

Aislamiento Acústico de Cerramientos Multicapa. Comprobación Experimental.

A. Uris Martínez, A. Llopis Reyna, J. Llinares Galiana
Grupo de Acústica Arquitectónica y del Medio Ambiente.
Dept. Física Aplicada. Universidad Politécnica de Valencia.

PACS 43.55.Ti

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados del índice de aislamiento acústico de una partición doble con material absorbente en el interior de la cavidad. Los resultados han sido obtenidos mediante ensayo en cámara de transmisión y mediante cálculos de un modelo teórico. Los valores calculados muestran gran concordancia con los obtenidos mediante ensayo en frecuencias bajas y medias.

Summary

In this paper, results from measurements and theoretical calculations of sound reduction index of a double wall are presented. The wall is made from gypsum boards and filled with sound-absorbing material in the gap. The results from measurements and calculations show very good agreement for low and medium frequencies.

1. Introducción

La transmisión sonora a través de particiones dobles con material absorbente en el interior de la cavidad ha sido objeto de investigación desde que en 1949 Beranek & Work⁽¹⁾ desarrollaran su teoría. Desde esta fecha hasta la actualidad se han publicado numerosos trabajos en los cuales se desarrollan teorías que derivan una expresión del índice de aislamiento acústico R de una partición doble con material absorbente en el interior de la cavidad. Un denominador común en estos trabajos ha sido la necesidad de utilizar parámetros acústicos (impedancia característica y constante de propagación) para la caracterización del material absorbente.

En este trabajo se presentan los resultados teóricos del índice de aislamiento acústico obtenido siguiendo el modelo propuesto por Ookura & Saito⁽²⁾. Este modelo deriva del método

de transferencia de impedancias desarrollado por Beranek & Work, para el caso de campo con incidencia oblicua.

La impedancia característica y la constante de propagación han sido calculadas a partir de las expresiones empíricas de Delany & Bazley⁽³⁾ y de Voronina⁽⁴⁾.

La partición utilizada para la realización de este trabajo está constituida por dos placas de cartón-yeso de 13 mm de espesor cada una, montadas sobre perfilera metálica y separadas 5 mm. En el espacio entre placas se ha colocado lana de roca.

Las medidas del índice de aislamiento acústico se han realizado la cámara de transmisión del laboratorio de Acústica Arquitectónica y del Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia. Las dimensiones de las cámaras son las siguientes:

Sala de emisión:	4.4 x 3.8 x 3 m
Sala de recepción:	5.1 x 3.8 x 3 m
Marco de separación:	0.3 x 3.8 x 3 m

El procedimiento de medida ha sido llevado a cabo según norma UNE- EN ISO 140-3. Apartado 6.

La resistencia específica al flujo ha sido medida de acuerdo con el método descrito por Ingard⁽⁵⁾.

2. Análisis teórico del modelo propuesto por Ookura & Saito

Consideremos una partición de extensión lateral infinita, tal y como se muestra en la Fig. 1, constituida por dos elementos básicos: placa y material absorbente.

Sea ϑ el ángulo de incidencia de una onda plana incidente en el lado izquierdo de la superficie del tercer elemento y p_i la presión sonora de la onda incidente y p_r la de la onda reflejada. A la onda que se propaga a través de la estructura y se radia por el lado derecho del primer elemento como una onda plana de presión en campo libre se le asocian los parámetros ϑ (ángulo de transmisión) y p_t (presión de la onda transmitida).

En el análisis, el primer subíndice representa el elemento físico, y el segundo subíndice, "1" y "2" representa el valor del

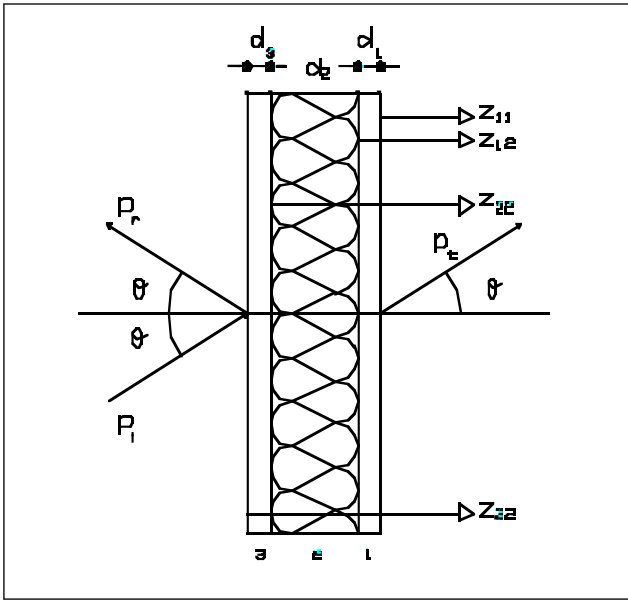


Figura 1: Modelo de partición utilizado.

parámetro en el lado derecho e izquierdo, respectivamente, tal y como se representa en la Figura 1.

