sea realmente necesario. Por lo tanto, cuando se acepte como medida correctiva para no cumplimiento, la cantidad de esmerilado potencial proporcionado en una garantía extendida deberá considerar el tipo de operación esperada, así como los detalles de diseño para el piso (es decir, la cantidad prevista de deformación debida a la contracción por secado y/o a la deflexión posterior al tensado de los tendones, retiro del apuntalamiento y secado del concreto, de nada de lo cual es responsable el contratista).

Las preguntas que aparecen en esta columna las hicieron usuarios de documentos ACI y han sido respondidas por el personal de ACI o por un miembro o miembros de comités técnicos de ACI. Las respuestas no representan la postura oficial de un comité ACI. Envíe sus comentarios a keith.tosolt@concrete.org.

Referencias

1. Comité ACI 117, “Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI 117R-10) and Commentary (ACI 117R-10) (Aprobado Nuevamente en 2015),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 76 pp.
2. ASTM E-1155-23, “Standard Test Method for Determining FF Floor Flatness and FL Floor Levelness Numbers,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2023, 8 pp.
3. ASTM E1486-14(2022), “Standard Test Method for Determining Floor Tolerances Using Waviness, Wheel Path and Levelness Criteria (Metric),” ASTM International, West Conshohocken, Pa, 2014, 12 pp.

Gracias a Scott Tarr, North S. Tarr Concrete Consulting, PC, Dover, NH, Estados Unidos de Norteamérica, por proporcionar la respuesta a esta pregunta.

Título original en inglés:
**Measuring Flatness of
Elevated Floors**

**La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo de
México Centro y Sur**



Traductora:
**Lic. Ana Patricia
García Medina**



Revisor Técnico:
**Dr. Estéban
Astudillo de la Vega**