

INFLUENZA DELLA DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI PUNTI DI MISURA INTERNI PER L'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA IN STANZE DI GRANDI DIMENSIONI

Francesco Bianco (1), Chiara Scrosati (1), Carl Hopkins (2), Alessia Nora (3), Luca Barbaresi (3)

- 1) Istituto per le Tecnologie della Costruzione, Consiglio Nazionale delle Ricerche CNR-ITC, Italia
2) Acoustics Research Unit, University of Liverpool, UK
3) Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Bologna, Italia

SOMMARIO

Attualmente, la norma ISO 16283-3 descrive le procedure per la misurazione dell'isolamento acustico delle facciate per locali con volumi fino a 250 m³. Tuttavia, in alcuni edifici (università, scuole, uffici...) è comune trovare locali con volumi maggiori, fino a 500 m³, dove è necessario misurare l'isolamento acustico delle facciate per verificare la conformità alle normative o alle linee guida. Questo lavoro valuta l'isolamento acustico delle facciate in un'aula universitaria di 470 m³ in cui la facciata sottoposta a prova è lunga la metà dell'altra dimensione della stanza. Ciò porta alla possibilità di suddividere il volume della stanza ricevente in sezioni. I risultati indicano che la sezione più distante dalla facciata più corta può essere trascurata senza modificare significativamente l'isolamento acustico della facciata.

1. Introduzione

Per le misurazioni in opera dell'isolamento acustico, la norma ISO 16283 (Parti 1-3) specifica che è destinata a locali con volumi compresi tra 10 m³ e 250 m³. Mentre un limite inferiore di 10 m³ è ragionevole per la maggior parte degli edifici, locali con volumi superiori a 250 m³ si riscontrano in scuole, università o uffici, dove in alcuni paesi esistono normative che richiedono la misurazione dell'isolamento acustico delle facciate. Il problema principale nei locali di volume ridotto, come nelle abitazioni, è la grande variazione del livello di pressione sonora alle basse frequenze dovuta al basso numero di modi [1]. Al contrario, è ragionevole che i problemi legati alle basse frequenze siano meno rilevanti in locali di grandi dimensioni, ma la presenza di soffitti altamente fonoassorbenti in tali ambienti comporta il rischio di una significativa variazione spaziale nelle gamme delle medie e alte frequenze. Un recente articolo degli autori sull'isolamento acustico di facciata [2] ha valutato la variazione spaziale del campo sonoro all'interno di un ampio locale ricevente di circa 470 m³ utilizzando misurazioni di griglia del livello di pressione sonora. La sala presenta due facciate principali e l'attenzione si era concentrata esclusivamente sull'isolamento acustico della facciata più lunga, che è più del doppio rispetto all'altra. Nel presente articolo, l'attenzione è rivolta alla facciata più corta. Uno dei problemi che si presentano quando si effettuano misurazioni in grandi volumi è il numero di punti di ricezione, che può rendere le misurazioni molto dispendiose in termini di tempo. Per valutare l'influenza della parte della sala più lontana dalla facciata in esame, la sala è stata suddivisa in sezioni. Sulla base del fatto che nella norma ISO 16283-1 (Allegato C) il numero minimo di posizioni dei microfoni è cinque per una superficie fino a 50 m², il volume è stato suddiviso in tre parti, ciascuna con una superficie di circa 50 m².

La variazione spaziale del campo sonoro viene spesso valutata con una sorgente puntiforme (ad esempio un altoparlante omnidirezionale) all'interno delle stanze [3,4]. Nel presente studio, incentrato sull'isolamento acustico di facciata, la sorgente sonora si trova all'esterno della stanza e punta verso la facciata; pertanto, alcuni elementi della facciata (ad es. finestre, pareti) agiscono potenzialmente come sorgenti puntiformi o planari in diverse parti della gamma di frequenza. La teoria del campo diffuso prevede un campo sonoro uniforme al centro di una stanza. Barron e Lee [5] hanno sviluppato una teoria rivista per le sale da concerto di grandi volumi.

Il presente articolo mette a confronto la deviazione standard misurata con diverse teorie. Per un campo sonoro diffuso in cui il campo diretto è trascurabile, viene utilizzata la teoria di Schroeder [6] insieme all'approccio di Lubman-Craik [7,8,9] per le basse frequenze, dove è presente un campo sonoro modale. Viene utilizzato anche l'approccio GOE (Gaussian Orthogonal Ensemble) di Langley e Cotoni [10] per valutare un campo riverberante ed è inoltre combinato con la teoria di Lubman [7] per incorporare il campo diretto proveniente da una sorgente, come descritto da Davy [11].

