

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MORTEROS CON GOMAS RECICLADAS UTILIZANDO MÉTODOS ESTÁTICOS Y DINÁMICOS

PACS: 43.35.Mr

J. Segura Alcaraz; F. Parres García; E. Juliá Sanchis; J.E. Crespo Amorós; J.M. Gadea Borrell;
A. Nadal Gisbert
Universitat Politècnica de València. Campus de Alcoy.
Plaza de Ferrándiz y Carbonell, s/n. Alcoy – 03801 (España)
Email: erjusan@mes.upv.es

ABSTRACT

The end of life tyres produce a waste that we try to use in order to increase the damping in high stiffness materials, such as concrete. By shredding the tyres we can obtain a new product adding cement in different proportions, what manages to reduce the stiffness of the new composite. In this study, the mechanical behaviour of the new materials is determined using two methods: static and dynamic. The coincidence in the results allows us to validate the elastic behaviour of these materials and to find new applications for them.

RESUMEN

Con la idea de dar salida a un tipo de residuo como es el producido por los neumáticos fuera de uso, se intenta buscar cómo aumentar el amortiguamiento en materiales de alta rigidez como el hormigón. Triturando los neumáticos se obtiene un residuo que añadiéndolo al cemento en distintas proporciones se consigue disminuir la rigidez del material compuesto. En este estudio se determina su comportamiento mecánico usando dos métodos, estático y dinámico. La coincidencia en los resultados obtenidos nos permite validar el comportamiento elástico de estos materiales, así como buscar aplicaciones para los mismos.

1.- INTRODUCCIÓN

Un gran número de estructuras se construyen con hormigón, que es un material con una elevada rigidez. Añadir gomas al mortero es una técnica que se utiliza para reducir la rigidez, directamente relacionada con el módulo elástico.

Estas gomas provienen de los neumáticos fuera de uso, lo que es un modo de reciclar. Además, estos nuevos materiales pueden usarse en aplicaciones donde tiene importancia controlar las vibraciones así como el comportamiento acústico.

Por tanto, estos materiales proporcionan nuevas posibilidades con los reciclados. Revisando la literatura técnica sobre este tipo de materiales, hay algunos estudios previos que intentan determinar la influencia de los materiales de desecho de neumáticos fuera de uso sobre el módulo elástico de los nuevos materiales [1-5]. Pensamos que es necesario un estudio más detallado para comprender mejor el comportamiento mecánico de estos materiales. Con esta idea, para determinar los Módulos de Young se han utilizado dos métodos: estático y dinámico.

2.- MATERIALES

2.1.- MORTERO DE CEMENTO

El mortero de cemento utilizado en este trabajo es un mortero estándar con una relación agua-cemento de 0,5 (a/c), cemento Portland CEM 52,5R y arena normalizada CEN-Normsand EN 196-1.

2.2.- GOMA

Las gomas utilizadas provienen de los neumáticos fuera de uso (NFUs) y el tamaño de grano está en el rango de 200 a 2000 μm , proporcionado por la empresa INSATURBO S.A. Este rango cubre tanto la granulometría fina como la gruesa.

2.3.- MUESTRAS

Mezclando el mortero de cemento con la goma en diferentes proporciones, se han construido probetas de mortero con gomas utilizando un molde de 600x40x40 mm. Tras desmoldear estas probetas 24 horas más tarde, el test se desarrolla 28 días después. La Figura 1 muestra las probetas.

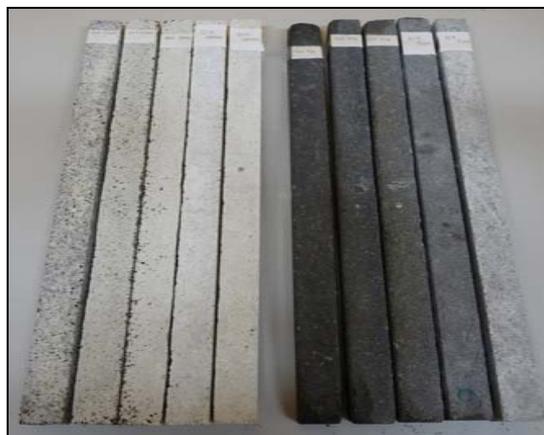


Figura 1. Probetas de mortero con goma en diferentes proporciones.

3.- ESTUDIO EXPERIMENTAL

Se presenta un estudio para determinar el Módulo de Young con dos técnicas diferentes. El primer método es un ensayo estático con las probetas simplemente apoyadas en los extremos para calcular la deflexión de la viga cuando ésta se somete a una carga en el centro.

La segunda técnica es un test dinámico con las mismas vigas para calcular las frecuencias de resonancia a partir de una carga de impacto utilizando un martillo calibrado.

