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

PRIMERA PARTE: Fisuración por asentamiento plástico

MS. ING. MAXIMILIANO SEGERER
Control y Desarrollo de Hormigones S.A.

En esta primera entrega de una serie de artículos desmitificaremos la creencia de que es imposible lograr un hormigón sin fisuras.

FISURACIÓN DEL HORMIGÓN FRESCO

Existe la idea en varios profesionales de la construcción de que en algunos casos "es imposible" lograr que el hormigón no se fisure y que "hay que acostumbrarse". En esta serie de artículos desmentiremos estos prejuicios, brindando información práctica de cómo identificar las fisuras, cómo prevenirlas y cómo repararlas, además de explicar y acompañar con figuras y fotografías el por qué se producen para, fundamentalmente, comprender como "combatirlas".

Dentro de las causas de fisuración del hormigón en estado fresco pueden destacarse:

- Fisuras por retracción o contracción plástica (*plastic shrinkage cracks*)
- Fisuras por asentamiento plástico (*plastic settlement cracks*)
- Fisuras causadas por movimiento de encofrados (*formwork movement*)
- Contracción autógena (*autogenous shrinkage*)

Las dos primeras causas son las más frecuentes en obras civiles corrientes, por lo que serán las que se abordarán en el presente artículo y en la próxima entrega.

La fisuración por contracción autógena puede aparecer en hormigones de muy baja relación agua / cemento como en hormigones de alta performance, principalmente en pavimentos; por lo que si bien es importante su caracterización también es difícil encontrarse en obras convencionales con estas fisuras. Las fisuras causadas por movimiento de encofrados son de tipología muy variada y deben prevenirse mediante un cálculo de encofrados y apuntalamiento adecuado, aspectos que siempre deben ser tenidos en cuenta en las construcciones no sólo por la calidad del hormigón sino también por la seguridad de los operarios.

¿CUÁNDO Y POR QUÉ APARECEN LAS FISURAS POR ASENTAMIENTO PLÁSTICO?

Se acepta que el hormigón en estado fresco puede asimilarse a una suspensión concentrada donde la fase sólida la componen los agregados, el cemento y las adiciones (si corresponde), y la fase líquida está formada por agua y, generalmente, aditivos químicos. Luego de colocado, compactado y terminado, el material tiende a experimentar una segregación donde los sólidos de mayor densidad tienden a asentarse, por lo cual disminuye la concentración de sólidos a medida de acercarse a la zona superficial. Esto puede observarse claramente cuando el hormigón presenta un marcado brillo superficial formado principalmente por agua que

1

Recubrimiento de armaduras (mm)	Probabilidad de fisuración por asentamiento plástico (%)																			
	Asentamiento 6 cm					Asentamiento 10 cm					Asentamiento 14 cm					Asentamiento 18 cm				
	ø8	ø10	ø12	ø16	ø20	ø8	ø10	ø12	ø16	ø20	ø8	ø10	ø12	ø16	ø20	ø8	ø10	ø12	ø16	ø20
19	63	72	80	88	93	75	84	92	99	100	95	99	100	100	100	98	100	100	100	100
25	31	47	60	71	78	47	61	73	83	90	59	73	85	95	100	69	83	95	100	100
38	0	0	19	35	46	0	10	31	48	59	2	23	44	61	72	11	36	57	74	85
50	0	0	0	2	14	0	0	5	13	26	0	0	5	25	39	0	5	16	37	52

desaparece luego. A este proceso se lo denomina exudación.

Como se mencionó, la exudación ocurre cuando el agua asciende a la superficie y las partículas sólidas se segregan evaporándose el agua de exudación y ocasionando una pérdida de volumen. Además, el hormigón continúa asentándose por su propio peso durante unas horas, lo que se superpone al efecto anterior, apareciendo principalmente con asentamientos elevados. Si no existe ninguna restricción, entonces el resultado neto es simplemente una muy leve disminución del nivel de la superficie del hormigón. De todas maneras, cuando existe "algo" cercano a la superficie, como una barra de refuerzo, o existe un cambio brusco del espesor o altura de las secciones, que restringe parte del asentamiento plástico del hormigón cuando éste continúa en estado fresco, existe un riesgo potencial de fisuración sobre el elemento que restringe. En algunos casos grandes partículas de agregado cercanas a la superficie pueden provocar fisuración localizada. Las fisuras por asentamiento plástico aparecen entre 10 minutos y tres horas de hormigonado el elemento estructural y pueden presentarse muy anchas en superficie, entre 0,5 a 2 mm.

Mientras más exuda el hormigón (mayor asentamiento, incorporación de agua no controlada en obra), se incrementa el riesgo de fisuración, así como también para recubrimientos muy pequeños de armaduras y cuando su diámetro aumenta. Si bien en la fisuración por asentamiento plástico influyen una gran cantidad de parámetros, se presenta la probabilidad de fisuración dependiendo del recubrimiento de armaduras, diámetro de barras y asentamiento; tres factores preponderantes en la fisuración por asentamiento plástico.

