

AGRIETO LUEGO EXISTO, LA RETRACCION DEL CONCRETO

Germán Hermida, Jaime González, Alejandro Romero

Introducción

El fenómeno de la retracción del concreto se ha ganado de lejos (de manera merecida o no), el puesto de la causa más frecuente, de la mayoría de los agrietamientos que aquejan a nuestras estructuras. Lo cierto es que si la retracción es la responsable de la mitad de las fisuraciones que se le imputan, aun continúa ocupando un lugar de privilegiado interés para los estudiosos y usuarios del material.

Pese a esto resulta, paradójico el desconocimiento que existe sobre el propio fenómeno y sus causas. Grandes esfuerzos y adelantos tecnológicos^{1,2,3,4} se han llevado a cabo durante los últimos años, tanto para comprender estos cambios dimensionales como para prevenir su desarrollo.

El advenimiento de los concretos de altas prestaciones con elevadas cuantías de cemento y A/C bajas, la irrupción de los Autocompactantes que aumentan en más de un 50% el volumen de pasta, el uso de concretos con escasa exudación (con humo de sílice o aire) o la difusión de elementos cada vez más delgados (Placas de puentes, Outinord, cubiertas), ha provocado que la retracción reclame para sí más atención que nunca y su importancia nos es repetida hasta la saciedad por cientos de elementos cuyo monolitismo ha sido interrumpido por una grieta.

El presente artículo señala brevemente cuales son los tipos y causas de la retracción del concreto de acuerdo al estado del arte actual y menciona un adelanto para controlar el fenómeno. El texto sin embargo se concentra en exponer los resultados de un estudio desarrollado con materiales colombianos, que evalúa frente a la retracción diferentes parámetros en el diseño de un concreto. Para la evaluación de la retracción en estado endurecido se utilizaron los procedimientos normalizados actuales (ASTM C157 y ASTM C490), mientras que en estado plástico o antes de las 24 horas, el fenómeno se evaluó utilizando una metodología de toma de datos a través de sensores de desplazamiento de alta precisión acompañada por el registro continuo de la evaporación.

Existen parámetros externos al material que gobiernan la retracción del concreto como la humedad relativa, la velocidad del viento, la radiación solar, la misma geometría del elemento etc. En general el material debe madurar bajo unas condiciones atmosféricas determinadas, sin que podamos modificarlas, pero sobre el proporcionamiento del material y su composición si podemos actuar tratando de minimizar el fenómeno de la retracción del mismo.

Los resultados del estudio presentado permiten optimizar el diseño de un concreto, en el que existe especial interés en minimizar su retracción. Estos resultados son útiles sobretodo en aquellos concretos que están siendo usados en nuestro medio para el reforzamiento de estructuras. En realidad existen estructuras que por su geometría y funcionamiento resultan más sensibles al fenómeno. Desde el punto de vista de fisuración se cuentan aquellos elementos con superficies de evaporación amplias con respecto a su volumen y aquellos de bajos espesores. Desde el punto de vista de funcionamiento estructural la retracción resulta especialmente importante para elementos que se funden entre estructuras ya existentes, en elementos preesforzados y aquellos de grandes luces.

De acuerdo al nivel tecnológico actual los diseños de concretos de retracción controlada, pueden lograrse y optimizarse garantizando por un lado el buen funcionamiento de las estructuras y por otro evitándonos el siempre poco grato cuadro de un material resquebrajado.

RETRACCION Y CLASIFICACIONES

La retracción del concreto puede ser definida como un cambio de volumen tridimensional del material que tiene lugar tanto en estado fresco como endurecido y cuya causa no obedece a una carga externa al mismo.

El concreto desde sus inicios puede sufrir diferentes tipos de retracción, entre ellos la comunidad científica⁵ del concreto reconoce los siguientes:

- a) **Retracción autógena o química:** Es aquella provocada por la propia naturaleza de la hidratación del cemento. Los volúmenes de los componentes iniciales (agua y cemento) son mayores que el volumen final del hidrato resultante.
- b) **Retracción plástica:** Es conocida como aquella relacionada con la pérdida del agua superficial del concreto fresco (paso de superficie brillante a mate). La tensión superficial en los meniscos que se forman en los capilares, engendran esfuerzos de tensión que retraen la matriz del concreto.
- c) **Retracción por secado o hidráulica:** La más conocida y mencionada entre todas las retracciones tiene lugar en estado endurecido y está asociada a la pérdida de agua de gel. Esta retracción se mide a diferentes edades y su acción se prolonga durante meses e incluso años.
- d) **Retracción Térmica:** La hidratación inicial del concreto se constituye en una reacción exotérmica, una vez esta primera fase de generación de calor pasa, el concreto como cualquier sólido se enfría y por lo tanto se contrae.
- e) **Retracción por Carbonatación:** Este cambio dimensional tiene lugar a largo plazo y esta relacionado con la pérdida o lavado de productos de la carbonatación como el bicarbonato de calcio.

