

METODE ȘI PROCEDEE DE MĂSURARE A PROPRIETĂȚILOR PANOURILOR STRADALE FONOABSORBANTE

Drd. ing. Gianina Ileana STAN
Universitatea „Transilvania” – Brașov



Prof. dr.ing. dr.h.c. Ioan CURTU,
Universitatea „Transilvania” – Brașov



REZUMAT. Lucrarea abordează aspecte legate de proprietățile acustice ale barierelor stradale fonoabsorbante alcătuite din materiale compozite, ca și modele constructive ale acestora în funcție de puterea de absorbție și izolarea fonică. Sunt prezentate principalele metode de determinare a proprietăților acustice ale panourilor stradale fonoabsorbante

Cuvinte cheie: acustică, panouri fonoabsorbante; materiale compozite.

ABSTRACT. This paper presents aspects regarding acoustical properties of acoustical barriers made of composite materials and their structural models based on power absorption and sound insulation. Are presented the main methods for determining the acoustic properties of sound absorbing panels street.

Keywords: acoustics, absorbing panels, composite materials .

1. INTRODUCERE

Creșterea spectaculoasă a utilizării materialelor compozite pentru toate tipurile de structuri mecanice, atestă faptul că, există un interes major în dezvoltarea, analiza și proiectarea componentelor structurale realizate din materiale compozite.

Materialele compozite sunt o categorie de produse noi, cu importanță deosebită din punct de vedere tehnic și economic. Acestea sunt sisteme de corpuri solide deformabile, combinate la scară microscopică din mai multe materiale, cu scopul obținerii de caracteristici superioare ca: proprietăți mecanice, rezistență la coroziune, uzură, greutate redusă, comportare bună la temperatură, izolare acustică, aspect estetic, proprietăți ecologice etc. [Ștefănescu]. Alți specialiști definesc **materialele compozite** ca structuri cu proprietăți anizotrope formate din mai multe componente, a căror organizare și elaborare permit folosirea celor mai bune caracteristici ale componentelor, astfel încât acestea să aibă proprietăți finale, în general superioare elementelor din care sunt alcătuite [Cristescu].

Prin natura construcției lor, barierele stradale fonoabsorbante, sunt alcătuite din diverse materiale compozite: lemn-ciment, lemn-policarbonat, lemn-lână de sticlă, metal-lemn, metal-polimetilacrilat etc.

O barieră sonoră pentru autostrăzi nu este un dispozitiv ușor de realizat; pentru a construi un produs bun și a-l amplasa în mod corespunzător în mediul ambiant, sunt necesare cunoștințe tehnice și științifice vaste care să acopere diverse domenii de cercetare.

Pentru a evalua eficiența protecției barierei sonore, trebuie să se calculeze caracteristica extrinsecă a atenuării zgomotului cu ajutorul panourilor stradale fonoabsorbante și anume *insertion loss*. Acest lucru se poate face cu metode mai precise de calcul care, în viitorul apropiat, se vor raporta și în funcție de condițiile de mediu în care sunt amplasate aceste bariere, cum ar fi viteza vântului și temperatura aerului.



Fig. 1. Barieră stardală fonoabsorbantă.
Comparație de sticlă și beton.

Măsurarea caracteristicilor intrinseci este esențială pentru a încadra bariera stradală fonoabsorbantă în contextul economic și social actual, ce promovează produsele care respectă cerințele normelor și standardelor de calitate.

Panourile stradale fonoabsorbante se bazează pe principiul fizic al rezonatorului Helmholtz. Elemente geometrice semnificative ale rezonatorului sunt: volumul V din cavitatea rezonatorului, diametrul gâtului d , grosimea gâtului s . Volumul de aer conținut în cavitatea rezonatorului este echivalent cu al unui arc (1), iar cel din zona gâtului este echivalent cu o masă (2). Acest sistem masă-arc are o frecvență proprie de rezonanță la fel ca un sistem mecanic.