En las figuras y fotografías adjuntas se muestran esquemas de la fisuración y casos de estructuras afectadas por fisuras por asentamiento plástico.

¿CÓMO IDENTIFICARLAS?

Como todo tipo de fisuración del hormigón en estado fresco, es de vital importancia dialogar con el constructor para consultarle si el hormigón se fisuró cuando estaba en estado fresco; es decir, antes de iniciar su fragüe. Si afirma que existió la fisuración, es más fácil la identificación de las fisuras, pero en algunos casos por no haberlas visto o por temor a una punición por parte del propietario de la obra no se informa esta fisuración. Además, en ciertos casos en que se debe diagnosticar una estructura, no se conoce la historia y debe contarse con las herramientas y conocimientos para la identificación de estas fisuras.

De todas maneras, estas fisuras siempre presentan ciertos patrones y simetrías. Como se mencionó, las mismas ocurren sobre las armaduras de refuerzo, estribos y zunchos o sobre cambios bruscos de secciones. En el primer caso, al presentarse estas fisuras "copian" la malla superficial en el caso de una losa presentándose como perpendiculares o los zunchos en el caso de columnas circulares, por lo que midiendo la separación entre fisuras y si ésta coincide con la separación original de las armaduras es seguramente ésta la causa de fisuración. En el segundo caso, cuando existen cambios de secciones, por ejemplo en el encuentro viga y losa, es también fácil identificarlas observando el elemento estructural desde su parte superior y desde su parte inferior. Para asegurar el diagnóstico de esta causa de fisuración puede ser recomendable emplear un detector de armaduras, siendo aplicable para estructuras antiguas, siempre que no se presente otra patología como óxidos de corrosión.

Resumiendo, si el hormigón se fisuró en estado fresco o se desconoce si esto ocurrió pero existe una marcada fisuración en la superficie de los elementos y esta presenta como una "trama regular" siguiendo las armaduras tanto en losas, vigas, columnas y tabiques, existiendo »

periodicidad y perpendicularidad entre las fisuras, seguramente se trata de fisuración por asentamiento plástico, así como también para los cambios bruscos de secciones.

¿CÓMO PREVENIRLAS?

Comprendido el mecanismo de fisuración se darán las pautas generales que figuran en la bibliografía especializada para prevenir las fisuras por asentamiento plástico, responsabilidades que involucran tanto al proveedor de hormigón elaborado como a los responsables de puesta en obra. Las tres medidas remarcadas son las que más influyen en la fisuración por asentamiento plástico, y deben ser las primeras a tener en cuenta para darle solución a las fisuras. Las restantes son accesorias para casos más complejos.

Dosificación del hormigón:

- Diseñar mezclas de menor exudación tanto en capacidad como velocidad de exudación
- Emplear mezclas más cohesivas para reducir la exudación
- Emplear relaciones agua / cemento suficientemente bajas

Aditivos y fibras:

- Emplear aire incorporado para reducir la exudación
- Emplear aditivos reductores de agua en planta
- Emplear fibras de polipropileno que pueden reducir el asentamiento plástico de un 40 a un 70 por ciento



Estructuras varias con fisuras por asentamiento plástico.

Agregados:

- Reducir el tamaño máximo del agregado si persisten los problemas de fisuración
- Incrementar el contenido de arena de la mezcla si persisten los problemas de fisuración
- Emplear granulometrías cerradas y continuas de agregados
- Emplear un contenido de finos adecuado (30% de material pasante tamiz IRAM 300 µm)

Tareas de colocación del hormigón:

- Emplear menores asentamientos, siempre compatibles con la estructura y medios de colocación
- Colocar el hormigón primero en las secciones más profundas, como columnas y vigas, y luego sobre las secciones de menor espesor, como losas, vibrando el hormigón solidariamente
- Vibrar adecuadamente, evitando tanto la vibración excesiva como una consolidación insuficiente
- Diseñar adecuadamente los encofrados, debido a que encofrados muy flexibles o que pierdan cantidades apreciables de mortero pueden aumentar el riesgo de fisuración en estado fresco

Disposición de armaduras:

- Brindar a las armaduras de un recubrimiento adecuado en el proyecto y en la puesta en obra
- Estudiar la profundidad de las armaduras de refuerzo referido al espesor
- Estudiar la relación entre el recubrimiento y el diámetro de la barra

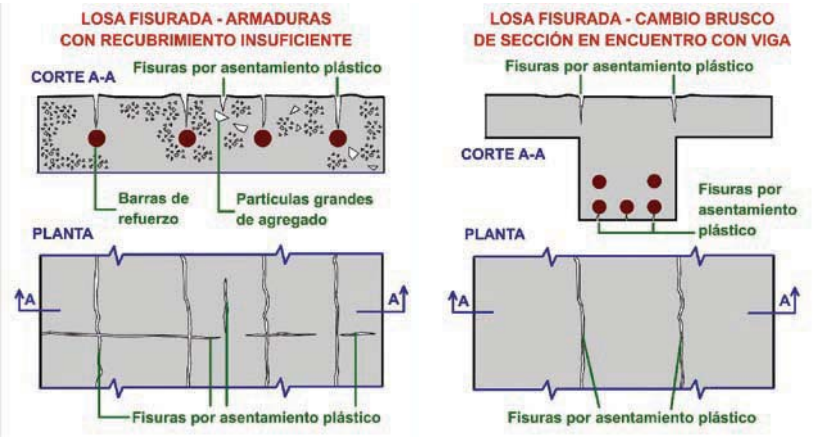
¿CUÁNDO REPARARLAS?

