

FIBRAS

Membranas en concreto reforzadas con fibras sintéticas

Las fibras sintéticas se han utilizado convencionalmente como mallas para la estabilización y protección de suelos. Los geosintéticos cumplen la función de refuerzo y abaratan las soluciones tradicionales de la ingeniería civil. Sin embargo, el escaso desarrollo en la experimentación de otros usos para estos materiales, ha ocasionado que las necesidades en vivienda, infraestructura urbana y otras construcciones de importancia para las comunidades iberoamericanas aún no estén satisfechas.

De acuerdo con sus características mecánicas, las mallas extruidas no estiradas en polietileno de alta densidad se consideran como refuerzo y son utilizadas para la construcción de gaviones, muros de contención, protección en suelos rocosos inestables y como refuerzos de estructuras en carreteras. Asociar sus propiedades mecánicas con la tecnología de las membranas en concreto, puede permitir desarrollar nuevas propuestas de sistemas constructivos para atender las necesidades de hábitat o mejoramiento de infraestructuras existentes.

Se presenta a continuación el resultado de un estudio llevado a cabo en Medellín, Colombia para el desarrollo de membranas de concreto reforzadas por fibras sintéticas, mismas que disminuyen y complementan la utilización del acero de refuerzo en la construcción de elementos arquitectónicos como: entresijos, muros y cubiertas. En general, para fines del presente trabajo, las membranas de concreto son aquellas superficies de doble curvatura que no llegan a tener un espesor mayor a 8 centímetros y que a través de su disposición geométrica desarrollan condiciones auto portantes y estructurales.

En las membranas de concreto reforzadas con fibras estudiadas, se evaluaron resistencias a la

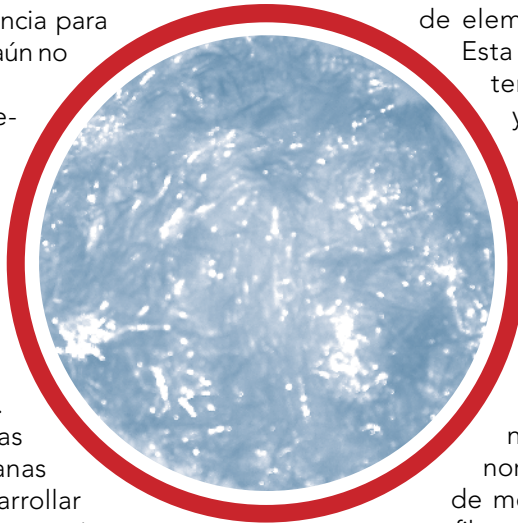
tensión, a la compresión, a la torsión, a la deflexión y a la cizalladura; así como los índices de absorción térmica y de absorción de agua en la superficie. Como resultado de este estudio se evidenció que las mallas extruidas no estiradas en polietileno de alta densidad, constituyen un material adecuado para sustituir o reducir la cuantía de acero de refuerzo tradicional, en membranas de concreto. Se demostró con la investigación que estas membranas son livianas e impermeables, así como también, resistentes a esfuerzos de compresión, tensión, cizalladura, deflexión y torsión, en magnitudes que permiten su utilización como elementos estructurales.

Fue conformada una base bibliográfica sobre el tema que comprende: redes de bases de datos, catálogos, documentos e información fotográfica sobre experiencias exitosas en la utilización de fibras sintéticas como refuerzo de elementos estructurales en concreto.

Esta información fue clasificada en tres temas principales en archivo gráfico y escrito: membranas de concreto reforzadas con acero, membranas de concreto reforzadas con acero y con fibras, y membranas de concreto reforzadas con fibras sintéticas.

El desarrollo de este proyecto de investigación generó entre sus principales resultados, no sólo la producción de nuevo conocimiento y el desarrollo de una normativa técnica para la construcción de membranas de concreto reforzadas con fibras sintéticas, sino que también ofreció una caracterización técnica del material para determinar el beneficio ambiental que tiene su utilización. También se potenció el desarrollo tecnológico de proveedores y de productores de fibras sintéticas para el refuerzo de membranas de concreto. **c**

Referencia: Restrepo, MA; Castañeda, AJH; Restrepo, LGA; Gutiérrez, DJA; Vélez, GSR, "Membranas en hormigón reforzadas con fibras sintéticas", del Grupo de Investigación Laboratorio de Estudios y Experimentación Técnica en Arquitectura LEET, Facultad de Arquitectura Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, Colombia. Publicado en: Congreso Iberoamericano de Metalurgia y Materiales, Habana, Cuba, octubre de 2006.



REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO

Métodos de prevención

La reacción álcali-agregado es un fenómeno que afecta a innumerables estructuras de concreto por todo el mundo. La prevención es aún la única forma eficiente de evitar que esta se desarrolle; no obstante, los daños causados son irreversibles.

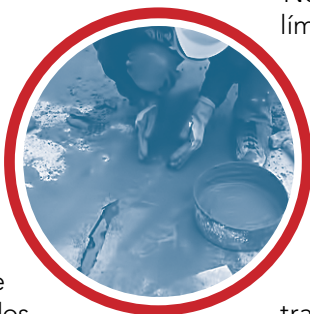
Una manera eficaz para prevenirla es el empleo de métodos de ensayo que refuercen la investigación de esa reacción deletérea. Se exponen en este escrito los resultados de un estudio que tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo entre el resultado del método petrográfico y los límites de expansión de tres normas del método acelerado para barras de mortero. La investigación fue realizada con agregados del estado de Pernambuco, en Brasil, buscando identificar las características reactivas que ejercieron influencia sobre el resultado de las expansiones.

Son varios los procesos de deterioro que interfieren en la durabilidad del concreto, pudiendo ser clasificados como procesos químicos y físicos. Entre los primeros más frecuentes se encuentran la corrosión del refuerzo, carbonatación, penetración por iones cloruro, ataque por sulfatos y reacción álcali-agregado (RAA).

La RAA es una reacción lenta que ocurre internamente en la masa de concreto, formada por la reacción entre algunos minerales de los agregados e hidróxidos alcalinos normalmente naturales del cemento, pudiendo comprometer el desempeño de las estructuras afectadas. Fue descubierta en la década de los años treinta del siglo XX en California, y no fue hasta la década de los 70 que su investigación cobró auge; cuando comenzaron a surgir relatos de anomalías de dicha patología en diversos países.

Uno de los métodos más utilizados para el estudio de la RAA es el ensayo acelerado para barras de mortero, que analiza la potencialidad deletérea del agregado en un espacio de tiempo reducido.

Este ensayo demuestra cierta falta de confiabilidad pues han sido encontrados resultados falso-negativos (agregados clasificados como inocuos



por el ensayo y que presentaron efecto deletéreo en campo) y falso-positivos (agregados clasificados como reactivos por el ensayo y que desempeñaron buen comportamiento en campo).

No existe aún un consenso relacionado con los límites de expansión y el período de análisis de los agregados en el ensayo acelerado de las barras de mortero. En muchos países, los investigadores extienden las mediciones de los ensayos hasta 28 días, a partir de la lectura inicial, manteniendo los límites propuestos en la norma, a fin de detectar los agregados con reactividad lenta. Para este estudio fue necesario recolectar muestras de rocas y un tipo de cemento estándar. El cemento presentó expansión en autoclave inferior a 0.20 %, un tenor de equivalente alcalino total expresado en $(0.90 \pm 0,10)$ % y una finura de (4900 ± 200) cm^2/g .

De esta investigación se concluyó que el análisis petrográfico es indispensable para el estudio de la reactividad potencial de las muestras, complementando de manera significativa el ensayo de las expansiones de las barras de mortero.

Las muestras que presentaron mayores expansiones en el ensayo acelerado, exhibieron en el análisis petrográfico mayores cantidades de cuarzo microcristalino, quedando constancia de que éste interfiere significativamente en la reactividad de los agregados. De esta manera fue evidente que, cuanto mayor es la cantidad de cuarzo microcristalino, mayores serán las expansiones.

La potencialidad reactiva indicada en las muestras de piedras en el ensayo petrográfico se relaciona básicamente con la presencia de cuarzo microcristalino, feldespatos alterados y cuarzo deformado, evidenciando deformaciones tectónicas sufridas por las piedras. El método acelerado se mostró apropiado con relación a la posibilidad de hacer ensayos de varios agregados a través de varias normas del mismo método; no obstante, no se mostró convincente debido a que se obtuvieron resultados de reactividad distintos, dependiendo de los límites de expansión de cada norma utilizada.

