LOS CUÁNDO, POR QUÉ Y CÓMO DE LAS FISURAS EN EL HORMIGÓN FRESCO

SEGUNDA PARTE: Fisuración por contracción plástica

Ms. Ing. Maximiliano Segerer
Control y Desarrollo de Hormigones S.A.
www.cdhormigones.com.ar

La fisuración por contracción plástica es, sin dudas, la causa más común de fisuración del hormigón fresco, y en segundo lugar la fisuración por asentamiento plástico que se publicó en el número anterior de Hormigonar.

Cabe destacar que el riesgo de la fisuración del hormigón por contracción o retracción plástica se trata en gran parte de la bibliografía especializada, en los capítulos de hormigonado en clima caluroso, así como también en el Reglamento CIRSOC 201. De todas maneras, en otras condiciones ambientales también puede aparecer este tipo de fisuración, fundamentalmente en climas áridos y/o ventosos aun para temperaturas bajas; ambos climas presentes en nuestro país. Esta fisuración tan 'cotidiana y molesta', que todos los que trabajan en contacto con el hormigón habrán padecido, puede prevenirse y evitarse siguiendo sencillas reglas prácticas.

¿Cuándo y por qué aparecen las fisuras por contracción plástica?

La fisuración por contracción plástica aparece en la superficie del hormigón fresco pocos momentos después de la colocación, mientras se está acabando el hormigón o después de esta tarea, aproximadamente entre 1 a 3 horas del colado del hormigón. Estas fisuras aparecen principalmente en superficies de losas, pavimentos y pisos industriales y se las puede eliminar si se toman medidas preventivas, fundamentalmente en lo que respecta a las tareas de protección y curado. Estas fisuras son características de las superficies en contacto con el ambiente, no apareciendo en elementos encofrados como columnas o tabiques. De allí la importancia que tienen en elementos como pisos industriales y losas, ya que su reparación, por más sencilla que sea, insumirá muchos más recursos que las medidas preventivas que pueden adecuarse a cada caso en particular.

El mecanismo de fisuración es relativamente sencillo de explicar. Las fisuras aparecen cuando el agua se evapora de la superficie más rápidamente que la aparición del agua de exudación, creando un secado rápido y prematuro y con ello tensiones de tracción que el hormigón no puede absorber, ya que no ha iniciado su fraguado. El principio fundamental para comprender su génesis puede resumirse de la siguiente manera:

Si → velocidad de evaporación > velocidad de exudación → fisuración por contracción plástica

Analizando el concepto anterior es fácil comprender que un hormigón 'con mucha' agua se fisurará en estado fresco en menor grado por contracción plástica que un hormigón elaborado de calidad o 'con menos agua'. En estado endurecido, que son las fisuras más graves para la resistencia y durabilidad, ocurre lo contrario. Es decir, cuando un hormigón exuda mucho (elevado contenido de agua y granulometría inadecuada, entre otros »



Figura 1 - Fotografías fisuras contraccion plastica

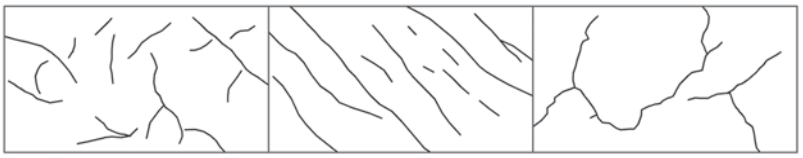

Figura 2 - Patrones fisuracion contraccion plastica

parámetros) la evaporación de esta agua de exudación se verá retardada y no se secará rápidamente la superficie, por lo que existirá un riesgo de contracción plástica inferior, aunque decenas de inconvenientes más graves para todo tipo de estructuras, especialmente pisos y pavimentos. Como se explicó en el artículo del número anterior y como es conocido, hormigones que exuden en demasía no son adecuados para la industria del hormigón elaborado y son hormigones por lo general de baja performance en resistencia y, fundamentalmente, en durabilidad. De todas maneras no debe eliminarse completamente el agua de exudación, pero debe mantenerse en un mínimo compatible con las condiciones de puesta en obra.

