

Mitigating Concrete Shrinkage

Q. What options are available to reduce the potential for shrinkage in hardened concrete? Does decreasing the water-cement ratio (w/c) of concrete effectively reduce shrinkage?

A. When addressing shrinkage in hardened concrete, it is essential to first understand the key contributing factors: drying shrinkage and autogenous shrinkage. Drying shrinkage occurs when concrete loses moisture to the environment as it dries, and it is usually assumed to be the sole contributor to shrinkage strain in normal-strength concrete. Autogenous shrinkage, on the other hand, is the self-induced contraction of concrete during early hydration reactions. It occurs due to the self-desiccation of the material as water is consumed, resulting in a decrease in volume. Autogenous shrinkage is typically small but becomes more significant in concrete mixtures with w/c less than 0.40 (Section 1.2.3 in ACI 209.1R-05¹).

A prevalent misconception in the industry is that by reducing the w/c , drying shrinkage can be effectively minimized. However, this approach is not only ineffective, but it can inadvertently lead to an increase in autogenous shrinkage when w/c is significantly reduced. As shown in Fig. 1 (based on Fig. 2.3 in ACI 209.1R-05), drying shrinkage in concrete is primarily influenced by the total water content in a mixture, as opposed to the w/c alone. To explain this further, let's consider a mixture with a water content of 250 lb/yd³ (148 kg/m³) and 625 lb/yd³ (371 kg/m³) of cement compared to a mixture with 300 lb/yd³ (178 kg/m³) of water and 750 lb/yd³ (445 kg/m³) of cement. Both mixtures have the same w/c of 0.40, but different water content. According to Fig. 1, the mixture with lower water content has a lower potential for drying shrinkage. Note that reducing the water content in concrete while maintaining the w/c will lower the total paste content and increase the aggregate content. To achieve the desired plastic properties of concrete with lower paste content, it may be necessary to modify the aggregate type, size, or gradation and use water-reducing admixtures and workability-retaining admixtures.

Another effective solution to reducing drying shrinkage is the use of specialized admixtures, such as shrinkage-reducing admixtures (SRAs) and crack-reducing admixtures (CRAs). These admixtures have been effectively used in ready mixed and precast concrete applications requiring shrinkage reduction and long-term durability, including slabs, parking structures, bridge decks, pavements, and water-retaining structures. SRAs, typically composed of polyoxyalkylene alkyl ether or similar compounds, function by reducing the surface tension of water in the capillary pores of the cement

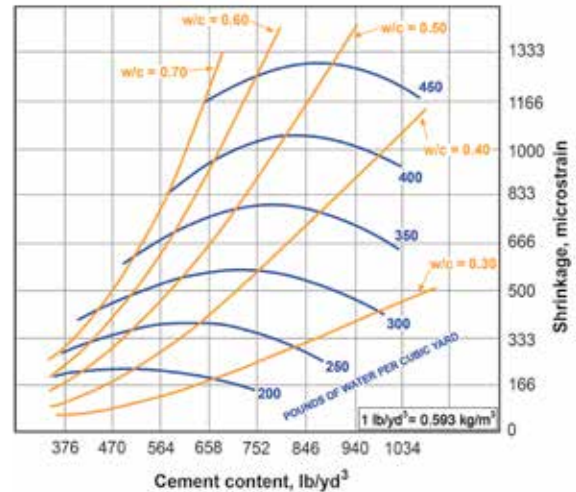


Fig. 1: Influence of w/c and cement and water content on long-term shrinkage (based on Fig. 2.3 in ACI 209.1R-05¹)

paste. This, in turn, decreases the internal forces responsible for concrete shrinkage, helping to mitigate the issue. The capillary tension within the pore system may also contribute to the self-desiccation of the concrete member. By reducing the capillary tension of the pore water using an SRA, self-desiccation is reduced, allowing the water to continue curing the concrete and leading to fewer shrinkage cracks (Section 12.3 in ACI 212.3R-16²).