La relación entre la presión sonora en la superficie incidente p_{32} y la presión sonora incidente p_i viene dada por:

$$\frac{p_{32}}{p_i} = \frac{p_i + p_r}{p_i} = \frac{2Z_{32}}{Z_{32} + \frac{\rho c}{\cos \vartheta}} \quad (1)$$

donde Z_{32} es la impedancia acústica normal a la superficie en el lado izquierdo del tercer elemento y $\rho c / \cos \vartheta$ es la impedancia acústica de campo libre normal a la superficie con incidencia oblicua, que es igual a la impedancia de radiación del primer elemento Z_{11} referido a la Figura 1. Utilizando las condiciones de contorno de presión en cada interfase, podemos escribir la expresión del coeficiente de transmisión para incidencia oblicua

$$\tau(\vartheta) = \left| \frac{p_t}{p_i} \right|^2 = \left| \frac{p_{11}}{p_i} \right|^2 = \left| \frac{p_{32}}{p_i} \right|^2 \left| \frac{p_{31}}{p_{32}} \xi \frac{p_{21}}{p_{22}} \xi \frac{p_{11}}{p_{12}} \right|^2 \quad (2)$$

Así, podemos obtener una expresión de R para incidencia aleatoria

$$R = 10 \lg \left[\frac{\int_0^{\vartheta_1} \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta}{\int_0^{\vartheta_1} \tau(\vartheta) \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta} \right] \quad (3)$$

donde ϑ_1 es el ángulo límite por encima del cual se asume que no hay incidencia.

Si se conocen las relaciones de presión a lo largo de cada elemento simple y Z_{32} en la ecuación (1) y (2), se puede calcular R a partir de la ecuación (3). Z_{32} se obtiene utilizando las condiciones de contorno en cada interfase desde el lado derecho hasta el lado izquierdo de cada elemento en orden, si se conocen las relaciones de impedancia a lo largo de cada elemento simple.

Así, se considerará las relaciones de presión y de impedancias acústicas a lo largo de cada uno de los elementos básicos.

Para el caso del primer elemento (placa) se tiene:

$$\frac{p_{12}}{p_{11}} = \frac{Z_{12}}{Z_{11}} \quad (4)$$

donde

$$Z_{12} = Z_{11} + Z_m \quad (5)$$

y donde Z_m viene dado por:

$$Z_m = \eta \omega m (\omega / \omega_c)^2 \sin^4 \vartheta + j \omega m [1 - (\omega / \omega_c)^2 \sin^4 \vartheta] \quad (6)$$

En esta expresión ω es la frecuencia angular de la onda sonora, m es la masa por unidad de área, ω_c es la frecuencia crítica angular de la placa y η es el factor de pérdidas de la placa.

La impedancia del segundo elemento (material absorbente) viene dada por⁽⁶⁾:

$$Z_{22} = \frac{\gamma Z_0}{q} \coth(qd_2 + \psi) \quad (7)$$

donde Z_0 es la impedancia característica del material absorbente, γ es la constante de propagación del material absorbente, el parámetro q ⁽⁶⁾ viene dado por

$$q = \gamma \sqrt{1 + \frac{-k}{\gamma} \sqrt{\sin^2 \vartheta}} \quad (8)$$

y el parámetro ψ viene dado por

$$\psi = \coth^{-1} (qZ_{12} / \gamma Z_0) \quad (9)$$

$$\text{Así, } (p_{22} / p_{21}) = \cosh(qd_2 + \psi) / \cosh \psi \quad (10)$$

Para el tercer elemento (placa) se tiene:

$$(p_{32} / p_{31}) = Z_{22} + Z_m / Z_m \quad (11)$$

3. Obtención de los parámetros acústicos del material absorbente

Con el fin de calcular el índice de aislamiento acústico de un panel utilizando la ecuación (3), debemos conocer los valores de la impedancia característica Z_0 y de la constante de propagación γ del material absorbente.

3.1. Expresión de Delany & Bazley

La impedancia de un material absorbente puede tomarse como $Z_0 = R + jX$, donde:

$$R / \rho c = 1 + 0.0571 (\rho f / \sigma)^{0.754} \tag{12}$$

$$X / \rho c = - 0.0870 (\rho f / \sigma)^{0.732}$$

siendo ρ la densidad del gas, f la frecuencia y σ la resistencia específica al flujo.

La correspondiente expresión para la constante de propagación es $\gamma = \alpha + j\beta$, donde:

$$\alpha / k = 0.189 (\chi f / \sigma)^{0.595} \tag{13}$$

$$\beta / k = 1 + 0.0978 (\rho f / \sigma)^{0.7}$$

donde k es el número de ondas, ρ la densidad del gas, f la frecuencia y σ la resistencia específica al flujo.

3.2. Expresión de Voronina

La impedancia característica y la constante de propagación se definen mediante funciones analíticas en función de la porosidad (H) del material y del diámetro de la fibra (d).

Para un material homogéneo la porosidad viene dada por:

$$H = 1 - \rho m / \rho f \tag{14}$$

donde ρf es la densidad de la fibra (2600 Kg/m^3) y ρm la densidad del material.

