



Associazione Italiana di Acustica
XXVII Convegno Nazionale
Genova, 26-28 maggio 1999

CARATTERIZZAZIONE *IN SITU* DELLE PROPRIETÀ FONOISOLANTI DI BARRIERE ACUSTICHE

M. Garai, P. Guidorzi

Università di Bologna - DIENCA

SOMMARIO

Nell'ambito del progetto di ricerca europeo *Adrienne* è stato messo a punto un nuovo metodo per la misurazione *in situ* delle proprietà fonoisolanti di barriere acustiche. La grandezza da misurare è il *transmission loss*, che adatta alle barriere acustiche in ambiente esterno la definizione di potere fonoisolante usata in acustica edilizia. Il valore finale del *transmission loss* risulta dalla media di misure compiute in più di punti. Ogni singola misurazione viene eseguita con la tecnica pseudo-impulsiva MLS. La finestra temporale di analisi ha forma e larghezza prefissate. La scansione viene ripetuta sia di fronte agli elementi fonoisolanti, sia di fronte ad un montante di sostegno. I test comparativi eseguiti dimostrano che il nuovo metodo permette di ottenere valutazioni sperimentali significative con una buona riproducibilità.

INTRODUZIONE

Attualmente non esistono metodi normalizzati per misurare *in situ* le proprietà fonoisolanti delle barriere acustiche, se si eccettua il metodo AFNOR [1], che tuttavia non è stato accettato a livello CEN a causa dei ben noti difetti, tra i quali la scarsa ripetibilità del segnale di prova (colpi di pistola a salve) e l'elevato limite di validità in bassa frequenza (~350 Hz). Perciò la Commissione Europea ha incluso lo sviluppo di un nuovo metodo nel progetto di ricerca *Adrienne* (M&T programme 1994-97), al quale hanno partecipato come "main contractor" Acoustical Technologies (Belgio), Fraunhofer Institut für Bauphysik (Germania), ENTPE (Francia) e DIENCA (Italia). Altri partner sono stati: Instituto de Acustica (Spagna), CEDIA (Belgio), FIGE (Germania), CSTB (Francia) e LCPC (Francia). Il risultato è attualmente all'esame del CEN/TC 226 per l'inclusione in un prossimo standard europeo (prEN 1793-5).

IL NUOVO METODO DI MISURA

Le caratteristiche del metodo sono diretta conseguenza dei requisiti voluti.

Immunità al rumore di fondo: per rendere possibili misure a fianco di strade a forte traffico, la sorgente sonora è un altoparlante alimentato con un segnale MLS [2], con il quale si ottengono risultati validi anche con un rapporto iniziale $S/N \leq 0$ dB.

Ripetibilità del segnale di prova: il segnale MLS è deterministico e permette di ricostruire una risposta all'impulso a partire da un'eccitazione pseudostazionaria [2].

Configurazione normalizzata: vengono impiegati un altoparlante ed un microfono posti a distanze prefissate dalla barriera.

Si definisce **superficie di riferimento per la sorgente** il piano tangente alla sporgenza più esterna della barriera, dal lato della sorgente sonora; si definisce **posizione di riferimento dell'altoparlante** quella in cui lo stesso è rivolto verso la barriera ad una distanza di 1m dalla superficie di riferimento (figura 1a). Si definisce **superficie di riferimento per il microfono** il piano tangente alla sporgenza più esterna della barriera, dal lato del microfono; si definisce **posizione di riferimento del microfono** quella in cui lo stesso è rivolto verso la barriera ad una distanza di 0.25 m dalla superficie di riferimento (figura 1a) e ad un'altezza pari a metà di quella della barriera. Attorno alla posizione di riferimento del microfono se ne definiscono altre otto, a formare una griglia quadrata di nove posizioni di misura distanziate tra loro di 0.40 m in verticale e/o in orizzontale (figure 2 e 3). Attivato l'altoparlante, il microfono capta in successione l'onda sonora trasmessa attraverso la barriera, le onde sonore diffratte dal bordo superiore della barriera e le riflessioni disturbanti provenienti da altri oggetti.

