

Dealing with Type II Cement Challenges?— Nanoparticle-Based Admixtures

by Tyler Grissom

To meet sustainability objectives, cement producers in the United States have been rapidly transitioning production from ASTM C150/C150M Type I/II cement, with up to 5% limestone content, to ASTM C595/C595M Type II cement, with up to 15% limestone content. This shift has posed challenges for concrete producers and contractors who must quickly adapt, as Type II cements are becoming the standard and often the only option available.

Challenges of Type II Cement in Construction

Integrating Type II cement into construction, while environmentally beneficial, introduces a range of technical difficulties. One primary issue is an inability to consistently achieve the desired compressive strength, prompting numerous concrete producers to revisit and modify their mixtures to make the transition to Type II cement. Moreover, Type II cement exhibits variable setting times, presenting a significant challenge for projects with tight schedules, as the setting time of concrete is critical to maintaining construction timelines and ensuring quality.

The increased limestone content and finer granularity of Type II cement also leads to an increased demand for water, necessitating additional water-reducing admixtures to attain the required workability. Contractors have reported challenges in both workability and finishability due to this altered composition. In a recent industry forum, it was revealed that some producers are compensating for these challenges by increasing the total cementitious materials content in their mixtures, potentially negating the environmental advantage of

using Type II cement, which negates the sustainable value of Type II. Additionally, the push to incorporate supplementary cementitious materials (SCMs) for enhanced durability and sustainability further complicates the use of Type II cement. Fortunately, there are several ways in which these challenges can be overcome while still adhering to sustainability initiatives.

Nanoparticle-Based Admixtures

Nanotechnology has emerged as a promising avenue for advancing concrete properties. Researchers have produced nanoscale particles to improve cement hydration and the formation of calcium silicate hydrate (CSH), the critical component of concrete's strength development. Nanoscale particulate-based admixture technologies are at the forefront

Master X-Seed in Practice

A U.S. concrete producer asked Master Builders Solutions to assist in meeting a specification calling for a 35% reduction in the global warming potential (GWP) in comparison to the industry benchmark. A concrete mixture with Type II cement and Master X-Seed 66 SEA was designed to meet the compressive strength requirement for the structure while also achieving a 36% reduction in GWP. This solution also made it possible to use a traditional water-cementitious materials ratio (w/cm) and obtain an acceptable workability of the carbon-optimized mixture.

of concrete innovation. These liquid admixtures offer a spectrum of possibilities for modifying and enhancing the characteristics of fresh and hardened concrete. They hold the key to creating more robust and durable structures.

A primary focus of nanoparticle-based admixtures is to address the challenges posed by SCMs in concrete. While SCMs can enhance durability, they often lead to lower early- and medium-age strength development. To counteract this, strength-enhancing admixtures (SEAs) containing nanoparticles are being used.

Laboratory evaluations of different concrete mixtures with cement, Class F fly ash, and slag cement have demonstrated the potential of SEAs. Mortar and concrete specimens subjected to various replacement contents of SCMs have exhibited significant strength improvements. Even when using higher water-cementitious material ratios (w/cm) and lower total cementitious material contents, SEA-enabled concrete has demonstrated enhanced performance.

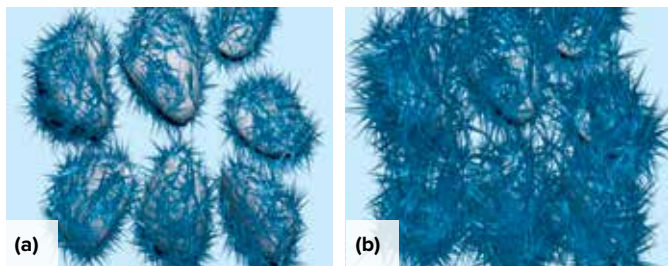


Fig. 1: CSH crystal growth in cement paste: (a) without Master X-Seed; and (b) with Master X-Seed