2. Metodo di misura

Le misurazioni sono state effettuate in un'aula universitaria con un volume di circa 470 m³. L'aula dispone di 15 file di banchi fissi e sedie pieghevoli, con un soffitto fonoassorbente di Classe D. Il tempo di riverbero medio tra 100 e 5000 Hz è di 1,6 s. La superficie del pavimento dell'aula è di circa 141 m², mentre le dimensioni sono di circa 17 m di lunghezza, 8,3 m di profondità e 3,5 m di altezza. Le due facciate della sala sono costituite da doppie pareti intonacate di spessore totale pari a 0,7 m con – dall'esterno verso l'interno – mattoni pieni (0,4 m), un'intercapedine d'aria interna e mattoni forati (0,14 m). Sono presenti due finestre a telaio in legno con vetro singolo, lunghe 2 m e alte 2,7 m non sigillate.

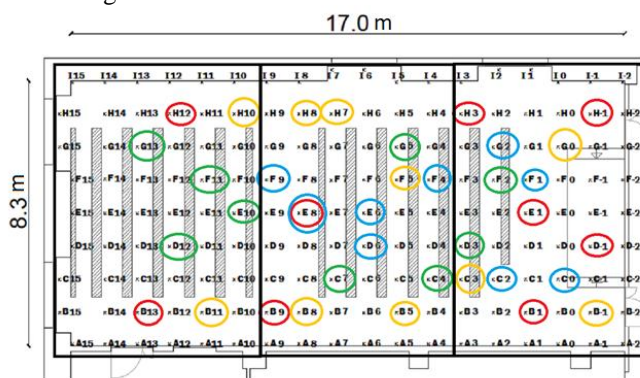


Figura 1 - I rettangoli neri indicano la suddivisione della sala in tre sezioni (finestre, centro, fondo). I colori indicano diverse altezze: il rosso corrisponde a 1,2 m, il giallo a 1,75 m, il verde a 2,25 m e l'azzurro a 2,55 m. È inoltre riportata anche la griglia regolare delle posizioni dei microfoni utilizzata in un lavoro precedente [2] per la facciata di 17,0 m.

In un lavoro precedente [2], le misurazioni del livello di pressione sonora sono state effettuate su una griglia tridimensionale con la sorgente sonora esterna puntata verso le finestre della facciata più lunga. In questo articolo, 37 posizioni di microfoni sono state distribuite casualmente nel volume della stanza con la sorgente puntata verso le finestre della facciata più corta. I punti della griglia del lavoro precedente (quattro diverse altezze per un totale di 648 punti) e i punti casuali utilizzati in questo articolo sono indicati nella Fig. 1. Per i punti casuali nelle tre sezioni sono state utilizzate quattro diverse altezze (indicate con cerchi di colori diversi).

3. Risultati

In riferimento alla griglia di fig. 2, sono riportati in figura 3 gli andamenti della differenza di livello tra il punto misurato C14 e le medie energetiche dei livelli per colonna e per altezza di misura sul valore globale pesato A: le differenze sono consistentemente superiori a 5 dB nella sezione di fondo.

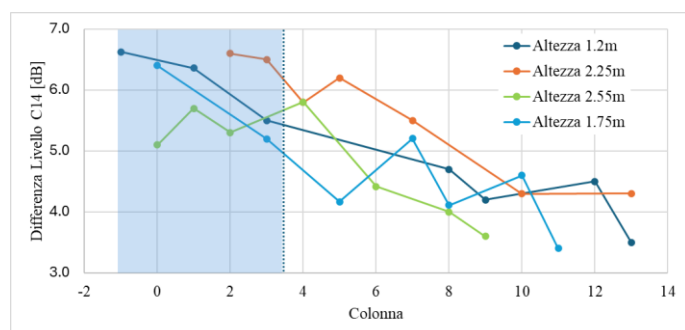


Figura 2 – Andamento spaziale della differenza di livello LAeq tra il punto C14 e la media energetica per colonna e altezza di misura; in azzurro la porzione di volume corrispondente alla sezione di fondo.