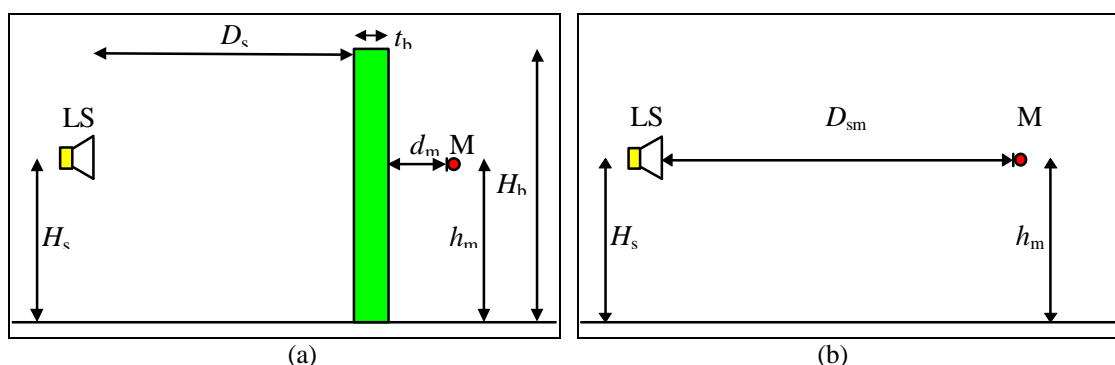


Figura 1 - Schema illustrativo della misurazione del *transmission loss*. LS: altoparlante. M: microfono.

(a): misurazione del suono trasmesso dalla barriera.

(b): misurazione di riferimento "in campo libero".

Estensione del limite in bassa frequenza: il CEN richiede che, quando possibile, i metodi normalizzati forniscano risultati nelle bande di un terzo di ottava da 100 Hz a 5 kHz. Nel caso presente, il limite in bassa frequenza dipende dall'ampiezza della finestra temporale, che dipende dal ritardo tra l'onda trasmessa e l'onda diffratta, che dipende a sua volta dalla geometria di misura. Per raggiungere il limite proposto evitando soluzioni poco pratiche è stata adottata la tecnica di confronto con una misurazione in campo libero. Dopo l'esecuzione di ogni serie di nove misurazioni di fronte alla barriera in prova, altoparlante e microfono vengono posti in una zona libera da ostacoli mantenendo la stessa geometria (misurazione "in campo libero", figura 1b), per acquisire solo l'onda sonora diretta proveniente dall'altoparlante. Il rapporto nel dominio della frequenza tra l'energia del segnale acquisito in campo libero e la quota di energia trasmessa attraverso la barriera in prova per ognuna delle nove risposte all'impulso permette di eliminare l'influenza dell'onda diffratta. La selezione delle onde trasmesse provenienti dalla barriera in prova, avviene mediante operazioni di

finestratura nel dominio del tempo: data la geometria scelta, è possibile utilizzare una finestra ampia, migliorando corrispondentemente il limite in bassa frequenza.

Tecnica di finestratura normalizzata: è stata definita una apposita finestra temporale [3], normalizzata per forma, lunghezza e modalità di posizionamento (*Adrienne window*). In tal modo le operazioni di finestratura sono divenute completamente oggettive ed automatizzabili. Naturalmente, l'apertura della finestra (così come il limite in bassa frequenza) dipende anche dalle dimensioni della barriera in prova: sulla base di considerazioni fisiche, la finestra *Adrienne* è stata definita in modo che abbia un'apertura totale di 7.94 ms per barriere alte 4 m.

Possibilità di trovare "ponti acustici": l'intera procedura viene ripetuta due volte: la prima con la griglia di scansione centrata sui pannelli, la seconda con la griglia di scansione centrata sui montanti. I risultati dimostrano che i punti deboli solitamente dovuti alle giunzioni tra pannelli e montanti vengono rilevati con sicurezza (figura 3).

LA NUOVA GRANDEZZA TRANSMISSION LOSS

Al posto del tradizionale potere fonoisolante, che ha minor significato per una barriera in ambiente esterno sottoposta ad un campo sonoro non diffuso, è stata definita una nuova grandezza adatta al caso. Ogni nove misure, l'energia contenuta nelle nove finestre temporali dei segnali trasmessi, nonché quella relativa alla risposta in campo libero, viene trasposta nel dominio della frequenza mediante FFT e corretta con una opportuna funzione di divergenza geometrica che tiene conto delle diverse lunghezze di percorso di ogni onda (per esempio, l'energia trasmessa al microfono posto nei vertici della griglia ha mediamente percorso un cammino più lungo di quella captata dal microfono nella posizione di riferimento centrale della griglia). Rapportando l'energia sonora risultante per ognuna delle onde trasmesse con quella dell'onda diretta acquisita in campo libero, si ottiene una sorta di fattore di trasmissione. Infine, mediando sulle misurazioni nelle nove posizioni della griglia di scansione si ottiene una grandezza denominata **transmission loss (TL)**:

$$TL(\Delta f_j) = -10 \lg \left\{ \frac{\sum_{k=1}^n \int_{\Delta f_j} |\mathbf{F}[p_{t,k}(t)w_t(t)]|^2 df \left(\frac{d_k}{d_i}\right)^2}{n \cdot \int_{\Delta f_j} |\mathbf{F}[p_i(t)w_i(t)]|^2 df} \right\} \quad (1)$$

Dove $p_i(t)$ è l'onda sonora di riferimento in campo libero, $p_{t,k}(t)$ è l'onda sonora trasmessa captata nella k -esima posizione di misura, $d_i(t)$ e $d_k(t)$ sono le funzioni di correzione per divergenza geometrica per l'onda sonora di riferimento e per quella trasmessa nella k -esima posizione di misura, $w_i(t)$ e $w_k(t)$ sono le finestre temporali *Adrienne* per l'onda sonora di riferimento e per quella trasmessa nella k -esima posizione di misura, \mathbf{F} è il simbolo della trasformata di Fourier, Δf_j è la j -esima banda di un terzo di ottava (da 100 Hz a 5 kHz), $n = 9$ è il numero di posizioni di misura.