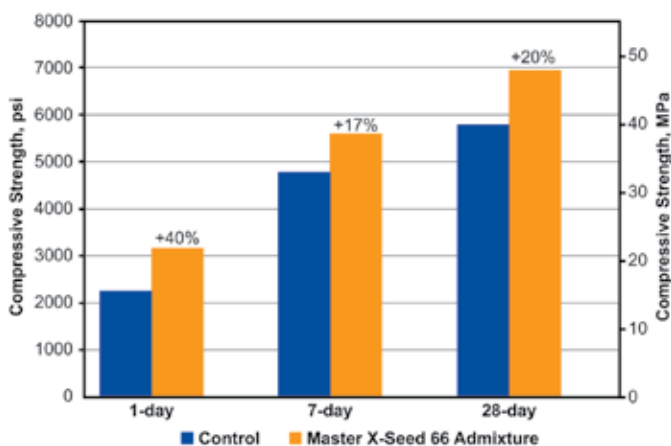


Fig. 2: Enhancement in concrete compressive strength from addition of Master X-Seed 66 admixture (Note: Concrete mixture with nominal cementitious materials content of 564 lb/yd³ [334 kg/m³], w/cm of 0.53, and Master X-Seed 66 admixture dosage of 10 fl oz/cwt [650 mL/100kg])

Patented Strength-Enhancing Admixtures

The Master X-Seed product line of admixtures from Master Builders Solutions was engineered to improve the quality of hardened cement paste. Its core function is to facilitate the growth of CSH crystals between cement grains (refer to Fig. 1), thereby optimizing cement hydration.

The primary advantages of Master X-Seed are evident in its ability to increase concrete strength development (refer to Fig. 2) while allowing for a reduction in cement content (refer to Fig. 3), thus contributing to carbon reduction. By enhancing cement hydration, it allows producers to maintain w/cm of their mixtures, while providing the flexibility to fine-tune concrete mixtures for specific performance requirements.

Furthermore, the inclusion of Master X-Seed allows concrete mixtures to incorporate higher levels of SCMs, enhancing the durability characteristics of concrete, prolonging the life cycle of structures, and reducing long-term maintenance costs.

Strength, Efficiency, and Sustainability

The concrete industry stands on the cusp of a transformative era. New sustainable materials, such as Type II cement and nanoparticle-based admixtures, are promising stronger, more durable, cost-efficient, and environmentally preferred concrete.

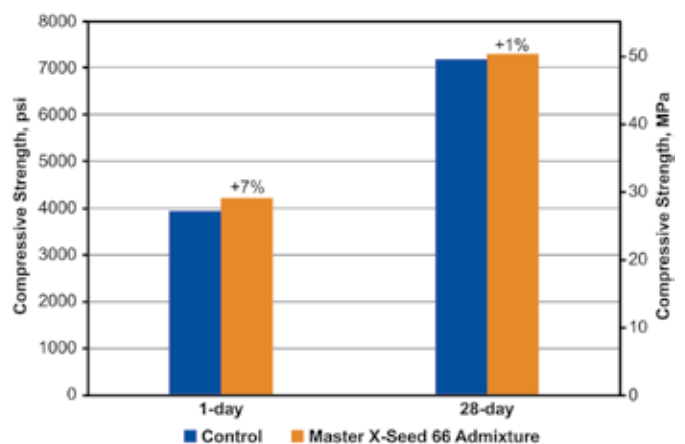


Fig. 3: Master X-Seed 66 admixture offers potential for reducing cementitious materials content in concrete mixtures. In this example, concrete mixture's cementitious materials content was reduced by 47 lb/yd³ (28 kg/m³) (Note: Control mixture included nominal cementitious materials content of 658 lb/yd³ [390 kg/m³] and w/cm of 0.40. Mixture with Master X-Seed 66 admixture at dosage of 10 fl oz/cwt [650 mL/100 kg], had nominal cementitious materials content of 611 lb/yd³ [362 kg/m³], and w/cm of 0.43)

The latest generation of admixtures not only enhances concrete strength development, but also facilitates a reduction in cement content, promoting more sustainable construction practices. By optimizing cement hydration and maintaining traditional w/cm , these innovations enable the continued use of concrete in a wide range of applications while minimizing material waste.

Nanoparticle-based admixtures provide a glimpse into the future of concrete technology, empowering builders to create structures that are not only more robust and durable, but also in alignment with carbon reduction goals. By addressing the challenges posed by SCMs and Type IL cements, these advancements enable the production of cost-effective and sustainable concrete mixtures with reduced cement content.

Water-reducing admixtures have become a staple in daily concrete production, reflecting the industry's evolving landscape. However, the true future of durable concrete that meets carbon reduction goals and performance requirements

lies in harnessing the power of nanotechnology and innovative admixtures.

—Master Builders Solutions, www.master-builders-solutions.com

Selected for reader interest by the editors.



Tyler Grissom is a Product Manager at Master Builders Solutions in Cleveland, OH, USA. With a background in agricultural chemicals, petrochemicals, and energy, he is now supporting sustainable solutions in the concrete industry. He received his bachelor's degree in marketing and his MBA from Oklahoma State University, Stillwater, OK, USA.