3.1.- MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO

Las probetas simplemente apoyadas sometidas a flexión se ensayan para calcular el módulo de elasticidad. La Figura 2 muestra el montaje experimental para determinar la deflexión.

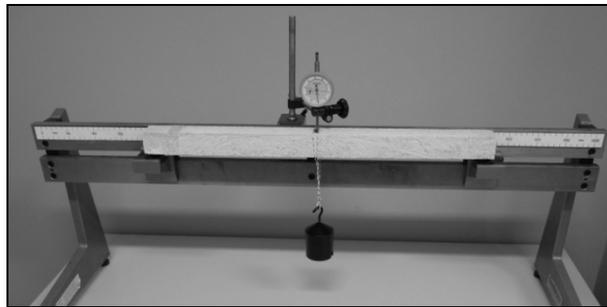


Figura 2. Montaje para la determinación del módulo de elasticidad estático.

Aplicando las cargas en el centro de la viga, la deflexión está relacionada con la rigidez del material. Mediante la ecuación que proporciona el valor de la deflexión en una viga simplemente apoyada con una carga en el centro puede obtenerse el Módulo Elástico:

$$\delta = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

P es la carga aplicada; L es la longitud de la viga; E es el módulo de Young; I es el momento de inercia de la sección.

3.2.- MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO

Para determinar el módulo de elasticidad en estos materiales, también se utiliza un método dinámico, puesto que la rigidez de un material depende de las frecuencias naturales de vibración del mismo. Considerando unas condiciones de contorno para las probetas como libre en los extremos, el módulo de Young se calcula a partir de la siguiente ecuación [6, 7]:

$$E = \left(\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot f_n^2}{4,73^4} \right) \cdot \left(\frac{\rho \cdot A \cdot L^4}{I} \right)$$

E es el módulo elástico dinámico; f_n es la frecuencia de vibración del primer modo; I es el momento de inercia; ρ es la densidad del material; L es la longitud de la probeta.

La Figura 3 muestra el equipo necesario para determinar las frecuencias naturales de vibración en las probetas.

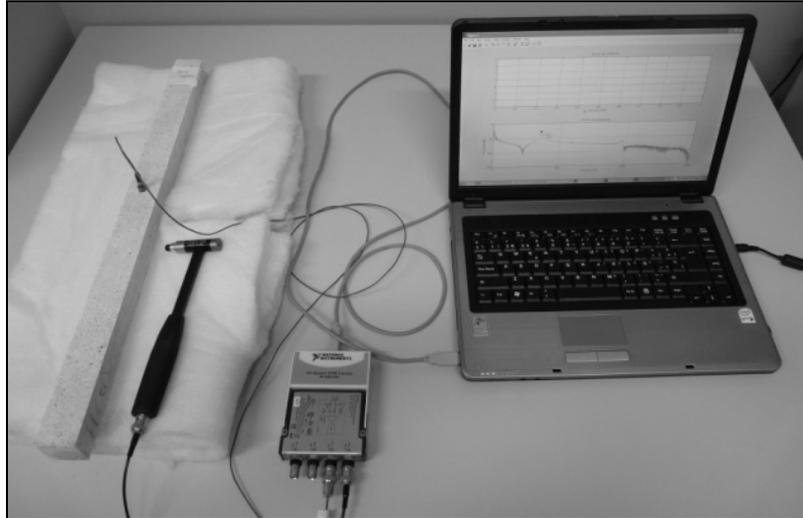


Figura 3. Equipo utilizado para los ensayos dinámicos.

Como se observa en la figura, el equipo consta de:

- Tarjeta de adquisición de datos NI 9233.
- Martillo calibrado PCB ICP modelo 086C01 (Rango de 0 a 9500 Hz).
- Acelerómetro piezoeléctrico PCB ICP modelo 352C42 (Rango de 0,5 a 10000 Hz).
- Matlab.

4.- RESULTADOS

La Tabla 1 compara los resultados obtenidos con los métodos estático y dinámico.

TABLA 1. RESULTADOS DEL MÓDULO ELÁSTICO

MATERIALES	Módulo de elasticidad estático (MPa)	Módulo de elasticidad dinámico (MPa)
Mortero de cemento (MC)	30 326	36 472
MC con 10% de grano grueso	16 629	18 216
MC con 15% de grano grueso	14 704	16 497
MC con 20% de grano grueso	10 320	13 382
MC con 30% de grano grueso	6 876	8 907
MC con 40% de grano grueso	2 724	4 033
MC con 10% de grano fino	13 560	13 396
MC con 15% de grano fino	8 688	8 403
MC con 20% de grano fino	2 368	2 589
MC con 30% de grano fino	1 163	1 187
MC con 40% de grano fino	675	429

La Figura 4 muestra un gráfico con los resultados obtenidos.