Una losa o pavimento recién terminado presenta un brillo superficial producto de la presencia de agua de exudación que tiende a perderse luego de un determinado tiempo, que será más o menos extenso dependiendo de las condiciones climáticas en el momento del colado y del grado de protección logrado. Cuando el agua se evapora, la superficie tiende a opacarse, pierde el brillo y se traduce en una pérdida de masa en la zona cercana a la superficie cuya consecuencia es una retracción diferencial de la zona superficial respecto del resto del hormigón, que al estar saturado en contacto con una base o encofrados bien humedecidos no sufre variaciones dimensionales. Si la superficie se seca después de las 3 a 5 horas, cuando el hormigón está próximo a iniciar su fragüe, el hormigón no se figurará, por lo que las medidas deberán focalizarse en proteger al hormigón las primeras horas después del colado.

Ya que se encuentra 'limitada tecnológicamente' o, en otras palabras, que no puede aumentarse en demasía uno de los parámetros de la expresión del principio de fisuración (la velocidad de exudación), se deberá estudiar fundamentalmente el segundo factor de la ecuación: la velocidad de evaporación. Las condiciones o factores que aumentan la evaporación del agua en cualquier condición, no sólo en el hormigón fresco, son:

- Elevada temperatura del aire
- Elevada temperatura del hormigón
- Baja humedad relativa
- Elevada velocidad del viento

Como se estudiará más adelante, las principales medidas para prevenir la fisuración por contracción plástica serán aquéllas que disminuyan la temperatura, las que aumenten la humedad relativa en las inmediaciones del elemento recién

hormigonado y las que tiendan a protegerlo eficazmente del viento, que tenderá a 'robarle' agua al hormigón, como las otras causas mencionadas.

Además, debe considerarse que el agua no sólo puede 'escaparse' por la parte superior si no se la protege adecuadamente sino también puede hacerlo por abajo. Este es el caso de sub-bases muy secas que tienden a absorber una gran cantidad de agua, lo cual, independientemente del curado empleado, fisurará al hormigón.

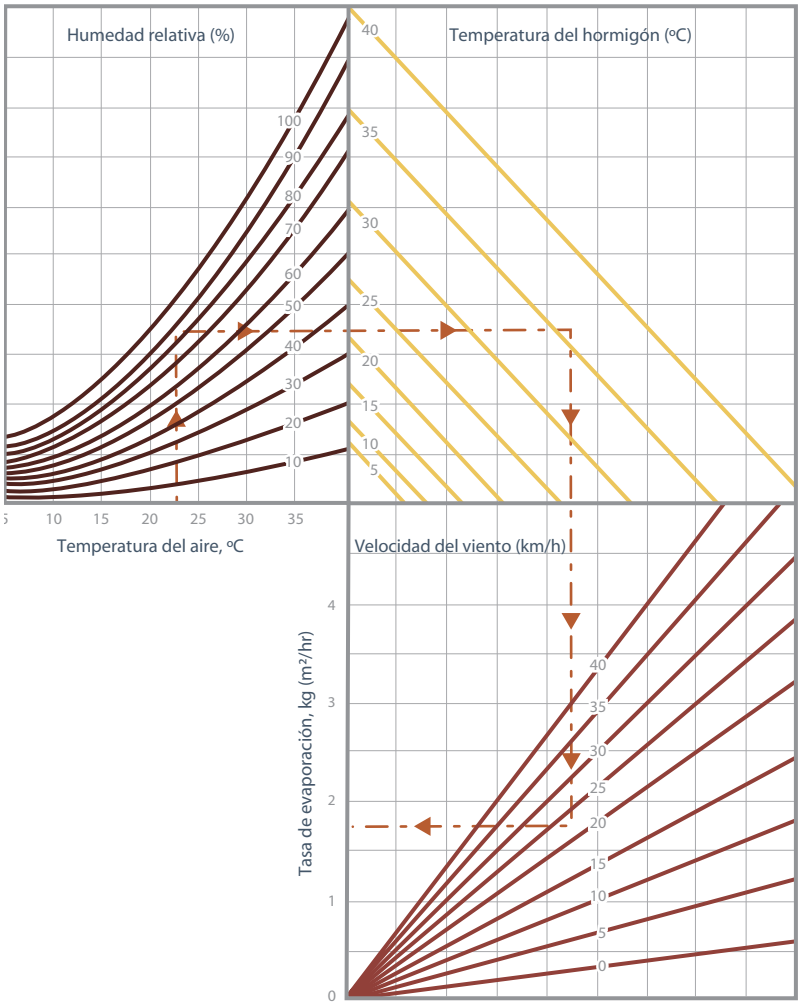

Figura 3 - Abaco velocidad de evaporacion

¿Cómo identificarlas?