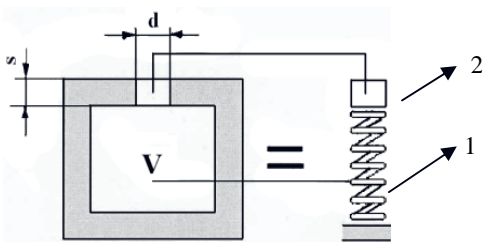


Fig. 2. Elementele componente și principiul de funcționare al rezonatorului.

Când o undă sonoră ajunge la rezonator acesta împinge masa de aer din zona gâtului rezonatorului comprimând aerul din cavitate (arcul). Dacă frecvența undei sonore este egală cu frecvența proprie a rezonatorului, dependentă de caracteristicile sale geometrice, ca și într-un sistem mecanic se produce fenomenul de „rezonanță”: oscilațiile undei sonore la nivelul gâtului rezonatorului se amplifică și o parte din energia sonoră se transformă în căldură. Prin urmare, se verifică o absorbție a sunetului.

2. PROPRIETĂȚI ACUSTICE ALE MATERIALELOR COMPOZITE

Izolarea fonică. Izolarea fonică a unui material compozit exprimă capacitatea sa de a împiedica transmiterea de energie sonoră. Factorul de transmitere a energiei sonore se definește astfel: raportul dintre energia transmisă W_t și energia acustică emisă W_i . Valoarea sa fiind cu atât mai mică cu cât capacitatea materialului de reținere a undelor sonore este mai mare.

$$\tau = \frac{W_t}{W_i}$$

Izolarea fonică R este dată de relația:

$$R = 10 \log \frac{1}{\tau} \quad [\text{dB}]$$

Izolarea fonică este proprietatea ce caracterizează toate panourile fonoabsorbante de separare – verticale și orizontale, interne și externe, fixe și mobile utilizare în arhitectura urbană. Cunoașterea sa este necesară pentru a se putea preciza nivelul de izolare fonică între două medii, fie ele interne sau externe.

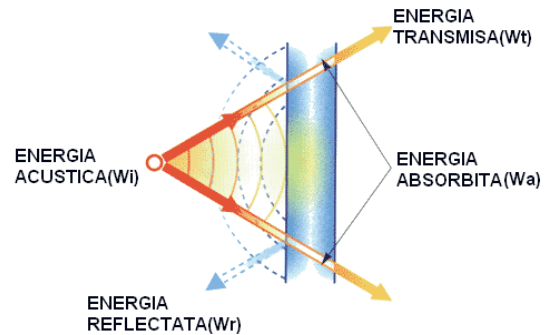


Fig. 3. Descompunerea energiei acustice în prezența obstacolelor.

În cazul în care energia acustică (W_i) întâlnește un obstacol, constând într-un alt mediu decât cel în care se propagă, apare fenomenul de descompunere (fig. 2.): o parte din energie este reflectată (W_r), o parte este transmisă (W_t), iar o parte este absorbită de către mediu (W_a). În funcție de tipul de material folosit, se schimbă proporțiile acestei descompuneri respectându-se de conservare a energiei:

$$W_i = W_r + W_a + W_t$$

Panouri fonoabsorbante de separare omogene. În general, izolația fonică depinde de frecvența sunetului f [Hz] și de masa pe unitatea de suprafață, m [kg/m²] după cum urmează:

$$R = 20 \log (m \cdot f) - 48 \quad [\text{dB}]$$

Un panou separator fonoabsorbant, lovit de energia sunetului, este supus vibrațiilor și rezonanței, fenomene care îi pot influența comportamentul acustic. Astfel, în zonele de înaltă și joasă frecvență pot să apară pierderi de izolare fonică datorate frecvențelor de rezonanță sau coincidență; frecvența la care începe să aibă loc pierderea se definește ca frecvență critică (f_c), valoarea sa putând fi calculată în cazul în care este cunoscută viteza de propagare a sunetului în material.