UN ESEMPIO PRATICO

A titolo d'esempio, vengono mostrati i risultati del collaudo di una barriera, alta 4 m, costituita da pannelli metallici scatolati, di spessore 120 mm, aventi la faccia esposta

al suono forellata e riempiti di lana di roccia (figura 2). La figura 3 riporta il TL misurato con scansioni al centro della pannellatura e di fronte ad un montante.

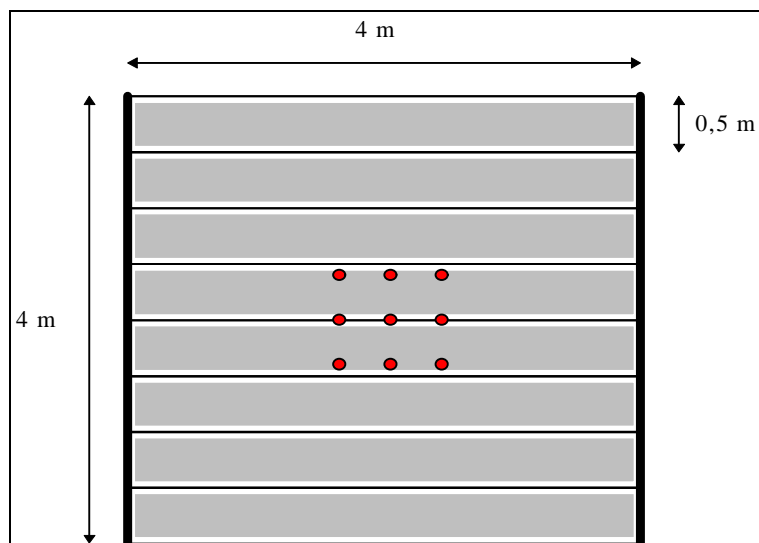


Figura 2 - Posizionamento della griglia di scansione davanti alla barriera provata.

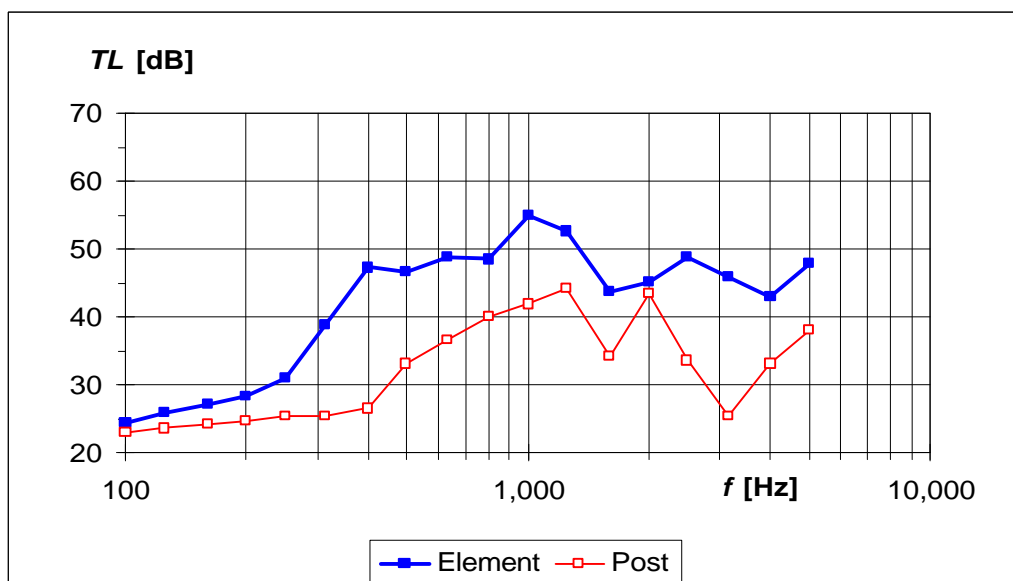


Figura 3 - Risultati per una scansione centrata sui pannelli (Element) e centrata su di un montante (Post).

BIBLIOGRAFIA

- [1] AFNOR S 31-089:1990.
- [2] Garai M., *Appl. Acoust.*, 39, 1993, 119-39.
- [3] Garai M., Guidorzi P., *Caratterizzazione in situ delle proprietà riflettenti di barriere acustiche non piate*, Atti XXVI Conv. Naz. AIA., Torino, 26-29/5/1998, 523-526.