

Biomateriales para uso en Ingeniería Civil

Elmer Román Díaz

Ingeniero Civil, Universidad Santo Tomás Tunja. Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos. Docente Especialización en Geotecnia Vial y Pavimentos, Universidad Santo Tomás, Tunja. ingeroman@hotmail.com

Clarena María Salcedo Rodríguez
Ingeniera Civil, Unitrópico

Emerzon Ray Ramírez Cárdenas
Ingeniero Civil, Unitrópico

Recibido: 17 de octubre de 2013 Aprobado: 10 de diciembre de 2013

Artículo de investigación, como producto de investigación en la Universidad Unitrópico de Casanare.

Resumen

Aún no está muy desarrollada y no se evidencia la importancia que tiene el empleo de Biomateriales en la Ingeniería, puesto que nos limitamos exclusivamente a producir grandes moles de concreto. Se deja atrás la imaginación para pensar que en la Biología se pueden encontrar una solución a las patologías de nuestros concretos y en especial en aquellas regiones en donde la inclemencia del clima marca sin duda alguna la problemática. Todo se centra en el tema de agrietamiento de los elementos constituidos por aquella masa homogénea denominada concreto. Allí los factores como los ciclos de endurecimiento y secado juegan un papel vital para su patología y en especial a las fisuras, debido a los cambios volumétricos de la mezcla y sus problemas asociados a patologías como la Carbonatación.

Palabras Claves: biomateriales, biomineralización, biomimesis, bacterias, fisuras, patologías.

Abstract

The importance of the use of biomaterials in Engineering is not so developed since we are exclusively limited to produce large moles of concrete. We do not use the imagination to realize that in biology a solution of our specific pathologies can be found, specially in those regions where the weather is a problem. Until now, everything is focused on the issue of cracking of the elements that compose the homogeneous mass called concrete. Here, factors such as curing and drying cycles play a vital role in its pathology and specially in the cracks due to volumetric changes of the mixture and its problems associated with diseases such as carbonation.

Key words: Biomaterials, biomineralization, biomimicry, bacteria, cracks pathologies.

I. INTRODUCCIÓN

El tema de los materiales para construcción en ingeniería, hoy en día, presenta dos problemas fundamentales: los costos y su manejo estructural. Sin embargo, la solución se puede encontrar en la Biología y específicamente en la Microbiología aplicada, mediante un proceso natural que se conoce como biomineralización, el cual se usa para evitar el desprendimiento, la pulverización y la descamación de las fachadas de piedra calcárea ocasionados por la contaminación y la exposición natural al clima (sol, lluvia, etc.). Actualmente, el carbonato de calcio de origen bacteriano se aplica como aditivo biológico para mejorar las propiedades físico-mecánicas (tamaño del poro, resistencia y durabilidad) y térmicas (conductividad) del hormigón, sin causar efectos secundarios, sin colorearlo, sin formar sales residuales y sin interferir en el intercambio gaseoso del material con la atmósfera.

II. TRATAMIENTO.

Los tratamientos pueden ser preventivos, como en el caso de la impermeabilización, o curativos, para aumentar la cohesión del material. El tratamiento del hormigón con aditivos biológicos obtenidos de bacterias calcificantes, permite aumentar la resistencia mecánica de la pasta de cemento que depende de la cantidad de poros dejados por el exceso de agua necesaria para trabajar el hormigón. A menor número de poros, mayor será la resistencia. También incide sobre la geometría del poro que depende de su forma, del área, del perímetro y del diámetro máximo y mínimo. A su vez, la porosidad en mortero incide sobre la conductividad térmica, afectando la durabilidad del material.

Esta nueva técnica de remediación de fisuras y grietas en el concreto usando calcita (carbonato de calcio $\text{-CaCO}_3\text{-}$) inducida microbiológicamente, solo es una aplicación de la biomimesis, o sea la imitación que hacemos los humanos de la naturaleza. La precipitación de calcita inducida microbiológicamente es una técnica que se aplica bajo una categoría más amplia de ciencia llamada biomeneralización. Es un proceso en el que organismos vivos, en este caso particular bacterias, forman sólidos inorgánicos. Como sellante microbiano, la calcita muestra un potencial para consolidar selectivamente las fracturas o fisuras superficiales de la pasta generada, de manera natural y libre de contaminación

A. Adelantos.

Se han realizado estudios de durabilidad de concretos expuestos a ambientes alcalinos, sulfatados y sometidos a procesos de congelamiento y descongelación, encontrándose una mejora en la impermeabilidad del concreto tratado con bacterias calcificantes. Esta técnica de remediación bacteriana puede usarse para reparar estructuras de importancia histórica, con el ánimo de preservar su valor estético, cuando la técnica convencional de inyección epóxica no puede usarse para remediar las grietas en ese tipo de estructuras.

B. Resultados.

Sin duda alguna lo que se pretende con este trabajo de investigación es obtener un material hidráulico competente que genere por medio de estos microorganismos un biocon-

creto regulador de fraguado en donde éstos entren en los componentes cristalinos que conforman el cemento, que a continuación se describen:

Silicato Tricálcico 3CaO-SiO_2 con aporte de 45-70%; Silicato Bicálcico 2CaO Si O_2 con aporte entre el 15-35 %; Aluminato Tricálcico $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$ con aporte del 15%; y el Aluminato Ferrito-Tetracalcio $4\text{CaO Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$ con aporte del 3 al 15 %.