În tabelul 1 sunt prezentate valorile parametrului $h \cdot f_c$ pentru unele materiale, ce reprezintă produsul dintre frecvența critică și grosimea h a panoului divizor, precum și valoarea factorului η ca fiind pierderea datorată amortizării interne a materialului. Sunt prezentate valori ale acestor parametri care sunt valabile doar pentru materiale neținându-se cont de pierderile ce au loc la marginile panourilor.

Tabel. 1. Frecvența critică și pierderea datorată amortizării interne pentru diverse materiale utilizate la construcția panourilor fonoizolante

Materiale	$f_c \cdot h$ (Hz · m)	η
Lemn	9	0.01
Otel	13	0.0001
Aluminiu	12,5	0.0005
Sticla	12	0.001
Placi de gips	30	0.01
Plumb	54	0.01
Caramida plina	22	0.01
Ciment	19	0.005
Beton usor	38	0.01

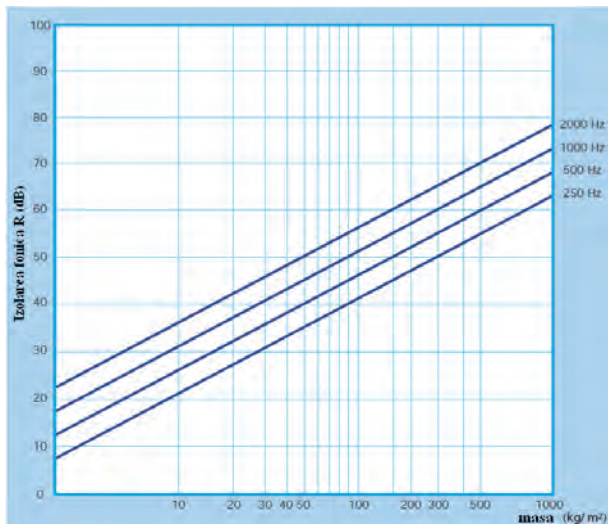


Fig. 4. Dependenta izolării fonice în funcție de masa pe unitatea de suprafață.

Exemplu de calcul:

- o foaie de sticlă de grosime 5 mm va avea frecvența critică $f_c = 12/0,005 = 2400$ Hz;
- un zid de cărămidă solidă de grosime 24 cm va avea frecvența critică $f_c = 22/0,24 = 91,6$ Hz;
- o placă de gips de grosime 12,5 mm va avea frecvența critică $f_c = 30/0,0125 = 2400$ Hz.

Panouri fonoabsorbante de separare duble. În plus față de rezonanțele descrise mai sus la panourile de separare simple, un panou de separare dublu prezintă atât rezonanța datorată peretilor dubli cât și masei de aer ce îi desparte. Frecvența de rezonanță a acestui ansamblu masă-aer-masă, f_0 , depinde de asemenea de unghiul de incidență a undei sonore, ea putând fi exprimată utilizând următoarea expresie:

$$f_0 = 85 \sqrt{\frac{1}{d} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

unde: d este distanța între cele doua elemente; m_1, m_2 – masele pe unitatea de suprafață a două elemente [kg/m^2].

În ceea ce privește comportamentul panourilor cu pereți dubli pot fi oferite unele indicații pe baza literaturii de specialitate și a experimentelor care s-au făcut până în prezent. Dacă distanța care separă cele două panouri este cuprinsă între 100 și 150 mm, proprietățile acustice ale ansamblului pot fi considerate comparabile cu cele furnizate de un singur perete cu masă echivalentă. Pentru distanțe între panouri mai mari de 150 mm izolarea fonică crește; pentru distanțe echivalente sau mai mult de jumătate din lungimea de undă a sunetului incident este posibil să se obțină o izolație acustică egală cu suma aritmetică a izolarilor fonice ale celor două elemente luate în considerare separat.