Discernir entre un tipo de retracción y otro no resulta una labor sencilla, en realidad la retracción del material a cualquier edad será el resultado de la combinación de las anteriores retracciones.

Lo cierto es que para términos prácticos la clasificación anterior no resulta muy útil, debido a que los métodos actuales para medir la retracción no hacen discriminación sobre el tipo de retracción o la causa que la provoca. Los procedimientos miden una retracción total. Por lo tanto resulta más lógico hablar de retracción total en estado endurecido (a partir de las 24 horas) y en estado "plástica o durante las primeras horas" es decir anterior a las 24 horas.

El método más utilizado para determinar la retracción del concreto en estado endurecido aparece descrito en la norma ASTM C157. Este método parte de medir la longitud de una vigueta endurecida que ha cumplido 24 horas de edad (método modificado). El procedimiento considera la longitud de la vigueta a las 24 horas como la inicial y la compara con las longitudes posteriores de la vigueta al cumplir mayores edades (bajo HR% y T°C controladas). La retracción se expresa en general de dos maneras mm/m o en términos de porcentaje (%) con respecto a la mayor longitud inicial del elemento.

El presente estudio utilizó el procedimiento ASTM C 157 midiendo los cambios dimensionales del concreto sobre viguetas almacenadas a 60-70% HR y 22°C±2°C, sin incluir curado húmedo.

Esta norma sin embargo no contempla los cambios dimensionales que tienen lugar antes de las 24 horas. Por este motivo se estudiaron viguetas de 10*10*50 cm que se desmoldaban a las 3 horas y sobre el extremo de estas se ajustaron transductores de desplazamiento electrónicos con una sensibilidad de una micra, de los que se obtuvieron lecturas cada minuto. Con estos dispositivos se determinaron entonces los cambios dimensionales durante las primeras horas o "Retracción Plástica". Se desarrolló así un programa de ensayos con el propósito de determinar, para unos materiales dados, cuales son las variables que gobiernan en la composición de un concreto, la retracción.

RETRACCION EN ESTADO PLASTICO O A EDADES TEMPRANAS:

De acuerdo a los procedimientos de ensayo disponibles en la actualidad, la retracción en estado plástico o a edades tempranas es aquella que se produce antes de que el material cumpla 24 horas principalmente aquella que tiene lugar antes del fraguado final.

Esta retracción temprana se debe en esencia a la pérdida superficial de agua y tiene lugar una vez ha desaparecido el agua de exudación en la superficie del material. Estudios recientes⁶ han demostrado la estrecha relación existente entre la evaporación y este tipo de retracción. En realidad mientras la tasa de exudación de un concreto sea superior a la tasa de evaporación superficial, la matriz del material estará protegida. Powers en los años treinta enunció que la tasa de exudación de un concreto varía entre 1.15 a 4.1 kg/m²/h, el punto era entonces

averiguar bajo que condiciones nuestro concreto empezaba a evaporar a tasas superiores a las normales de exudación. El Comité ACI 305R entregó una herramienta muy útil a la construcción para determinar la evaporación de una superficie saturada y esta corresponde al nomograma de Menzel (Fig.1). El mismo Comité recomendó a los constructores no permitir tasas de evaporación superiores a 1 kg/m²/h (para evitar esta retracción y posterior fisuración), tomando así un valor de seguridad frente a los valores entregados por Powers.

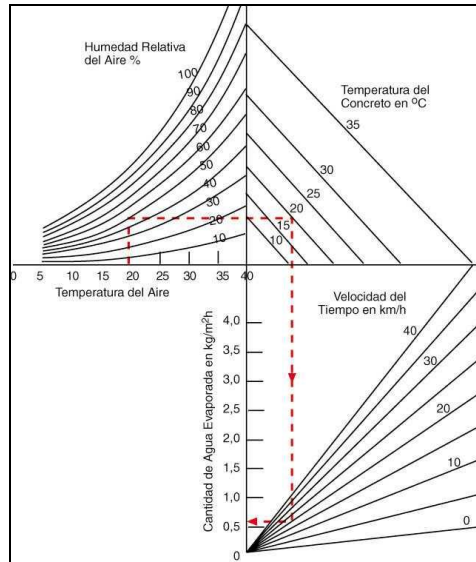


Fig.1 Nomograma de Menzel para determinar la tasa de evaporación del concreto.