Cuando el cemento tipo Portland, se mezcla con el agua aparecen unas reacciones químicas de desprendimiento de calor que se denominan procesos exotérmicos, en donde pasa del estado plástico (pasta), hasta un estado de endurecimiento (consolidación de la mezcla), en la cual empieza adquirir resistencia mecánica. Estas etapas son conocidas como fraguado y endurecimiento del cemento respectivamente.

Silicatos de Calcio + Agua = Tobermorita + Portlandita + Calor.

Aluminatos de Calcio + Agua = Aluminatos de Calcio Hidratado + Aluminatos férricos de calcio hidratados + Portlandita + Calor.

Cal libre + Agua = Hidroxilo de calcio + Calor + Magnesia Libre + Agua = Hidroxilo de magnesio + calor.

III. EFECTOS.

¿Podrán mantener su estructura las bacterias calcificantes dentro de estos elementos?

Un trabajo en el cual se integran el programa de Ingeniería Civil y Biología para innovar en cultivos de microorganismos capaces de vivir dentro del concreto y con el paso del tiempo mantener la estructura adecuada, brindando una resistencia proporcional a la vejez del concreto sin alterar sus propiedades intrínsecas. Así, los estudios de patología de los concretos tendrán un apoyo significativo, con los cambios ambientales notorios que ayudarán a darle vida a estos microorganismos.

Cuando la hidratación de los aluminatos se produce con la presencia de microorganismos se cree que se formará una "pasta viva" en donde esta primera fase sea el principio de análisis para obtener el Bioconcreto.



Todas las obras civiles y en especial los elementos estructurales imponen en función de sus particularidades ambientales de cada caso, una serie de condiciones al concreto de todo tipo (normal, pretensado, postensado), tal como lo establece la ASTM E632, Standard Recommended practice for developing short-term accelerate test for prediction of the service life of building component and materials, en su capítulo preliminar.

IV. PATOLOGÍAS A COMBATIR.

A continuación se citan algunos medios agresivos naturales en los cuales se pretende que los microorganismos actúen para combatir estas patologías: Ataque por lixiviación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ debido al agua de mezclado, ataque por el anhídrido carbónico CO_2 agresivo para la cal del cemento, que puede llevar el agua de mezclado, ataque por CO_2 , carbonatación, ataque por el yeso $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ataque por el Sulfato Magnésico SO_4Mg , ataque por Sulfato Sódico SO_4Na_2 , ataque por reacción Arido-Alcali de acuerdo a su mineralogía.

Una de las patologías más relevantes dentro de los concretos es el proceso de la carbonatación. Este cultivo que se propone entrará también a combatir sin duda alguna dicho fenómeno, en el cual se analiza la reacción con el PH del mismo, puesto que un concreto en condiciones normales presenta un PH de 10. Las condiciones y estudios adelantados demuestran que un concreto con PH 12 ó superior da indicios de carbonatación, en pocas palabras su alcalinidad aumenta llegando a límites de Amoniaco.

V. BACTERIA A EMPLEAR.

Antes de mencionar el tipo de bacteria a emplear como productora de la calcita, se debe conocer la metodología que se va a utilizar en el proceso, la cual puede entenderse como: Búsqueda y aislamiento de la cepa bacteriana, identificación de la cepa, multiplicación en laboratorio de la bacteria, ensayo de laboratorio, ensayo de campo (prueba sobre concretos). La bacteria objeto del estudio es la Bacillus Subtilis, la cual es de la familia Gram-Positiva, la cual será cultivada con urea y nutrientes para obtener calcita.

CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA	
REINO	BACTERIA
FILO	FIRMICUTES
CLASE	BACILLI
ORDEN	BACILLALES
FAMILIA	BACILLACEAE
GÉNERO	BACILLUS
ESPECIE	B. SUBTILIS

Las bacterias se activan con el mismo medio ambiente, para que se empiece a segregar la calcita.

El proceso y evolución del concreto una vez se crea la mezcla, éste empieza su proceso de hidratación y posteriormente de fraguado algo netamente químico. La ilustración a) muestra un concreto en condiciones normales; b) un concreto en el cual el proceso de exudación toma un papel significativo y por lo tanto las fisuras son evidentes; c) las fisuras por retracción y fraguado son claras y marcadas pues el concreto expuesto comienza a perder su contenido de agua.

A. Tipos de fisuras.

Se denomina fisura la separación incompleta entre dos o más partes con o sin espacio entre ellas. Su identificación se realizará según su dirección, ancho y profundidad utilizando los siguientes adjetivos: longitudinal, transversal, vertical, diagonal, o aleatoria.

Los rangos de los anchos de acuerdo con el ACI (American Concrete Institute) son los siguientes:

Fina: menos de 1 mm
Media: entre 1 y 2 mm
Ancha: más de 2 mm.

B. Beneficios al emplear la bacteria.

Sin duda alguna con este proyecto se está generando un aporte importante al medio ambiente, puesto que se puede sustituir en casos menores algunos aditivos que actualmente se emplean en reparaciones de fisuras, de otra parte los costos de mantenimiento y reparación disminuyen

VI. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Se espera obtener una mezcla de agua, cemento, agregados y “bacterias” que sea capaz de auto sellar las grietas ocasionadas por los efectos naturales del medio ambiente, sin que se vean afectadas negativamente las propiedades físicas y estructurales del concreto, al adicionar la bacteria.

Se espera que la sustancia segregada por las bacterias incremente las propiedades de resistencia y durabilidad del concreto.

REFERENCIAS

Descubren unas bacterias capaces de reparar grietas en el hormigón (2010). En: DiscoverMagazine.com.

Investigation on concrete rust preventive agents using microorganisms (MECHANISMS)

A.M. Neville (1987) “Concrete Technology”. Longman, Scientific y Technical

