

LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE NEUMÁTICOS RECICLADOS EN EL CONCRETO

Con el desarrollo de políticas sobre protección del medio ambiente a nivel internacional y la adopción de sistemas para la sostenibilidad de la construcción, se planteó el reto del reciclado de muchos desechos y, entre ellos, de los neumáticos. En el campo de la construcción, estos fueron utilizados en un inicio como combustible alternativo en los hornos de cemento y, posteriormente, en menor medida, en la producción de concreto y asfalto.

Inicialmente, los neumáticos se han reutilizado, de una forma más o menos general, volviendo a marcar los perfiles en ellos. Es obvio que este procedimiento tiene un límite y no supone la eliminación del residuo. Los criterios modernos de reciclado o valorización del material han permitido encontrar otras salidas para los neumáticos, como es el caso de su uso eventual en pavimentos de áreas deportivas, pero esta práctica no es muy extendida, en razón de que la evolución tecnológica de los neumáticos ha llevado a que en su configuración se haya incorporado mayor cantidad de metales, lo que afecta su reutilización.

Este residuo se ha venido utilizando desde la década de 1970 en diferentes tipos de aplicaciones: modificación de betunes para el sellado de fisuras de pavimentos, ligantes para tratamientos superficiales, riegos y membranas. Los estados de Florida, California y Arizona, en Estados Unidos, han empleado el polvo de neumáticos en cementos asfálticos con contenidos que varían de 5% a 30%, tanto en mezclas densas como porosas, especialmente en tratamientos superficiales.



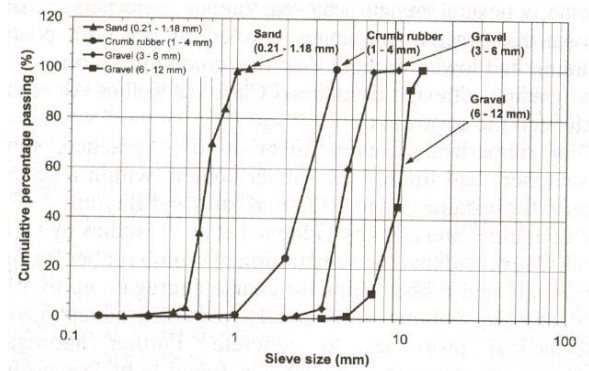
En el concreto, la aplicación de los residuos de las llantas se ha utilizado en la producción de concreto ligero prefabricado, en bloques de albañilería y en adoquines de concreto para pavimentos. También en pavimentos de concreto, en paneles prefabricados resistentes al impacto, en el aislamiento para cimentaciones de máquinas y en elementos estructurales para la protección de explosiones. Las características de los neumáticos, en cuanto a su composición química, no afectan las propiedades del cemento. Un análisis que puede servir de indicador de su composición es el siguiente: carbono, 75-81; hidrógeno, 6-8,5; oxígeno, 2-3; azufre, 1,2-1,5; nitrógeno, 0,5-1,8; zinc, cobre, 1-2, y acero, 3-13.

Estas aplicaciones se deben al comportamiento dúctil del concreto por la incorporación de los residuos de llantas, que, por otra parte, originan una reducción importante en las resistencias mecánicas del material, factor importante para su expansión en el mercado.

Esta pérdida de resistencia se debe básicamente a la debilidad en la adherencia entre el caucho y la pasta de cemento. Con el propósito de mejorar la resistencia, se ha procurado la introducción de la microsílíce. También se han incorporado fibras de acero y se han obtenido resultados satisfactorios.

En diferentes investigaciones llevadas a cabo a nivel internacional, se ha determinado que el caucho reciclado tiene mayor resistencia cuando se presenta en pequeñas dimensiones, muy superior al concreto con caucho en trozos. En cuanto al contenido de material reciclado, generalmente se encuentra entre 20% y 30%. Otras investigaciones admiten un reemplazo de material fino de 50% y de 25% de material grueso en volumen.

Para afrontar el problema de que las investigaciones se han producido en climas



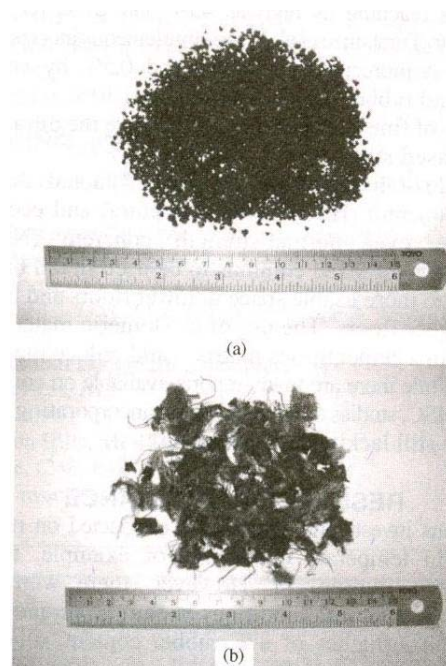
fríos de Estados Unidos y países europeos, se ha llevado a cabo una investigación en la Nanyang Technological University (NTU) de Singapur, diseñada para determinar el comportamiento de las mezclas de concreto

con neumáticos reciclados. Este trabajo ha estado a cargo de los ingenieros Sook-Fun y Seng-Kiong Ting y ha sido publicado en el *ACI Materials Journal*, de julio-agosto del 2009.