Se define la característica estructural (Q) como:

$$Q = \frac{(1 - H)q_0}{Hd} \sqrt{\frac{8\mu}{k\rho c}} \tag{15}$$

donde μ es la viscosidad del gas ($1.85 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$) y $q_0 = 1 + 0.25 \cdot 10^{-4} (1 - H)^{-2}$

Así, los parámetros acústicos Z_0 y γ se definen en función de Q como:

$$\frac{Z_0}{\rho c} = R_0 + jX_0 = 1 + Q - jQ \tag{16}$$

$$\gamma = \alpha + j\beta = k \frac{Q(2 + Q)}{(1 + Q)} + jk(1 + Q)$$

4. Comparativa entre los resultados calculados y los obtenidos mediante ensayo

Los resultados del modelo descrito en la sección anterior se comparan con los obtenidos mediante ensayo en la Fig.2 y Fig.3. En la Fig.2 la lana de roca tiene una densidad de 40

kg/m^3 y un espesor de 50 mm. En la Fig.3 la densidad de la lana es de 70 kg/m^3 y un espesor de 50 mm. El diámetro de la fibra de la lana de roca es de $8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. Las propiedades de la placa de cartón-yeso son las siguientes: módulo de Young = 3 GPa , masa por unidad de superficie = 9 kg/m^2 , coeficiente de Poisson = 0.2, factor de pérdidas = 0.01.

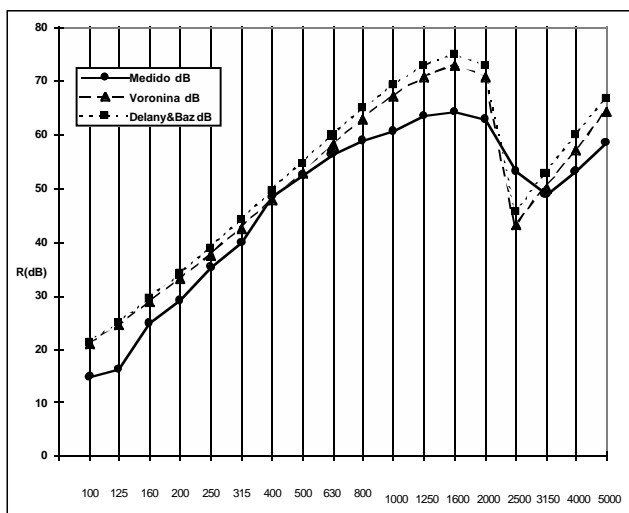


Fig.2. Índice de reducción sonora calculado y medido para lana de roca de 40 kg/m^3 .

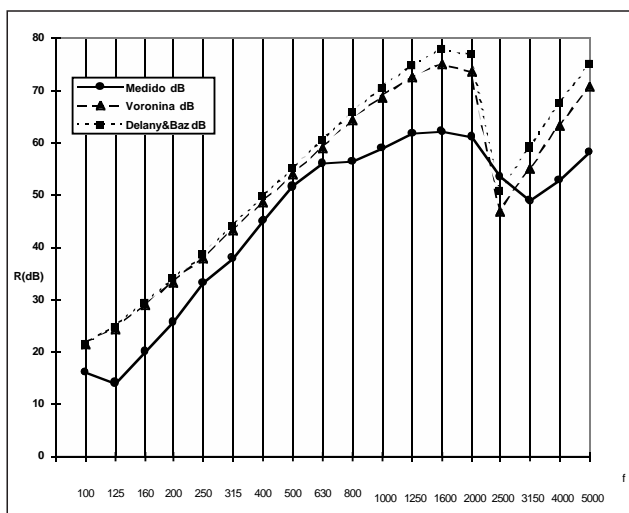


Fig.3. Índice de reducción sonora calculado y medido para lana de roca de 70 kg/m^3 .

5. Conclusiones

Los valores calculados del índice de aislamiento acústico se ajustan a los valores medidos en las frecuencias bajas y medias. El cálculo del índice de aislamiento acústico utilizando la expresión de Voronina se ajusta mejor que los calculados utilizando la expresión de Delany & Bazley.

Referencias

Beranek, L.L & Work, G. A., *Sound transmission through multiple structures containing flexible blankets*. J. Acoust. Soc. Am., 21 (4) (1949).

Ookura, K. & Saito, Y., *Transmission loss of multiple panels containing sound absorbing materials in a random incidence field*. Proceedings of Inter Noise 78, San Francisco.

Delany, M. E. & Bazley, E. N., *Acoustical properties of fibrous absorbent materials*. Appl. Acoustics, 3(2)(1979).

Voronina, N., *Acoustics properties of fibrous materials*. Appl. Acoustics, 42 (1994).

Ingard, K. U. & Dear, T. A., *Measurement of acoustics flow resistance*. J. Sound Vib., 103(4), (1985).

J.S. Pyett., *The acoustic impedance of a porous layer at oblique incidence*. Acustica., Vol.3 (1953).

INDICE DE ANUNCIANTES

ISOVER	4
ALAVA INGENIEROS	6
CESVA	26-27
BRÜEL & KJÆR	30-31
RYME	39