Become an Author for ACI Journals

Consider having your research paper published in one of ACI's Journals. The *ACI Materials Journal* and *ACI Structural Journal* are peer-reviewed publications covering a variety of concrete-related topics. For more information on the submission guidelines and process please visit concrete.org/publications.



American Concrete Institute
Always advancing

¿Enfrenta los Desafíos del Cemento Tipo IL? – Aditivos a Base de Nanopartículas

por Tyler Grissom

Con el propósito de cumplir con los objetivos de sustentabilidad, los productores de cemento en los Estados Unidos han estado realizando una rápida transición de su producción de cemento ASTM C150/C150M Tipo I/II, con hasta 5% de contenido de piedra caliza, a cemento ASTM C595/C595M Tipo IL, con hasta 15% de contenido de piedra caliza. Este cambio ha presentado desafíos para los productores de concreto y contratistas quienes deben adaptarse rápidamente, debido a que los cementos Tipo IL se están convirtiendo en el estándar y a menudo son la única opción disponible.

Desafíos del Cemento Tipo IL en la Construcción

Si bien integrar cemento Tipo IL en la construcción es ambientalmente benéfico, presenta una gama de dificultades técnicas. Uno de los principales problemas es la incapacidad de lograr de manera constante la resistencia a la compresión deseada, dando pie a que un gran número de productores de concreto reconsidere y modifique sus mezclas para hacer la transición al cemento Tipo IL. Además, el cemento Tipo IL presenta tiempos de fraguado variables, lo que representa un reto significativo para proyectos con cronogramas de entrega limitados, ya que el tiempo de fraguado del concreto es de suma importancia para conservar los plazos de construcción y garantizar la calidad.

El mayor contenido de piedra caliza y la granularidad más fina del cemento Tipo IL también conduce a una mayor demanda de agua, por lo que se requieren aditivos reductores de agua adicionales para lograr la trabajabilidad necesaria. Los contratistas han reportado retos tanto en la trabajabilidad como en la capacidad de acabado debido a esta alteración en la composición. En un foro industrial reciente, se puso de manifiesto que algunos productores mitigan estos retos incrementando el contenido total de materiales cementantes en sus mezclas, lo que invalida potencialmente la ventaja ambiental del uso del cemento Tipo IL y anula el valor sustentable del llamado Tipo IL. Además, la presión por integrar materiales cementantes suplementarios (SCMs, por sus iniciales en inglés) para lograr mayor durabilidad y sustentabilidad complica todavía más el uso del cemento Tipo IL. Por fortuna, hay diversas formas en las que pueden superarse estos retos y seguir apegándose a las iniciativas de sustentabilidad.

Aditivos a Base de Nanopartículas

La nanotecnología ha surgido como un medio prometedor para avanzar en las propiedades del concreto. Los investigadores han producido partículas a nanoescala para mejorar la hidratación del cemento y la formación de silicato cálcico hidratado (CSH, por sus iniciales en inglés), el componente más importante para el desarrollo de la resistencia del concreto. Las tecnologías de aditivos a base de partículas de nanoescala se encuentran a la vanguardia de la innovación del concreto. Estos aditivos líquidos ofrecen una gama de posibilidades para modificar y mejorar las características del concreto fresco y endurecido. Son la clave para crear estructuras más sólidas y durables.

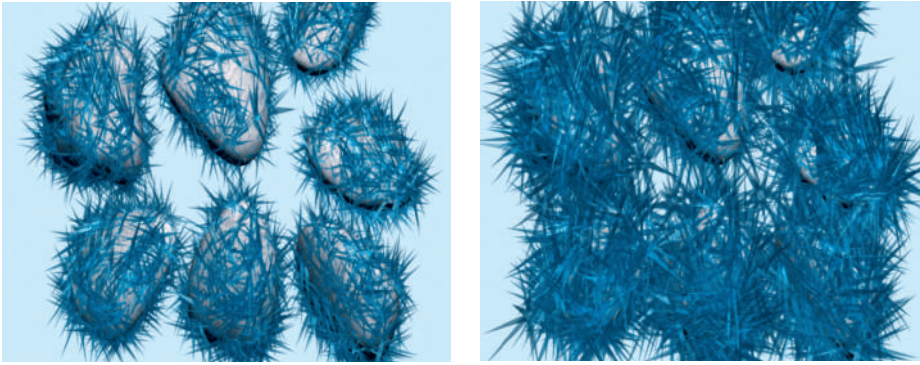


Fig. 1: Ejemplos de espinas con momento de apertura.