Considerando el limitado territorio de Singapur, aproximadamente 680 km², es parte de su estrategia suprimir los vertederos públicos en general y reducir la necesidad de plantas adicionales de incineración, de manera que 56% de la tasa actual de reciclaje se incremente a 60% para el 2012. En Singapur, los neumáticos de caucho usados se envían a plantas de incineración para su desecho y combustión, basándonos en las estadísticas de residuos y en la tasa para el 2008 de un producto total de 25.100 toneladas de restos de neumáticos.

El estudio es parte de un proyecto de investigación patrocinado por la National Environment Agency (NEA) de Singapur. Uno de los objetivos principales es investigar el uso de neumáticos de caucho reciclados en concretos de cemento Portland que adoptan materiales locales y tecnología de construcción, que son apropiados para las condiciones climáticas de Singapur y de la

región tropical. A diferencia de los países con temperaturas ambientales templadas de aproximadamente 20 °C y con humedad relativa alrededor de 50%, el clima en el trópico no es estacional, pero continúa siendo similar durante todo el año, con una temperatura ambiental que varía de 23 a 35 °C



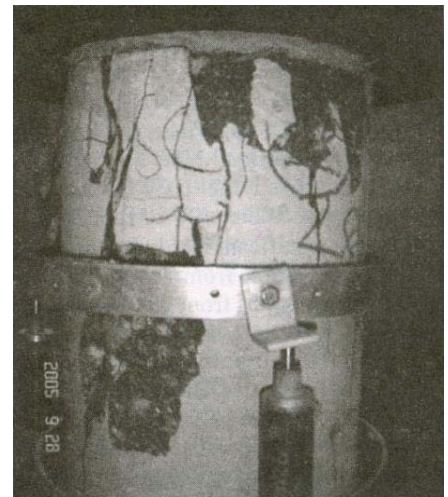
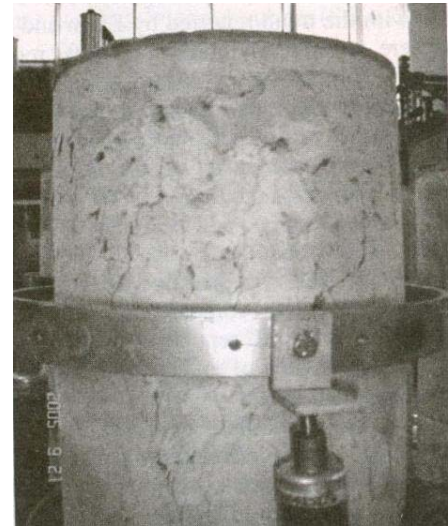
y con una humedad relativa que oscila de 50% a 100%.

Los parámetros de la investigación fueron dos niveles para el reemplazo del agregado con material reciclado, en cero y 25% por volumen del total de agregados. Se consideraron adiciones del siguiente orden: escoria granulada de alto horno en 0 y 65% del contenido de cemento en peso; microsílíce en 0 y 15% del contenido de cemento en peso; fibra de acero del 0 y el 0,25% por volumen del concreto.

El curado correspondió a la verificación de la resistencia a los 7, 28 y 91 días, desarrollándose en el medio tropical característico de la ciudad con promedios de 30 °C ± 3 °C y humedad relativa 75% ± 10%.

Sobre la base del estudio realizado, se arribó a las siguientes conclusiones:

1. El concreto de alta resistencia con menor proporción agua/cemento (a/c), de 0,27, presentaba menor asentamiento y contenido de aire pero mayor peso unitario que el concreto normal, con mayor a/c, de 0,60. La adición de 0,25% de fibras de acero también mostró ese tipo de tendencia, en contraste con los concretos sin fibras de acero.
2. Los dos tipos de concreto con 25% de caucho granulado o en retazos tenían menor asentamiento y peso unitario, pero mayor contenido de aire que mezclas sin incorporación de caucho. La incorporación de 65% de escoria granulada o 15% de microsílíce también mostró dichos patrones en comparación con concretos impregnados de caucho sin aditivo mineral.
3. El uso de 25% de retazos de caucho redujo el asentamiento pero incrementó el peso unitario y el contenido de aire, comparado con el 25% de caucho granulado.
4. Por lo general, mientras más baja fue la relación a/c y mayor la edad de curado, se evidenció mayor densidad endurecida, mayor resistencia a la compresión y mayor rigidez. Los dos tipos de concreto con 25% de retazos de caucho tienen mayor densidad endurecida y resistencia a la compresión que aquellos con 25% de este material. Los concretos con 25% de caucho tenían menor densidad endurecida, menor resistencia a la compresión y menor rigidez que aquellos sin caucho. El uso de dichos retazos condujo a la reducción de rigidez comparada con el caucho granulado.



5. La incorporación de 65% de escoria o de 15% de microsílíce causó menor densidad endurecida, mientras que la adición de 0,25% de fibras de acero incrementó la densidad endurecida de los concretos con adición de caucho. El uso de 65% de escoria, de 15% de microsílíce y de 0,25% de fibras de acero mejoró la resistencia a la compresión.
6. En ambos tipos de concreto, el uso de 65% de escoria mejoró el módulo elástico, especialmente a una edad de curado más tardía, mientras que 15% de microsílíce incrementó el modulo elástico, particularmente en etapas de curado tempranas.
7. El concreto de alta resistencia sin adición de caucho experimentó una fractura nítida de tipo frágil, mientras que el concreto normal sin adición y ambos concretos con adición del caucho presentaron fractura frágil gradual y menor, posiblemente debido a su alta capacidad de absorción de energía.

Algunas recomendaciones para el aumento de la resistencia a la compresión incluyeron la edad de curado prolongada hasta al menos 28 días, especialmente cuando se incorporaron aditivos minerales o fibras de acero, y preferencia por el caucho granulado sobre los retazos de caucho.