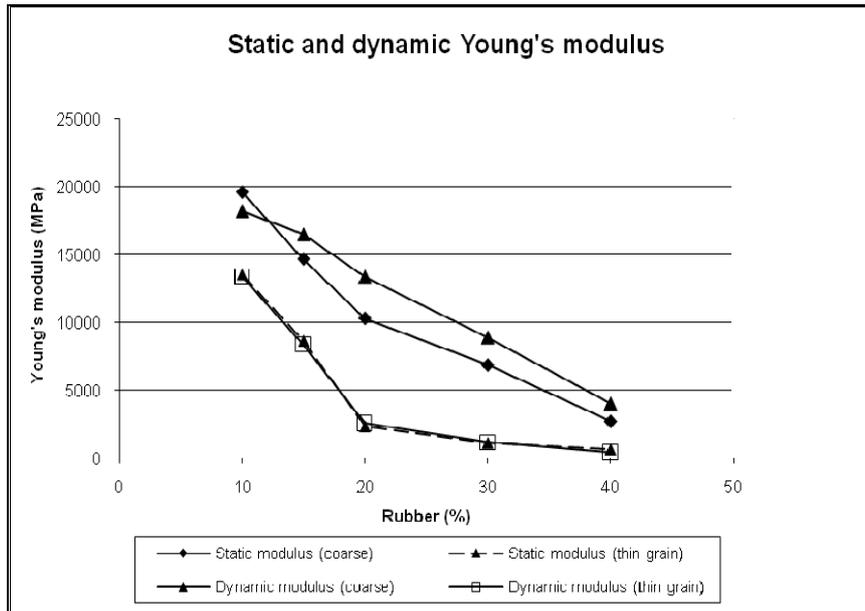


Figura 4. Módulos de Young estáticos y dinámicos.

5.- CONCLUSIONES

En primer lugar, se observa que los resultados obtenidos son similares con ambos métodos. Como cabía esperar la rigidez de los materiales decrece a medida que se incrementa el porcentaje de goma.

Los módulos elásticos obtenidos con el grano fino GTR son más bajos que con el grano grueso. Debemos asumir que la cantidad de partículas de goma es más grande con el grano fino GTR que con el grano grueso para el mismo volumen. Las mezclas de diferentes porcentajes fueron hechas introduciendo un porcentaje en masa de GTR. En una primera aproximación y considerando unas condiciones de isodeformación, el módulo elástico seguiría la regla de las mezclas, así un porcentaje más alto de GTR representaría una disminución del módulo elástico, puesto que la rigidez de la goma es menor que la del mortero de cemento.

Es interesante darse cuenta de la coincidencia en los resultados cuando se comparan con los dos métodos. Estos resultados son mucho más exactos para el mortero mezclado con las gomas de grano fino. Por un lado, los métodos dinámicos normalmente ofrecen valores ligeramente más altos que los obtenidos con los métodos estáticos, lo que está de acuerdo con la literatura técnica. En este sentido, merece la pena decir que en el método estático hay muchos más factores incontrolables que pueden ser causa de algunos errores.

6.- AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de INSATURBO S.A. (Aspe, España), de José Martínez Coves (Senior Factory Engineer) y de Vanesa García Sánchez (Junior Factory Engineer).

REFERENCIAS

[1] Zheng L., Sharon Huo X., Yuan Y. *Experimental investigation on dynamic properties of rubberized concrete*. Construction and Building Materials, 22, pp. 939-947, 2008.

- [2] Zheng L., Yuan Y. *Experiments on mechanical properties of rubber concrete*. Proceedings of the second FIB congress 2006. Italy, Naples.
- [3] Topcu I.B. *The properties of rubberized concretes*. Cement and Concrete Research, 25(2), pp. 304-310, 1995.
- [4] Toutanji H.A. *The use of rubber tire particles in concrete to replace mineral aggregates*. Cement and Concrete Composites, 18(2), pp.135-139, 1996.
- [5] Fedroff D., Ahmad S. and Savas B.Z. *Mechanical properties of concrete with ground waste tire rubber*. Transportation Research Board. Report No 1532, p. 66-72, 1996.
- [6] Ala Malaikah, Khalid Al-Saif and Rajeh Al-Zaid. *Prediction of the dynamic modulus of elasticity of concrete under different loading conditions*. International Conference on Concrete Engineering and Technology, 2004. Universiti Malaya.
- [7] Hernández-Olivaresa F., Barluenga G., Bollatip M., Witoszek B. *Static and dynamic behaviour of recycled tyre rubber-filled concrete*. Cement and Concrete Research, 32(10), pp. 1587-1596, 2002.