

MEDIDAS IN SITU DE ABSORCIÓN ACÚSTICA EN PAVIMENTOS

PACS: 43.55.Ev

Patricia Segura¹, Joaquín Egea¹, C. César Rodrigues², Andrew Seybert³

¹Álava Ingenieros S.A.

psegura@alava-ing.es, jegea@alava-ing.es

²Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

crodrigues@deea.isel.ipl.pt

³Spectronics

seybert@mindspring.com

ABSTRACT

ISO 13472-2 specifies the guidelines to continue to perform in situ measurements of sound absorption properties of pavement reflectors. In this article we present a simple, fast and efficient for conducting such trials.

The method is based on a novel and practical system that allows the acquisition of the complex transfer function between a pair of microphones mounted on a vertical pipe when the test pavement is exposed to random noise generated by a speaker installed at the top the tube.

Finally, conclusions will be presented and comments on in situ measurements obtained by this method.

Keywords: ISO 13472-2, sound absorption, Flooring, In Situ.

RESUMEN

La ISO 13472-2 especifica las directrices a seguir para la realización de medidas *in situ* de las propiedades de absorción acústica de pavimentos reflectores. En este artículo se presentará un método sencillo, rápido y eficaz para la realización de este tipo de ensayos.

El método está basado en un sistema novedoso y práctico que permite la adquisición de la función de transferencia compleja entre un par de micrófonos montados en un tubo vertical cuando el pavimento en ensayo está expuesto a un ruido aleatorio generado por un altavoz instalado en la parte superior del tubo.

Finalmente, se expondrán conclusiones y comentarios sobre las medidas *in situ* obtenidas por este método.

Keywords: ISO 13472-2, Absorción Acústica, Pavimentos, In Situ.

1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LA NORMATIVA

La normativa internacional ISO 13472-2 está destinada a servir de guía para la realización de medidas del coeficiente de absorción acústica del pavimento de instalaciones dedicadas a la realización de ensayos de pass-by en vehículos, en conformidad con el procedimiento establecido en la ISO 10844.

El procedimiento está basado en el método de los dos micrófonos, recogido en la ISO 10534-2 "Acústica. Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia. Parte 2: Método de la función de transferencia". Para ello, se utilizará un tubo de impedancias especialmente diseñado para el cumplimiento de esta normativa, orientado verticalmente sobre el pavimento. En la Figura 1 se muestra dicho tubo de impedancias utilizado durante la caracterización de un pavimento.

La ISO 13472-2, en adelante, la normativa, cubre el rango de frecuencias de 200Hz a 2000Hz, que corresponde, aproximadamente, a las bandas de 1/3 octava comprendidas entre 250Hz y 1,6kHz.

Las medidas se realizan sobre un conjunto de posiciones representativas de la pista de pass-by y se promedian posteriormente. Para obtener resultados adecuados se recomienda un mínimo de 10 posiciones de medida distintas.

Las medidas de absorción acústica se realizan en banda ancha y se post-procesan para obtener los resultados en bandas de 1/3 octava.

Debido a que la normativa es específica para pavimentos relativamente lisos y reflectantes (caracterizados por un coeficiente de absorción acústica medio menor del 0,15), es necesario realizar una corrección de las pérdidas internas del propio tubo de impedancias. Esta corrección se realiza mediante la medición de la absorción intrínseca o parásita del tubo, colocado sobre una superficie lisa. En concreto, se utiliza una placa de acero con un grosor de al menos 10mm. Esta absorción intrínseca del tubo se restará de los resultados promediados de todas las posiciones de medida para obtener la absorción acústica del pavimento.

Las medidas de absorción acústica se realizan de acuerdo al método de los dos micrófonos. De hecho, la teoría subyacente es la misma para las dos normativas. Para ello, se introduce una fuente de ruido aleatorio en el tubo de impedancias, y se mide la función de transferencia entre los dos micrófonos, montados en línea sobre el tubo, separados por una distancia conocida y a una distancia fija del pavimento tal y como se muestra en la Figura 1.

El contacto entre el pavimento y el tubo de impedancias se realiza a través de una base especialmente diseñada para crear una unión hermética entre ellos. Además, para mejorar el sellado es necesario unir el tubo y el pavimento con una masilla específica similar a la utilizada en fontanería.