Master X-Seed en la Práctica

Un productor de concreto de los Estados Unidos le pidió a Master Builders Solutions que le asistiera en el cumplimiento de una especificación que hace un llamado para lograr un 35% de reducción en el potencial de calentamiento global (GWP, por sus iniciales en inglés) en comparación con la referencia de la industria. Se diseñó una mezcla de concreto con cemento Tipo IL y Master X-Seed 66 SEA para cumplir con el requerimiento de resistencia a la compresión para la estructura, a la vez que también logró una reducción del 36% en GWP. Esta solución hizo posible utilizar relaciones tradicionales agua/materiales cementantes (w/cm) y se pudo obtener así una trabajabilidad aceptable de la mezcla optimizada con carbono.

Uno de los objetivos principales de los aditivos a base de nanopartículas es abordar los desafíos que presentan los materiales cementantes suplementarios en el concreto. Si bien los SCMs pueden mejorar la durabilidad, a menudo dan por resultado desarrollo de resistencia más baja a edad temprana y **media**. Para contrarrestar esto, se están utilizando aditivos mejoradores de resistencia (SEAs, por sus iniciales en inglés) y que contienen nanopartículas.

Las evaluaciones realizadas por laboratorios de diferentes mezclas de concreto con cemento, ceniza volante Clase F y cemento de escoria han demostrado el potencial de los SEAs. Muestras de mortero y concreto sometidas a diversos contenidos de reemplazo de SCMs han mostrado mejoras significativas en la resistencia. Incluso cuando se utilizan relaciones más altas de agua/material cementante (w/cm) y menor contenido total de material cementante, el concreto habilitado con SEA ha demostrado un mejor desempeño.

Aditivos Patentados que Mejoran la Resistencia

La línea de aditivos de productos Master X-Seed de Master Builders Solutions fue diseñada para mejorar la calidad de la pasta de cemento endurecida. Su función principal es facilitar el crecimiento de cristales CSH entre los granos de cemento (consulte la Fig. 1), optimizando así la hidratación del cemento.

Las principales ventajas de Master X-Seed son evidentes en su capacidad de incrementar el desarrollo de resistencia del concreto (consulte la Fig. 2) y al mismo tiempo permitir una reducción del contenido de cemento (vea la Fig. 3), contribuyendo así a la reducción de carbono. Al mejorar la hidratación del cemento, les permite a los productores conservar la w/cm de sus mezclas y les brinda la flexibilidad de ajustar sus mezclas

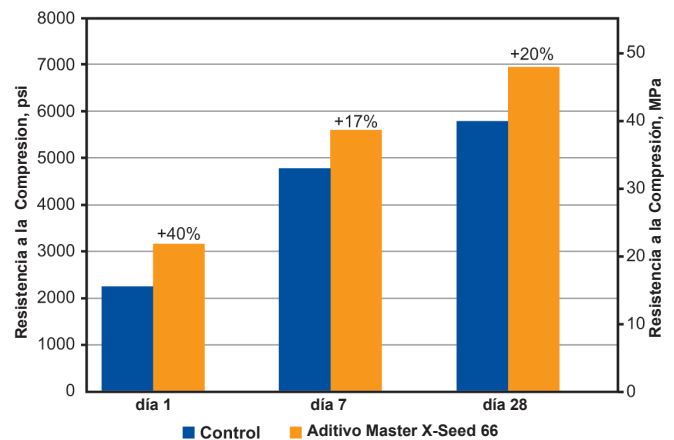


Fig. 2: Mejora en la resistencia a la compresión del concreto con la adición del aditivo Master X-Seed 66 (Nota: Mezcla de concreto con contenido nominal de materiales cementantes de 564 lb/yd³ [334 kg/m³], w/cm de 0.53 y aditivo Master X-Seed 66 en una dosis de 10 fl oz/cwt [650 mL/100 kg]).

de concreto para requerimientos de desempeño específicos.

Además, la inclusión de Master X-Seed permite que las mezclas de concreto incorporen niveles más altos de SCMs, incrementando así las características de durabilidad del concreto, prolongando el ciclo de vida de las estructuras y reduciendo los costos de mantenimiento a largo plazo.

Resistencia, Eficiencia y Sostenibilidad

La industria del concreto se encuentra en la cúspide de una era de transformación. Los nuevos materiales sostenibles, tales como el cemento Tipo IL y los aditivos a base de nanopartículas son prometedoramente más fuertes, más durables, rentables y son el concreto preferido desde el punto de vista ambiental.