Las fisuras son generalmente erráticas y en algunos casos pueden seguir la dirección predominante del viento, pero no presentan un patrón tan definido como en el caso de las fisuras por asentamiento plástico, siendo este aspecto una herramienta muy útil para su identificación en obra. Algunas fotografías de fisuras por contracción plástica y sus patrones característicos se presentan en las figuras 1 y 2 respectivamente.

La longitud de las fisuras va generalmente de 10 centímetros (cm) a 3 metros (m) y se espacian de 15 a 90 cm, no apareciendo en general en el perímetro de losas. Las fisuras más largas se presentan generalmente orientadas con la dirección del viento y paralelas entre sí. En muchos casos presentan una forma característica de 'pata de gallo', uniéndose tres fisuras de manera radial. La abertura de las fisuras llega en algunos casos a 3 mm y la profundidad normal varía de 2,5 a 7,5 cm, y en pocos casos se presentan en la totalidad del espesor de la losa. En este caso las fisuras pueden atravesar toda la losa si se hormigonó en condiciones muy adversas y no se protegió el hormigón fresco, ya que pueden trabajar como juntas no previstas, debilitando la sección del hormigón a las pocas horas y mucho antes del aserrado de las mismas.

¿Cuándo pueden aparecer?

Si bien puede estimarse con ayuda del abaco (figura 3) cuándo existe riesgo de fisuración por contracción plástica, no hay manera de predecir con seguridad suficiente cuándo la fisuración va a ocurrir ni con qué gravedad. También existen programas en los que entrando los datos de temperatura del aire, temperatura del hormigón, humedad relativa ambiente y velocidad del viento se estima la tasa de evaporación superficial. Para utilizar el mencionado ábaco es indispensable »



Figura 4 - Medidas preventivas

contar con una pequeña estación meteorológica en el sitio de colado que registre al menos temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento.

[1] *Ingrese al ábaco con la temperatura del aire (°C) y muévase hacia la humedad relativa (HR %)*

[2] *Muévase hacia la derecha para la temperatura del hormigón (°C)*

[3] *Muévase hacia abajo con la velocidad del viento (km/h)*

[4] *Muévase hacia la izquierda y léase la tasa de evaporación aproximada en (kg/m² hora)*

Para apreciar la relevancia de cómo influyen los diferentes factores es útil brindar algunos ejemplos. Si la humedad relativa disminuye del 80 al 30% (o del 90 al 50%), la velocidad de evaporación en la superficie del hormigón (y el consecuente riesgo de fisuración por contracción plástica) es quintuplicada. Tal es el caso comparativo de una obra en Buenos Aires cerca de la costa y otra en Mendoza respectivamente, a igualdad de las demás condiciones. Si la velocidad del viento aumenta de 0 a 15 km/h la velocidad de evaporación es cuadriplicada. Si la temperatura ambiente aumenta de forma importante se puede llegar a duplicar la evaporación. La temperatura del hormigón influye considerablemente sólo si es superior a la ambiente, donde un aumento de 5° C puede llegar a duplicar la evaporación. Como se aprecia, las influencias más perjudiciales son las condiciones de humedad relativa y de velocidad del viento y no la temperatura ambiente como se cree, lo que se demuestra en el ábaco, apareciendo estas fisuras no necesariamente en tiempo caluroso.

Esta velocidad de evaporación obtenida del ábaco debe compararse con la velocidad de exudación. Siempre es recomendable realizar ensayos para determinar la capacidad y la velocidad o tasa de exudación al menos al comenzar la obra y cuando existan cambios de materiales, siguiendo los procedimientos de la norma IRAM 1604.

Debido a que pocas veces se cuenta con estos resultados, se toman valores recomendados de la velocidad de exudación para hormigones convencionales. Suele convenirse que:

- Si la velocidad de evaporación está entre 0,1 a 0,5 kg/m² → existe muy poco riesgo de fisuración
- Si la velocidad de evaporación supera 0,5 kg/m² → existe riesgo moderado de fisuración plástica
- Si la velocidad de evaporación supera 1,0 kg/m² → existe riesgo severo de fisuración plástica

Las especificaciones del proyecto deberían estipular las precauciones para el control efectivo a fin de evitar la pérdida de humedad superficial y fijar parámetros de control, tales como temperatura máxima del hormigón y registro de condiciones atmosféricas en el lugar de la obra, además de exigir la determinación de la exudación.