En el Laboratorio de Ensayo de Materiales de Sika Colombia se evaluaron más de 110 viguetas y 16 diseños en estado plástico variando diferentes parámetros, midiendo retracción en estado plástico con transductores electrónicos LDT 400 y determinando la evaporación a cada segundo de estas viguetas (10*10*50 cm). Las medidas de retracción empezaron a tomarse a las 3 horas de haber sido mezclado el concreto. Dentro de las variables examinadas se determinó la siguiente correlación.

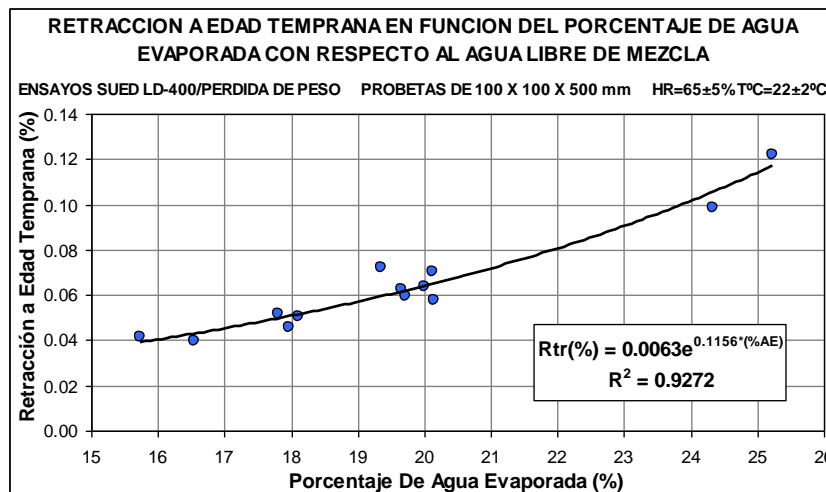


Fig.2 Valores de Retracción a edad temprana frente al porcentaje de agua evaporada con respecto al agua libre a las (24 horas)

La Figura 2 nos muestra dos variables estrechamente relacionadas: la cantidad de agua evaporada hasta las 24 horas con respecto al agua libre del concreto y la retracción del material a esa edad. La tasa de evaporación aquí se considera intrínsecamente al medirse el valor total evaporado en 24 horas. Como vemos la evaporación le hace daño al material y por esta razón debemos empezar lo más temprano posible el curado del mismo. Luego de obtener estos resultados, se mezcló en días distintos ocho veces el mismo diseño y se midió su retracción plástica. Cinco de las viguetas se mantuvieron a las condiciones atmosféricas

controladas bajo las que se hicieron todas las medidas es decir, 60-70%HR y 22°C±2°C (velocidad del viento inferior a 2 m/seg) mientras que las tres viguetas restantes justo al ser desencofradas fueron rociadas con un curador parafínico, los resultados resultan suficientemente elocuentes en la Figura 3.

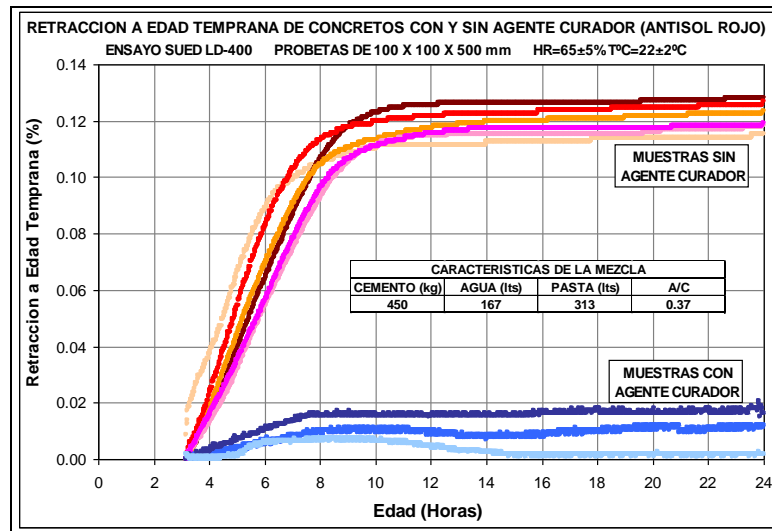


Fig.3 Retracción en estado plástico de un concreto con y sin curador.