On the other hand, CRAs are a specialized class of shrinkage-reducing admixtures that excel in not only minimizing drying shrinkage but also reducing the initial width of cracks, if they occur.³ These innovative admixtures are formulated using specialty alcohol alkoxyates, offering enhanced performance compared to conventional SRAs. By effectively managing the crack width, CRAs contribute to the overall durability and structural integrity of concrete structures.

References

1. ACI Committee 209, "Report on Factors Affecting Shrinkage and Creep of Hardened Concrete (ACI 209.1R-05)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2005, 12 pp.
2. ACI Committee 212, "Report on Chemical Admixtures for Concrete (ACI 212.3R-16)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2016, 76 pp.
3. Nmai, C.K.; Vojtko, D.; Schaefer, S.; Attiogbe, E.K.; and Bury, M.A., "Crack-Reducing Admixture," *Concrete International*, V. 36, No. 1, Jan. 2014, pp. 53-57.

Thanks to Marc M. Rached, Senior Engineer, Master Builders Solutions US LLC, Beechwood, OH, USA, for providing the answer to this question.

Preguntas y Respuestas

Las preguntas de esta columna fueron formuladas por usuarios de los documentos de ACI y han sido 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. Los comentarios deben enviarse a keith.tosolt@concrete.org.

Mitigando la Retracción del Concreto

P

¿Qué opciones están disponibles para reducir el potencial de retracción del concreto endurecido?

¿La disminución de la relación agua-cemento (a/c) del concreto reduce eficazmente la retracción?

R

Al abordar la retracción en el concreto endurecido, es esencial comprender primero los factores contributivos clave: la retracción por secado y la retracción autógena. La retracción por secado ocurre cuando el concreto pierde humedad en el ambiente a medida que se seca, y normalmente se asume que es el único contribuyente a la deformación por retracción en el concreto de resistencia normal. La retracción autógena, por otro lado, es la contracción auto-inducida del concreto durante las primeras reacciones de hidratación. Se produce debido a la auto-deseccación del material a medida que se consume el agua, resultando en una disminución del volumen. La retracción autógena suele ser pequeña, pero se vuelve más significativa en mezclas de concreto con un a/c inferior a 0.40 (Sección 1.2.3 en ACI 209.1R-05¹).

Una idea errónea prevalente en la industria es que reduciendo el a/c se puede minimizar eficazmente la contracción por secado. Sin embargo, este enfoque no solo es ineficaz, sino que puede conducir inadvertidamente a un aumento de la contracción autógena cuando se reduce significativamente el a/c. Como se muestra

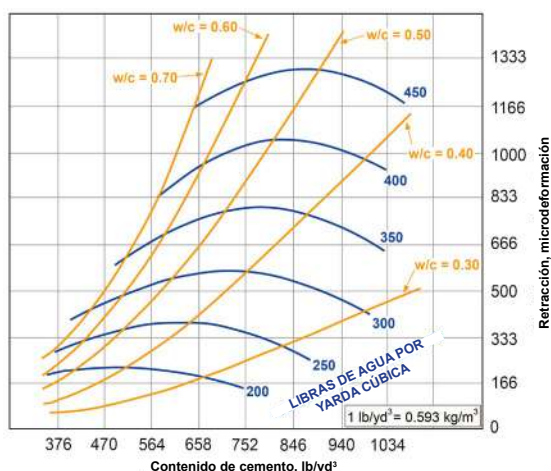


Fig. 1: Influencia del a/c y el contenido de agua y cemento en la retracción a largo plazo (basada en la Fig. 2.3 en ACI 209.1R-05.)