La última generación de aditivos no sólo mejora el desarrollo de resistencia del concreto, sino que también facilita una reducción en el contenido de cemento, promoviendo prácticas de construcción más sustentables. Al optimizar la hidratación del cemento y conservar la w/cm tradicional, estas innovaciones permiten el uso continuo del concreto en una amplia gama de aplicaciones, minimizando a la vez el desperdicio de material.

Los aditivos a base de nanopartículas nos dan una idea del futuro de la tecnología del concreto, empoderando a los constructores para crear estructuras que no sólo sean más sólidas y durables, sino que también vayan alineadas con las metas de reducción de carbono. Al abordar los retos que presentan los SCM's y los cementos Tipo IL, estos avances permiten la producción de mezclas de concreto rentables y sustentables con reducción en el contenido de cemento.

Los aditivos reductores de agua se han convertido en algo esencial en la producción cotidiana de concreto, lo que refleja el panorama en evolución de la industria. No obstante, el verdadero futuro del concreto durable que cumple con las metas de reducción de carbono y requerimientos de desempeño, consiste en aprovechar el poder de la nanotecnología y de las mezclas innovadoras.

-Masters Builders Solutions, www.master-builders-solutions.com

Seleccionado por los editores para interés del lector.

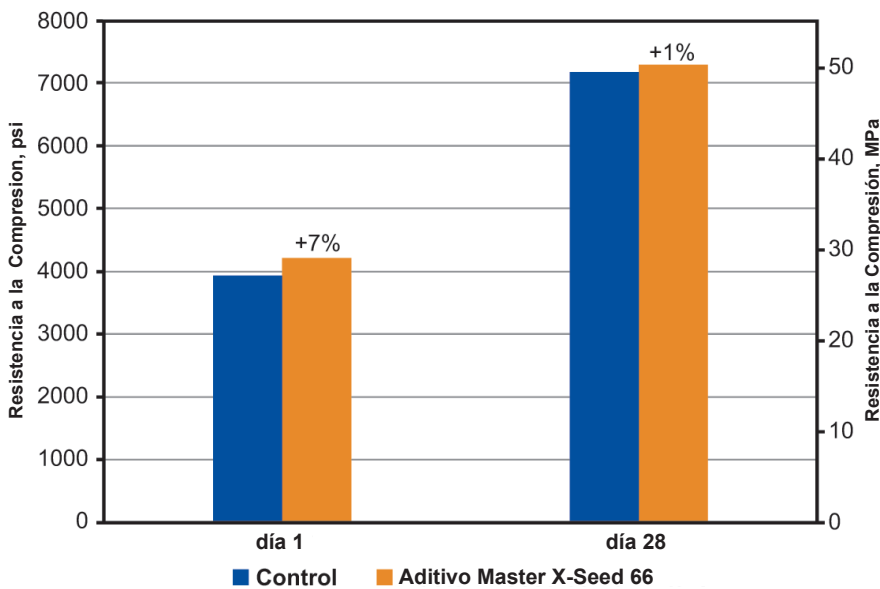


Fig.3: El aditivo Master X-Seed 66 ofrece potencial para reducir el contenido de materiales cementantes en mezclas de concreto. En este ejemplo, el contenido de materiales cementantes de la mezcla de concreto se redujo en 47 lb/yard³ (28 kg/m³) (Nota: La mezcla de control incluyó un contenido nominal de materiales cementantes de 658 lb/yard³ [390 kg/m³] y w/cm de 0.40. La mezcla con aditivo Master X-Seed 66 a dosis de 10 fl oz/cwt [650 mL/100 kg], tuvo un contenido nominal de materiales cementantes de 611 lb/yard³ [362 kg/m³] y w/cm de 0.43.



Tyler Grissom es Gerente de Producto en Master Builders Solutions en Cleveland, OH, Estados Unidos de Norteamérica. Con experiencia en productos químicos agrícolas, petroquímicos y energía, ahora apoya las soluciones sustentables de la industria del concreto. Recibió su licenciatura en mercadotecnia y su Maestría por la Universidad Estatal de Oklahoma, Stillwater, OK, Estados Unidos de Norteamérica.

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

Título: Tech Spotlight.

¿Enfrenta los Desafíos del Cemento Tipo IL? — Aditivos a Base de Nanopartículas



*Traductora:
Lic. Ana Patricia
García Medina*



*Revisor Técnico:
Ing. Karla Elizabeth
de la Fuente Monforte*