La retracción plástica se convierte en agrietamientos cuando los elementos se encuentran restringidos y ese es el caso de la mayoría de nuestras estructuras. Como vemos se trata de un problema de evaporación que puede ser fácilmente resuelto si se empieza a curar lo mas temprano posible. Durante los primeros minutos de haber sido colocado el concreto de acuerdo a su plasticidad podrá o no comenzar a curarse, si no puede aplicarse el curado inmediatamente luego de haber sido colocado el material, pueden utilizarse retardantes de evaporación antes de comenzar el proceso de curado propiamente dicho.

RETRACCION EN ESTADO ENDURECIDO

Para los mismos 16 diseños evaluados, que contaron sin embargo con la misma manejabilidad (12 cm), se siguió el procedimiento descrito en la ASTM C 157 M para medir su retracción en estado endurecido, este método fue desarrollado desde la década de los cuarenta. Las medidas se llevaron a cabo a diferentes edades (1,3, 7, 28, 56 días). Para unos materiales dados (un solo tipo de cemento, un solo tipo de agregados, los más usuales en la Sabana de Bogotá), a la hora de dosificar un concreto, el volumen de pasta resulta el factor más importante y sensible con respecto a la retracción del material. La Figura 4 nos muestra un excelente grado de correlación entre esta variable y la retracción medida a los 56 días.

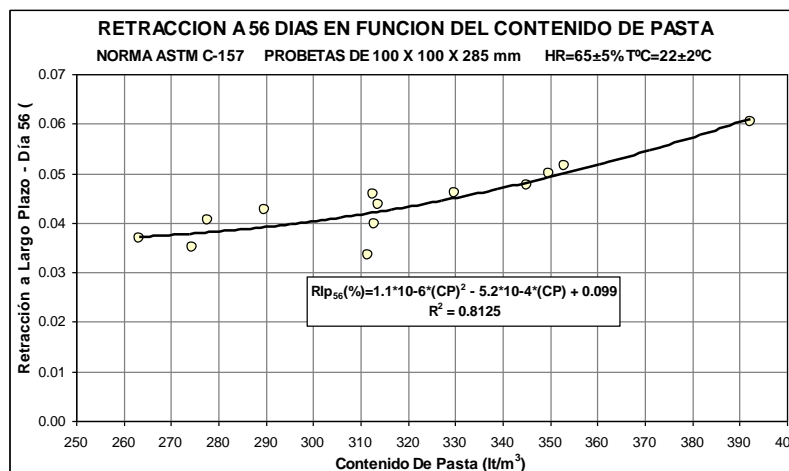


Fig.4 Relación entre el volumen de pasta y la retracción en estado endurecido a 56 días

Las variables directamente estudiadas fueron Relación A/C, Contenido de agua libre, Contenido de pasta, Contenido de cemento y Evaporación. Entre estas variables el contenido de pasta (contenido de agregados) resultó la que mostró una mayor influencia sobre el fenómeno a largo plazo, seguida por el contenido de cemento. Resulta interesante por otro lado constatar la poca o ninguna influencia de la relación A/C sobre la retracción final, así como de la evaporación total.

Es decir para la retracción en estado endurecido, mucho más compleja de manejar y solucionar comparada con aquella que tiene lugar antes de las 24 horas, el volumen de pasta o el volumen de agregados resulta el parámetro crítico a controlar. Al fundir un concreto de 700 kg/cm² cuyo volumen de pasta es de 360 lts este tendrá una retracción cercana a 0,052% (Fig 4) mientras que si utilizamos un concreto de 210 kg/cm² a 28 días cuyo volumen de pasta es de 270 lts su retracción será de 0,038%. Esto quiere decir que utilizar el concreto de mayor resistencia, pero mayor pasta nos aumentará en este caso cerca de un 40% la retracción. Por supuesto no estamos diciendo que renunciemos a utilizar concretos de bajas A/C pues eso nos trae muchos beneficios desde el punto de vista de durabilidad y resistencia, pero si debemos tener cuidado con los volúmenes de pasta. De cualquier forma si hacemos un concreto de 210 kg/cm² con 360 lts de pasta mientras que fundimos otro concreto de 700 kg/cm² con 270 lts de pasta los resultados de retracción estarán muy próximos a los enunciados pero esta vez invertidos, el de mayor resistencia tendrá una menor retracción.

ADITIVOS INHIBIDORES DE LA RETRACCION Y CONCRETOS DE RETRACCION CONTROLADA

A finales de los ochenta la industria química concentrada en la construcción, logró un adelanto significativo desarrollando compuestos que dentro del concreto disminuyen la retracción del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido.