Dado que la medida de absorción acústica se basa en el método de los dos micrófonos, no es necesario realizar una calibración absoluta de los micrófonos ni parearlos en fase. Será suficiente con una



Figura 1

calibración relativa tanto en amplitud como en fase (función de transferencia), mediante un procedimiento de intercambio de la posición de los micrófonos. De esta forma, se corrige la función de transferencia medida del pavimento, evitando así que las diferencias de amplitud y fase entre los micrófonos interfirieran en la medida.

2. DETALLES DEL HARDWARE

El equipo de ensayo utilizado es el sistema ACUPAVE, de la Spectronics (Figura 1). Este sistema está compuesto por un altavoz, un tubo de impedancias y una base metálica específica para unir el tubo con el pavimento bajo estudio.

El altavoz de alta calidad, de la firma JBL, tiene una capacidad de entrada de 100 vatios eléctricos. Es capaz de producir un nivel de presión sonora continuo de más de 120dB en el interior del tubo. De esta forma, se asegura una relación señal-ruido suficiente en cualquier situación de ruido ambiente.

Dado que el pavimento es en general altamente reflectante, la relación señal-ruido puede ser un serio problema a las frecuencias en las que las posiciones del micrófono coinciden con múltiplos de $\frac{1}{4}$ de la longitud de onda. Esto ocurre en determinadas frecuencias por debajo de 2000Hz.

Si se usara un altavoz de cono, se reduciría la relación señal – ruido en esas frecuencias, incrementándose la incertidumbre de la medida.

La normativa se ha anticipado a este problema recomendando el uso de un tercer altavoz, en caso de utilizar altavoces de baja potencia. No obstante, el uso del presente altavoz con una señal de salida de alta potencia evita el tener que utilizar tres micrófonos, al proporcionar unos niveles de señal a ruido suficientes a cualquier frecuencia, utilizando únicamente un par de micrófonos.

La normativa exige que el tubo de impedancias sea rígido, y sugiere que la anchura de las paredes sea del 5% del diámetro interior para evitar pérdidas de energía sonora no deseadas y minimizar la transmisión de sonido desde el exterior al interior del tubo. Algunos materiales son más rígidos que otros; en concreto, los materiales ligeros como el aluminio o el plástico, deberían evitarse, utilizando preferiblemente materiales como el acero, que cuenta con mayor densidad y ofrece un mejor aislamiento que el aluminio.

En el caso concreto, el tubo de impedancias del sistema ACUPAVE (Figura 1) está hecho en acero y tiene una pared de acero de aproximadamente el 7% del diámetro interior. Esta construcción respondería a una pérdida de transmisión teórica de aproximadamente 40dB a 200Hz.

La base metálica situada en el extremo abierto del tubo de impedancias tiene dos funciones: crear una unión hermética con el pavimento y proporcionar estabilidad gracias a la pestaña que recorre toda la base del equipo.

En la Figura 2 se muestran los detalles de la superficie de la placa que debe colocarse en contacto con el pavimento. En la misma figura, se muestra, también, la ranura en la que debe colocarse la masilla fijadora, con el fin de conseguir una unión hermética entre la base metálica y el pavimento.



Figura 2

Se recomienda utilizar sólo la cantidad de masilla fijadora suficiente para conseguir fijar el tubo de impedancias al pavimento, sin excederse, para evitar que la masilla sobrante pueda introducirse en el interior del tubo, produciendo resultados erróneos en las medidas. Es bueno hacer algunas pruebas previas para determinar la cantidad adecuada de masilla.

Antes de insertar en la base metálica el tubo de impedancias, es necesario retirar la masilla sobrante.

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

El sistema ilustrado en la Figura 1 fue montado y probado en campo para evaluar la normativa y desarrollar procedimientos para su implementación. En este apartado, describiremos el uso del sistema de medida.

Además del hardware de la Figura 1, se utilizó un sistema de adquisición de datos (DAQ) para medir la función de transferencia entre los dos micrófonos en cada posición de medida. Se trata de un sistema de adquisición compacto que se alimenta directamente desde el PC por vía USB, proporcionando una gran portabilidad al sistema.