Si se advierte que las fisuras aparecen y el hormigón se encuentra aún en estado fresco, puede realizarse un revibrado del hormigón. Las fisuras por asentamiento plástico pueden ser cerradas, revibrando el hormigón después que el asentamiento plástico es virtualmente terminado y cuando comienza el fragüe, por ejemplo, una media hora a una hora luego del inicio de fragüe. Es muy importante la definición del tiempo para asegurar que el hormigón pueda volver al estado fresco bajo la acción del vibrador y las fisuras se cierren completamente. Si se aplica el revibrado antes que el hormigón adquiera cierta rigidez, »

puede ocurrir que las fisuras vuelvan a abrirse. Aplicando el revibrado muy tarde, el hormigón comienza a endurecer y puede ser dañada la adherencia con las armaduras o reducida su resistencia potencial. También pueden cerrarse realizando nuevamente ciertas tareas de terminación superficial como con un fratasado enérgico.

Con mayor frecuencia, usted se encontrará con las fisuras cuando el hormigón ya ha endurecido. Las fisuras, en general, no son profundas pero tienden a penetrar hasta el refuerzo y pueden reducir la durabilidad de la estructura, acelerando el proceso de corrosión de armaduras si las mismas no son selladas adecuadamente. Otro caso de aplicación práctica es cuando aparecen estas fisuras en pavimentos o superficies sometidas a la abrasión. En este caso, al ser relativamente anchas en superficie y estar en contacto con el tránsito o el agua en un canal, por ejemplo, pueden provocar la rotura paulatina en las zonas cercanas a la fisura y el comienzo de la falla de la superficie. Es por ello que si bien se catalogan en general como "fisuras no estructurales", es conveniente su sellado.

Como cualquier fisuración en estado fresco, las fisuras se mantienen con su longitud y ancho invariables en el tiempo, siendo consideradas como "fisuras estáticas". Por ello, teóricamente la reparación puede llevarse a cabo al día siguiente de la aparición de las fisuras o en meses; pero el problema que se presenta al dejar pasar mucho tiempo es que el polvo, suciedad, acopio de materiales y las actividades propias de toda obra van obturando las fisuras y dificultarán su sellado cuando más tiempo pase, o se necesitarán métodos adicionales (como hidrolavado o aire comprimido) para una adecuada limpieza de la fisura antes de su sellado para que éste sea efectivo.





¿CÓMO REPARARLAS?

Si bien es relativamente sencillo el sellado de estas fisuras, es de vital importancia prevenirlas, ya que los medios son fáciles de aplicar y controlar y la reparación de las fisuras lleva ciertos costos asociados que aunque no son grandes son muy superiores a la prevención de la fisuración del hormigón fresco.

Una de las alternativas más prácticas para el sellado de estas fisuras es mediante el empleo de lechadas de cemento modificadas por látex. Se colocan dos partes de látex (para hormigones), una parte de agua y se le incorporan varias cucharadas de cemento sin que cambie la consistencia de la lechada; es decir, que se presente como extremadamente fluida. Se vierte en las fisuras y se acompaña con un secador para aprovechar mejor el material e introducirlo en las fisuras. Luego se observará que parece que la lechada ha desaparecido, por lo que se incorporan más cucharadas de cemento al balde con la lechada anterior, logrando una mezcla un poco "más espesa". Se vuelve a aplicar sobre las fisuras y así sucesivamente hasta cubrirlas completamente en su superficie.

La fluidez debe ser muy elevada al comienzo para que penetre en las partes más profundas de la fisura y por ende más finas; y luego irla aumentando, ya que se incrementa el ancho de las fisuras cuando se acercan a la superficie. En general se recomienda el sellado antes de los 3 a 5 días de hormigonado para que se logre una mayor adherencia y se cure el hormigón en conjunto con la estructura; de otra manera deberá limpiarse adecuadamente la zona de la fisura como se describió anteriormente.

Cabe destacar que el mencionado es sólo un método, existiendo muchos otros, generalmente más costosos y que deben ser aplicados por profesionales especializados, siendo el método explicado aplicable cuando no es importante el aspecto estético de la superficie o se le dará a la misma otro tratamiento posterior, debido a que la lechada modificada con látex puede dejar la superficie con un color celeste a verdoso. ¶