¿Cómo prevenirlas?

Como principio general hay que evitar la pérdida súbita de humedad del hormigón fresco. Una o más de las precauciones listadas abajo pueden minimizar o eliminar la ocurrencia de fisuración plástica y las mismas deben escogerse en función de la disponibilidad de medios en la obra y de la severidad del ambiente.

- **Dosificación del hormigón elaborado:**

◊ Mantener la temperatura del hormigón baja a través del enfriamiento de los agregados y el agua. »

◊ Determinar la velocidad de exudación y verificar que se encuentre dentro de valores razonables.

◊ Incorporar fibras de polipropileno al hormigón, lo que ha mostrado muy buenos resultados en el país.

◊ Disminuir el contenido de finos (material pasante tamiz # 200) de los agregados finos y gruesos.

◊ No retrasar en demasía el fraguado para no prolongar el tiempo en que el hormigón es susceptible a fisurarse, como por ejemplo del empleo indiscriminado de aditivos fluidificantes en obra.

◊ Emplear contenidos unitarios de cemento lo más bajos posible compatibles con condiciones de resistencia y durabilidad, recomendándose el empleo de aditivos reductores de agua incorporados en planta.

► Tareas previas a la puesta en obra

◊ Humedecer adecuadamente la subrasante y los encofrados y armaduras antes de la colocación del hormigón, sin encharcar, debiendo remover si existen excesos de agua antes de colocar el hormigón.

◊ Levantar parabrisas temporarios para reducir la velocidad del viento sobre la superficie del hormigón.

◊ Colocar sombrillas o toldos temporarios para reducir la radiación solar.

◊ Planificar en lo posible el hormigonado para las horas de menor temperatura del día.

◊ Contar con una adecuada cuadrilla de trabajadores y equipamiento suficiente para trabajar rápidamente.

◊ Tener en cuenta que el empleo de láminas plásticas en la subbase incrementa el riesgo de fisuración.

► Protección y curado del hormigón

◊ Crear una niebla de agua sobre la losa inmediatamente después de la colocación y antes del acabado y curado, tomando cuidado para prevenir la acumulación de agua que reduce la calidad del hormigón en la superficie de la losa. Este método es el más efectivo, ya que aumenta la humedad relativa en la superficie de la losa y disminuye la temperatura y la radiación solar en las inmediaciones del hormigón. No debe aplicarse directamente con mangueras, lo que deja exceso de agua, sino mediante boquillas o aspersores.

◊ Reducir al mínimo el tiempo entre la colocación e inicio del curado.

◊ Aplicar películas para retener la humedad, no siendo de aplicación las membranas de base acuosa en condiciones muy severas y siendo siempre recomendables las membranas de curado en base solventada.

◊ Proteger el hormigón con cubiertas temporarias, tales como láminas de polietileno o mantas de arpillera, cuando no interese el acabado superficial, como en losas de edificios, no siendo aplicables en pavimentos.

¿Cuándo y cómo repararlas?

Estas fisuras sin dudas tienen un alto impacto estético y psicológico para todo usuario de hormigón elaborado. Por lo general, las fisuras por contracción plástica se consideran como 'no estructurales', pero en algunos casos como en la formación de juntas imprevistas en pavimentos podrá no existir una adecuada transmisión de esfuerzos. Asimismo, dejando el aspecto estético, para el caso de un pavimento con intensa fisuración plástica ésta puede ser origen de la degradación por ciclos de congelación y deshielo (si la estructura se encuentra sometida a este proceso), disgregaciones producidas por el paso de vehículos pesados o problemas de corrosión de armaduras y aceleración de todo tipo de patologías. Es decir, este tipo de fisuración rara vez afecta a la resistencia de la estructura, pero es conveniente sellarlas con cualquier método adecuado para evitar que se presenten como puntos de degradación futura y disminución de su vida útil.

En muchos casos las fisuras por contracción plástica aparecen lo suficientemente temprano como para ser eliminadas posteriormente usando una llana o fratás. En el caso que las fisuras plásticas aparecieren durante el acabado, alisar cada lado de la fisura con una llana y proceder al acabado nuevamente puede cerrar las fisuras definitivamente, no quedando rastros de ellas y no perjudicando resistencia, durabilidad ni estética.

Respecto a la oportunidad y forma de sellado de las fisuras ya formadas, es completamente aplicable lo descripto en el artículo del número anterior de "fisuración por asentamiento plástico". ¶