Todas las muestras presentaron comportamiento potencialmente reactivo en el análisis petrográfico, con comprobación de la existencia de fases reactivas. Sin embargo, la misma clasificación de reactividad no fue encontrada en algunas muestras de agregados ensayados por el método de las barras. Pudo afirmarse que los resultados de la ASTM C 1260 a los 28 días son comparables con

un 83% de acierto a los resultados petrográficos, por lo que la haría la más eficaz. **C**

Referencia: Cavalcante-da Silva, CF; Barreto-Monteiro, EC; Duarte-Gusmão A, "Análisis de métodos de prevención de la reacción álcali-agregado: Análisis petrográfico y método acelerado para barras de mortero", en *Ingeniería*, Revista Académica de la FI-UADY, 15-1, pp 9-17, 2011, ISSN: 1665-529-X.

MAQUINARÍA

Robótica para agregados reciclados

El Robot Reciclador de Concreto ERO fue diseñado para desmontar de manera eficiente las estructuras de concreto sin que queden residuos, polvo, o cualquier otro material indeseable; de forma tal que la separación permita que los materiales de construcción recuperados, puedan ser usados eficientemente en la construcción de nuevos edificios de concreto. El proceso se basa en la aplicación a presión de un chorro de agua, que rompe la superficie del concreto, separando así los residuos, y dejando los materiales reciclados libres de polvo.

Las técnicas de demolición de estructuras de concreto actuales requieren de maquinarias con mucho poder de trituración para la adecuada separación del material a reciclar. Adicionalmente, se requiere de un gran volumen de agua para evitar que una gran cantidad de polvo aflore durante la operación. La transportación del material a reciclar hacia las plantas, por lo general ubicadas fuera de las ciudades, inducen a una pérdida de tiempo; además de que el uso del producto final queda limitado a una pequeña área.

El reto de este proyecto consiste fundamentalmente en la separación de los materiales indeseados, ajenos a los que se pueden reciclar para su uso en la construcción. El concreto generalmente se refuerza interiormente con acero; por lo que las técnicas tradicionales involucran el uso de la "fuerza bruta" para su pulverización, creándose así una masa mixta de materiales de desecho que tiene que ser clasificada antes de que los segmentos de concreto puedan ser reutilizados, y los de acero usados como metal de segundo grado.

A fin de eliminar el proceso de separación posterior y de facilitar el transporte de materiales, con

este tipo de robots se logra comenzar el proceso de separación en el sitio; lo que resultó un gran reto, en el cual la gran pulverización resultante de los procesos de demolición tradicional, se sustituyó por el proceso de demolición "inteligente".

En la actualidad, en los procesos tradicionales los operadores controlan manualmente maquinarias pesadas de diferentes tamaños que consumen una gran cantidad de energía para demoler y triturar la masa del concreto endurecida.

Por otro lado, se requiere rociar constantemente agua con mangueras, para evitar la indeseada propagación de polvo, que muchas veces resulta nociva. Una vez culminado con este proceso, grandes maquinas recogen y transportan el material a reciclar hacia plantas de reciclados, por lo general fuera de la ciudad, en donde manualmente se clasifica el material. El concreto se sigue triturando y clasificando en varias etapas adicionales, para su uso en el diseño de concretos de proyectos de construcción simples, y las varillas de acero se funden para su posterior reutilización.

En un principio, uno de los objetivos a futuro del proyecto del Robot ERO fue proporcionar un enfoque inteligente y sustentable al proceso, en las operaciones de demolición; de forma tal que se facilite al máximo la reutilización de los materiales. De acuerdo a lo anterior, mediante una flota de este tipo de robots estratégicamente ubicados en el interior de un edificio, es posible desaparecer literalmente el mismo.

En general, los robots ERO demuelen los elementos de concreto por medio de agua a alta presión, que posteriormente se recicla en el sistema; mientras se absorben y separan los segmentos de concreto. Posteriormente se hacen pasar agregados y una lechada de cemento a la unidad de almacenamiento del equipo, el producto resultante es posteriormente envasado en grandes bolsas, etiquetado y enviado a plantas de concreto cercanas, en donde el material es reutilizado.

Una ventaja adicional del proceso resulta que las varillas de refuerzo quedan completamente limpias de concreto y de óxido, por lo que pueden ser cortadas y reutilizadas de inmediato. Así, se hace evidente que los robots ERO resultan una gran alternativa inteligente de perfeccionamiento de los procesos de demolición actuales, que en general ayudaría a la reducción, tanto de consumo de energía, como de la cantidad de residuos resultantes. Los robots ERO, sencillamente, convierten los residuos en activos. **C**

Referencia: Adaptado de: "ERO Concrete Recycling Robot", en IDSA. <http://www.idsa.org/ero-concrete-recycling-robot>



Concreto Celular en Autoclave

El Concreto Celular en Autoclave (Autoclaved Aerated Concrete, AAC) es un material ligero prefabricado, elaborado con materias primas naturales. Fue descubierto en 1914 por el arquitecto sueco Johan Axel Eriksson, quien trabajaba entonces con el profesor Henrik Kreüger en el Instituto Real de Tecnología, en Estocolmo. Eriksson reveló que la mezcla de cemento, cal, agua y arena, se expandía al agregar polvo de aluminio (aditivo expansivo).