Absorbția acustică. Coeficientul α de absorbție a sunetului se definește ca fiind raportul dintre energia absorbită și energia acustică

$$\alpha = \frac{W_a}{W_i}$$

și exprimă proprietatea unui material de a absorbi energia acustică. Absorbția acustică este practic o transformare a energiei acustice incidente în căldură. În general, absorbția se produce pentru unul dintre următoarele cazuri:

- porozitate;
- cavitate rezonantă;
- membrane.

Absorbția datorată porozității. Este întâlnită la materialele cu o structură fibroasă sau celulară la care se încadrează lemnul masiv și produsele pe bază de lemn (celule deschise) ce conțin un procent ridicat de aer în ele (de obicei peste 90%). Pot fi minerale, vegetale, animale, sintetice etc. Absorbția este datorată frecării particulelor de aer ce vibrează în interstițiile structurii poroase. Din punct de vedere cantitativ, aceasta depinde de densitatea, cantitatea de aer, rezistența materialului la fluxul de energie sonoră. În domeniul de frecvențelor sonore, materialele cu celule deschise oferă cele mai bune performanțe la frecvențe înalte (fig. 5).

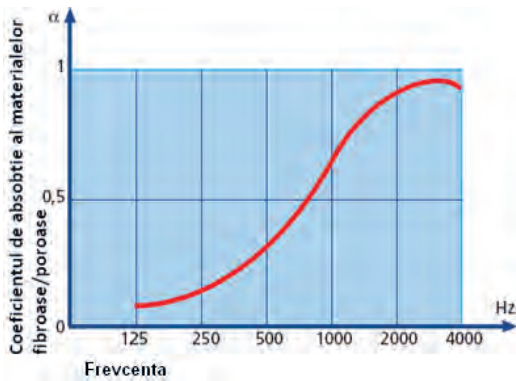


Fig. 5. Coeficientul de absorbție al materialelor fibroase/poroase în funcție de frecvențele unei sonore.

Absorbția în cazul materialelor cu cavităților rezonante. Principiul fizic care stă la baza acestui tip de absorbție este principiul rezonatorului, care este format dintr-o cavitate cu un orificiu de intrare. În cazul în care cavitatea este complet goală, rezonatorii sunt definiți ca fiind neacoperiți și curba de rezonanță are o tendință foarte selectivă. Dacă găurile sunt umplute, chiar și parțial cu material poroase, rezonatorii sunt acoperiți și curba de rezonanță se lărgeste acoperind o gamă mai largă defrecvență (fig. 6).

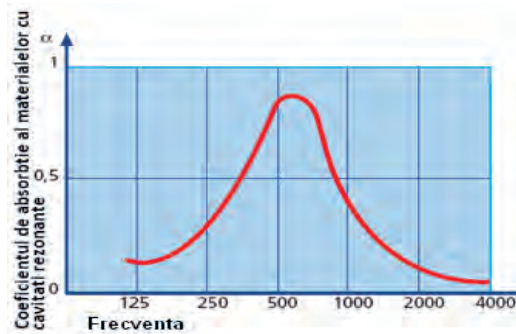


Fig. 6. Coeficientul de absorbție al materialelor cu cavități rezonante.

Principiul rezonator este de asemenea folosit la panouri perforate sau sau cu fante, fiind frecvent utilizate în zonele în care se urmărește atenuarea zgomotelor produse de diverși factori. Găurile și cavitățile aflate în spatele perforațiilor funcționează într-adevăr ca niște rezonatoare legate în paralel.