El software que acompaña al equipo, está diseñado para leer las funciones de transferencia desde el DAQ y determinar el coeficiente de absorción acústica del pavimento en cada una de las posiciones de medida. Además, el software tiene, también, capacidad para compensar las diferencias de amplitud y fase entre los micrófonos y las pérdidas internas en el tubo, siguiendo el procedimiento establecido en la normativa.

La implementación práctica de la normativa se hace en los siguientes tres pasos, haciendo uso del software específico que acompaña al sistema ACUPAVE.

El primer paso es determinar la calibración por amplitud y fase de los micrófonos. De acuerdo con la normativa, esto se realiza mediante un procedimiento de intercambio de las posiciones del micrófono. Este procedimiento es el mismo que se utiliza en la ISO 10534-2. En el procedimiento de intercambio, se coloca una muestra de material acústicamente absorbente en el extremo del tubo de impedancias. Se mide la función de transferencia con los micrófonos en la posición estándar (el micrófono 1 es, normalmente, el que se encuentra más cerca de la fuente de ruido). Posteriormente, se intercambian las posiciones de los micrófonos (sin cambiar las conexiones al DAQ) y se mide la función de transferencia en esta segunda posición. Una vez hecho esto, se divide la primera función de transferencia entre la segunda. El resultado es un número complejo cuya magnitud (parte real) es la sensibilidad promedio de los dos micrófonos y cuya fase (parte imaginaria) es la diferencia de fase entre los dos micrófonos.



Figura 3

El segundo paso es compensar las pérdidas internas (parásitas) del tubo de impedancias. Esto se realizará mediante la medición de la absorción del tubo cuando éste está situado sobre una placa de acero, tal y como se muestra en la Figura 3. Este paso resulta muy importante porque

la absorción acústica del pavimento está típicamente por debajo de aproximadamente el 0,1 y la absorción intrínseca del tubo puede ser en ocasiones de hasta un 0,03.

El tercer paso consiste en determinar el coeficiente de absorción acústica en cada una de las posiciones de medida seleccionadas sobre el pavimento. Una vez obtenidos estos resultados, se realizará un promediado de los mismos y se restará a esa cantidad el coeficiente de absorción interna del tubo de impedancias, calculada en el paso anterior, obteniendo así el Coeficiente de Absorción Acústica Promedio.

La normativa permite realizar el informe con los datos de absorción acústica del pavimento en banda ancha, o en bandas de 1/3 octava entre 250Hz y 1,6kHz. Los valores en 1/3 octava se obtienen mediante un promediado lineal en frecuencia de los valores de absorción acústica en banda ancha, fijando los valores negativos que puedan resultar (normalmente en pavimentos con una absorción acústica muy baja) a cero, siguiendo las indicaciones de la normativa. Esto también es posible realizarlo directamente con el software del sistema.

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La normativa internacional ISO 13472-2 para la medida de absorción acústica en pavimentos puede utilizarse para cualificar las instalaciones de ensayos de pass-by en vehículos así como para cualificar acústicamente cualquier otro pavimento en general.

En esta comunicación, se ha revisado este nuevo estándar, explicando los pasos más importantes para su aplicación. Para ello, se ha hecho uso de la tecnología más avanzada, diseñada específicamente para esta aplicación.



Figura 4

Lo sistema utilizado presenta, como ventajas a la hora de implementar de forma sencilla la normativa, una serie de puntos a destacar:

- i) Utiliza un altavoz que proporciona una mejor relación señal a ruido, impidiendo la influencia del ruido de fondo en los resultados;
- ii) Por otra parte, la portabilidad es importante debido a que es necesario realizar numerosas mediciones de absorción acústica en lugares en los que difícilmente existe acceso a toma eléctrica. En la Figura 4 se muestra como el sistema utilizado es un sistema portátil y autónomo que facilita las mediciones de absorción acústica en pavimentos, fundamentalmente por el uso de un sistema de adquisición (DAQ) de pequeñas dimensiones y con alimentación por USB;
- iii) A pesar de que no posee una potencia adicional de amplificación, el diseño específico del sistema produce una relación señal a ruido alta, gracias a la masa del tubo de impedancias y al espesor de las paredes del mismo;

- iv) Y, no menos importante, a pesar de su alta tecnología y precisión, es posible conseguir este sistema por un precio asequible.