Comenzó a producirse en Suecia en 1929, en Hällabrottet; llegando a ser muy popular. Fue comercializado bajo la marca "Ytong" hacia 1940; aunque preferían a menudo referirse como "concreto azul" debido a su tonalidad.

El AAC resulta un material económico y sustentable, que provee a la estructura de un aislamiento térmico y acústico tan satisfactorio como la resistencia al fuego y al ataque de termitas. Se encuentra disponible en gran variedad de formas, desde los paneles de pared y tableros de techo, hasta bloques y dinteles. Aunque ha sido un material muy popular en Europa por más de 50 años, sólo se ha utilizado en los Estados Unidos de Norteamérica en las últimas dos décadas.

Desde 1980, se ha presentado un auge a nivel mundial en el uso del AAC. Se han construido nuevas plantas para su producción en Estados Unidos, Europa Oriental, Israel, China, India, Australia y en Monterrey, México. El empleo de AAC para construir edificios de viviendas, puede decirse que va en aumento; siendo ampliamente utilizado por diseñadores, arquitectos, y constructores.

Al fabricar AAC, el cemento Portland es mezclado con cal, arena silíceo, o ceniza volante reciclada, agua, y polvo o mezcla de aluminio vertido en un molde. La reacción entre el aluminio, el hidróxido de calcio y el agua provoca la formación de hidrógeno; que en forma de burbujas microscópicas producen a su vez una expansión en el concreto de aproximadamente cinco veces su volumen original.

Al final del proceso, el hidrógeno escapa a la atmósfera y es suplido por aire. Cuando se retiran los moldes, el material ha solidificado; pero aún está blando. Es entonces que se cortan las piezas en

bloques o paneles y se colocan en autoclave por 12 horas, durante este proceso de endurecimiento por vapor a presión, la temperatura alcanza 190° C. La arena reacciona con el hidróxido de calcio y se forma hidrato de silicato de calcio (C-S-H), lo que explica su elevada resistencia y otras propiedades que lo hacen singular.

Después del proceso en autoclave, el material queda listo para inmediatamente ser utilizado en el sitio de construcción. En dependencia de la densidad, más del 80% del volumen de un bloque de AAC es aire. La baja densidad del AAC también explica

su baja resistencia a la compresión (puede soportar cargas de aproximadamente 8 MPa).

El resultado es un material inorgánico, no tóxico, y hermético que puede ser utilizado en interiores y exteriores; y que según los fabricantes, no genera contaminantes o riesgos durante su proceso de producción.

Las unidades de AAC están disponibles en numerosas formas y tamaños. Los tableros pueden encontrarse con espesores de entre 20 y 30 cm por 60 cm de ancho, y longitudes por encima de los 6 metros.

Se ha producido AAC por más de 70 años, y ofrece considerables beneficios si se compara con otros materiales de construcción. Es un material que en principio se traduce en un muy bajo impacto medioambiental, por su elevada eficiencia térmica. Con su empleo se reduce significativamente la necesidad de calefacción y refrescamiento en los edificios. Asimismo, su fácil manipulación permite realizar cortes exactos en las piezas, lo que reduce considerablemente la generación de residuos sólidos. A diferencia de otros materiales, con su empleo puede eliminarse la necesidad de usar productos de aislamiento.

Su ligereza también provoca reducciones en el consumo de energía para su transportación. El hecho de que el AAC es mucho más ligero que el concreto tradicional conlleva a significativas reducciones en las emisiones de CO₂ durante el transporte. Otra de las ventajas del AAC en las construcciones es su rápida y fácil instalación; utilizándose para el corte de las piezas, herramientas como sierras de mano y taladros. **C**

Referencia: Adaptado y traducido de "Autoclaved Aerated Concrete (AAC): Manufactured building block made of all-natural raw materials", en *NAHB Research Center*, <http://www.toolbase.org/Technology-Inventory/Foundations/autoclaved-aerated-concrete>, y *Autoclaved aerated concrete*: http://en.wikipedia.org/wiki/Autoclaved_aerated_concrete.