en la Fig. 1 (basada en la Fig. 2.3 en ACI 209.1R-05), la retracción por secado en el concreto está influenciada principalmente por el contenido total de agua en una mezcla, en contraposición al a/c solo. Para explicarlo mejor, consideremos una mezcla con un contenido de agua de 250 lb/yarda cúbica (148 kg/m³) y 625 lb/yarda cúbica (371 kg/m³) de cemento en comparación con una mezcla con 300 lb/yarda cúbica (178 kg/m³) de agua y 750 lb/yarda cúbica (445 kg/m³) de cemento. Ambas mezclas tienen el mismo a/c de

0.40, pero diferente contenido de agua. Según la Fig. 1, la mezcla con menor contenido de agua tiene un menor potencial de contracción por secado. Nótese que la reducción del contenido de agua en el concreto manteniendo el a/c disminuirá el contenido total de pasta y aumentará el contenido de áridos. Para conseguir las propiedades plásticas deseadas del concreto con menor contenido de pasta, puede ser necesario modificar el tipo, tamaño o graduación de los áridos, y utilizar aditivos reductores de agua y aditivos retenedores de trabajabilidad.

Otra solución eficaz para reducir la retracción por secado es el uso de aditivos especializados, como los aditivos reductores de retracción (SRAs) y los aditivos reductores de fisuración (CRAs). Estos aditivos se han utilizado eficazmente en aplicaciones del concreto premezclado y prefabricado que requieren reducción de la retracción y durabilidad a largo plazo, incluyendo losas, estructuras de aparcamiento, tableros de puentes, pavimentos y estructuras de retención de agua. Los SRAs, típicamente compuestos de polioxialquileo alquil éter o compuestos similares, funcionan reduciendo la tensión superficial del agua en los poros capilares de la pasta de cemento. Esto, a su vez, disminuye las fuerzas internas responsables de la contracción del concreto, ayudando a mitigar el problema. La tensión capilar dentro del sistema de poros también puede contribuir a la auto-desección del elemento de concreto. Al reducir la tensión capilar del agua de los poros utilizando un SRA, se reduce la auto-desección, permitiendo que el agua continúe curando el concreto y dando lugar a menos grietas de retracción (Sección 12.3 en ACI 212.3R-16²).

Por otro lado, los CRAs son una clase especializada de aditivos reductores de la retracción que destacan no sólo por minimizar la retracción por secado, sino también por reducir el ancho inicial de las fisuras, en caso de que se produzcan.³ Estos innovadores aditivos se formulan utilizando alcoxilatos de alcohol especiales, ofreciendo un rendimiento mejorado en comparación con los SRAs convencionales. Al controlar eficazmente el ancho de las grietas, los CRAs contribuyen a la durabilidad general y a la integridad estructural de las estructuras del concreto.

Referencias

1. ACI Committee 209, "Report on Factors Affecting Shrinkage and Creep of Hardened Concrete (ACI 209.1R-05)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2005, 12 pp.
 2. ACI Committee 212, "Report on Chemical Admixtures for Concrete (ACI 212.3R-16)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2016, 76 pp.
 3. Nmai, C.K.; Vojtko, D.; Schaefer, S.; Attiogbe, E.K.; and Bury, M.A., "Crack-Reducing Admixture," Concrete International, V. 36, No. 1, Jan. 2014, pp. 53-57.
- Agradecemos a Marc M. Rached, Senior Engineer, Master Builders Solutions US LLC, Beechwood, OH, USA, por proporcionarnos la respuesta a esta pregunta.

Conviértase en autor de publicaciones de ACI

Considere la posibilidad de publicar su trabajo de investigación en una de las revistas de ACI.

El ACI Materials Journal y el ACI Structural Journal son publicaciones revisadas por expertos que tratan diversos temas relacionados con el hormigón.

Para más información sobre las directrices y el proceso de presentación, visite concrete.org/publications



La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Perú

*Título: Preguntas y Respuestas.
Mitigando la Retracción del Concreto*



*Traductor:
Maurico Andre
Neyra Padilla*



*Revisor Técnico:
Ing. Brian Mory Ramirez*