Absorbția in cazul materialelor tip membrana. Fenomenul de absorbție are loc, în acest caz, în urma vibrațiilor emise de o membrană după ce a fost „lovită” de energia sonoră. Energia sonoră inițial este convertită în energie mecanică și, ulterior, apare efectul termic

datorat frecarilor interne în urma deformărilor elastice ale masei membranei, care formează pernă de aer în spatele ei. Aceste membrane rezonante pot fi făcute din țesături, foi de din plastic sau cauciuc, foi de placaj sau rigips etc. În funcție de materialul de umplere, parțial sau total, structura conferă o absorbție, cu efecte similare cu cele descrise pentru materialele cu cavitatea rezonantă. Structurile de tip membrană sunt folosite în principal atunci când sunt necesare absorbții de energie sonoră cu frecvențe foarte mici, greu de realizat cu alte sisteme (fig. 7).

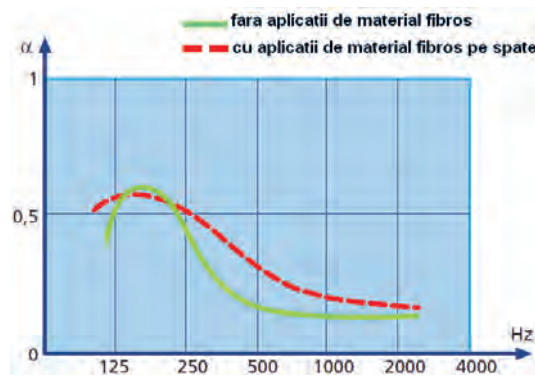


Fig. 7. Coeficientul de absorbție al materialelor tip membrană.

CONCLUZII

În unele situații nu este recomandabilă prezența unor ecrane fonoizolante masive între sursa de zgomot și zona care trebuie protejată. Pentru astfel de cazuri se pot folosi ecrane acustice modulate, prin alăturarea cărora, pe conturul dorit se pot ecrana surse de orice formă, obținând zonee cu nivel de zgomot mai redus.

Astfel de ecrane se pot construi, de exemplu, din materiale transparente: sticlă sau polimetilacrilat. Un ecran de sticlă transparentă având grosimea de 5 mm oferă o atenuare a zgomotului de aproximativ 26 dB, în zona mijlocie a domeniului audibil.

Problema barierelor acustice este faptul că ele nu sunt gândite pentru un mediu specific, ci sunt elemente modulare și înseriate ce vin poziționate de-a lungul autostrăzilor, producătorii ținând cont mai mult de costurile de producție decât de design-ul lor. Până acum autostrăzile au fost privite ca un sistem destinat în mod singular folosirii de către autovehicule, dar este important să se înțeleagă că acest sistem este de fapt mult mai complex și trebuie să satisfacă cerințele autovehiculelor, dar și ale mediului în care este amplasat.

Până acum barierele acustice au fost gândite prin optica uzului rutier, unde condițiile pe care trebuie să le îndeplinească acestea sunt: rezistența la vânt, rezistența la accidente ocazionale, rezistența la foc, rezistența la oboseala, precum și evitarea creării unei construcții care să dea impresia unui tunel, atât vizual cât și acustic. Privind problema din punctul de vedere al locuitorilor din zona barierelor fonoabsorbante, pe lângă funcția primordială ca atenuator al poluării fonice, acestea trebuie să îndeplinească și alte condiții, cum ar fi: întreținere ieftină și rapidă, rezistență la acte de vandalism, să nu creeze impresia de zid și, poate cel mai important, să fie compatibile cu mediul în care acestea sunt amplasate.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Kotzen B.** and **Engish C.** (2009), *Environmental noise barriers*. Spon Press.
- [2] The Highways Agency (1992), *Design Manual for Roads and Bridges*, Volume 10, Section 5, Part 2 HA66/95 – Environmental barriers: Technical Requirements, HMSO, London.
- [3] The Highways Agency (1992), *Design Manual for Roads and Bridges*, Volume 10, Section 5, Part 1 HA65/94 - Design Guide for Environmental Barriers, Section 7, HMSO, London.
- [4] **Watts, G.R.** (1999), *Effects of sound leakage through noise barriers on screening performance*. Sixth International Congress on Sound and Vibration, Copenhagen, Denmark.