En realidad estas sustancias actúan sobre el agua que hace parte del concreto disminuyendo su tensión superficial. Durante el desarrollo del estudio descrito anteriormente, se ensayó el aditivo SikaControl 40 en una dosis del 1.5% del peso del cemento. Los concretos cuyo diseño tiene en cuenta el volumen de pasta y dentro de su composición incluyen este tipo de aditivos, se conocen como concretos de retracción controlada (CRC).

Los CRC resultan ideales para su utilización en el caso de recrecimiento o recalce de columnas, pantallas y en general elementos nuevos que se funden entre marcos o estructuras preexistentes. Los CRC se utilizan en el cuerpo principal de pantallas o columnas dejando un espacio en la parte superior libre que normalmente se funde con Grouts expansivos o concretos sin retracción (que cuentan con propiedades expansivas). Sin embargo la responsabilidad de los CRC es de enorme importancia en el funcionamiento de un sistema de reforzamiento pues son estos concretos los que constituyen la mayor parte del elemento rigidizador. Un diseño adecuado puede disminuir los valores de retracción en mas de un 70%. Los aditivos actuales para controlar el fenómeno logran por si solos disminuciones de entre el 40% al 50% de la deformación final. La figura No.5 muestra la acción del aditivo ensayado en dos concretos idénticos que cuentan sin embargo con un alto contenido de pasta (396 lts).

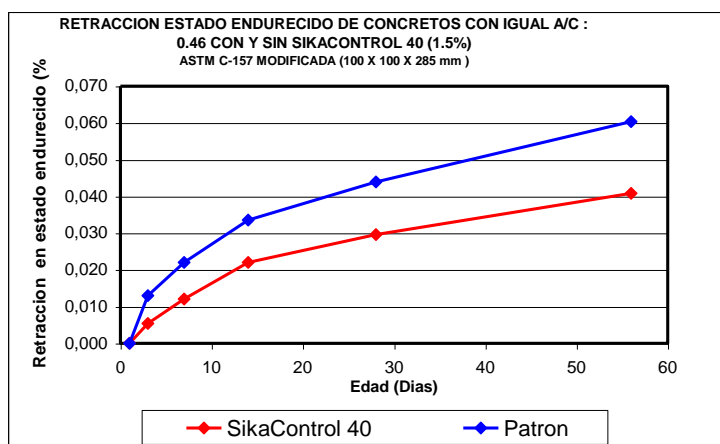


Fig. 5 Acción del aditivo controlador de retracción sobre la deformación del concreto a los 56 días.

CONCLUSIONES

La retracción del concreto en estado plástico o medida antes de las primeras 24 horas, depende fundamentalmente de la pérdida de agua por evaporación con respecto al contenido inicial de agua del concreto.

La retracción a las 24 horas que puede ser 10 veces mayor que aquella obtenida a largo plazo y puede anularse completamente si se empieza el curado lo mas temprano posible. Este curado debe hacerse inundando permanentemente el elemento o usando una membrana curadora. Resulta también aconsejable utilizar, antes de curar, retardantes de evaporación.

Para unos materiales dados, la retracción en estado endurecido, aquella que nos fisura el material a las semanas o meses de haber sido fundido, es gobernada por el volumen de pasta, en cuanto al proporcionamiento del concreto se refiere.

Los concretos de retracción controlada (CRC) son aquellos en los que durante su diseño se han tenido en cuenta las consideraciones anteriores, incluyen un aditivo controlador de retracción y su valor de retracción de acuerdo a la ASTM C 157 M es menor a 0,032% a los 28 días (60-70% HR y 22°C±2°C).

REFERENCIAS

¹ Altoubat, S.A. y Lange, D.A. "Creep, Shrinkage and Cracking at early ages" *Materials Journal* (V.98, No.4 julio-agosto 2001)

² Kovler, K., Igarashi, S., and Benture, A., "Tensile Creep behavior of High-Strength concretes at early ages", *Materiales and Structures*, V. 32, 1999, pp.383-387.

³ Kovler, K., "A New Look at the problem of Drying Creep of Concrete under Tensión" *Journal of Materials in Civil Engineering*, V. 11. No. 1, Feb. 1999, pp. 84-87.

⁴ Wombacher F.J. "Shrinkage and shrinkage reduction on Self Compacting Concrete" *Proceedings of the First International RILEM Symposium Self Compacting Concrete*.

⁵ Aïtcin, P.C, Neville, A.M., y Acker, P., "Integrated View of Shrinkage Deformation". En: *ACI Concrete International*, Vol. 19 No. 9 (Septiembre 1997), Farmington Hills, Mitch., pp

⁶ Holt, E., "Where did these cracks come from?" *Concrete International* May 2001