L'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT}$ è stato calcolato per ciascuna sezione utilizzando tutte le combinazioni semplici senza ripetizioni di cinque punti al suo interno. Sono riportate in figura 3 la media e l'incertezza di tutti i valori $D_{2m,nT}$ calcolati per sezione, mentre in figura 4 i risultati analoghi per il calcolo sul volume complessivo e sulla combinazione della sezione "finestra" e "centro".

In figura 5 infine sono mostrati i risultati della deviazione standard teorici e sperimentali dei livelli in bande.

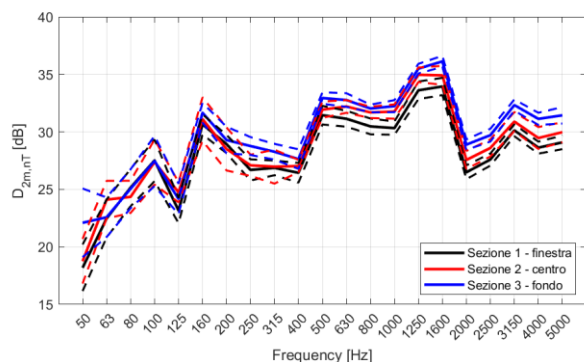


Figura 3 - Isolamento acustico della facciata $D_{2m,nT}$ (linea continua) con l'incertezza, espressa in termini di due deviazioni standard (linea tratteggiata) per le diverse sezioni.

4. Discussione

Dalle figure 3 e 4 si evince che la sezione più distante dalla facciata più corta può essere trascurata senza alterare in modo significativo l'isolamento acustico di facciata. Ciò significa che,

per questa particolare stanza, in cui la superficie del pavimento supera i 100 m² e il rapporto tra la lunghezza della facciata e la dimensione perpendicolare alla facciata è ~0,5, potrebbe non essere necessario effettuare misurazioni nel sottovolume più distante dalla sorgente.

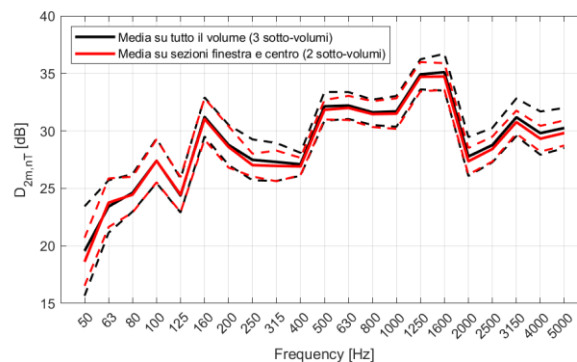


Figura 4 - Isolamento acustico della facciata $D_{2m,nT}$ (linea continua) con l'incertezza, espressa in termini di due deviazioni standard (linea tratteggiata) per il volume totale e sulle sezioni finestra e centro

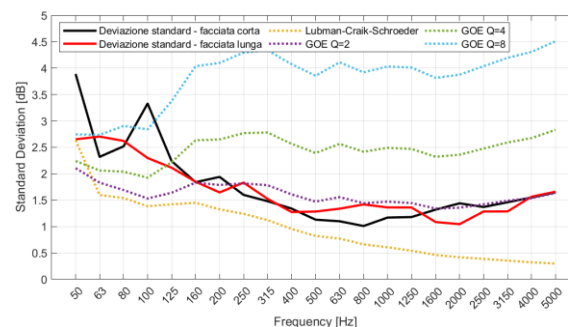


Figura 5 – Deviazioni standard sperimentali (linee continue) per le misure di facciata corta (nero), lunga (rosso) e diverse teorie (linee a punti).

5. Bibliografia

- [1] C. Hopkins and P. Turner. Field measurement of airborne sound insulation between rooms with non-diffuse sound fields at low frequencies, *Appl. Acoust.*, 66(12), 1339-1382, 2005.
- [2] C. Scrosati, F. Bianco, C. Hopkins, A. Nora, L. Barbaresi, Uniformity of sound fields in large room volumes for the measurement of façade sound insulation, *Proceedings of Forum Acusticum 25*, Malaga, Spain 23-26 June, 2025
- [3] M. Vorlander, Revised relation between the sound power and the average sound pressure level in rooms and consequences for acoustic measurements, *Acustica* Vol. **81**, 1995
- [4] S. Chiles and M. Barron. Sound level distribution and scatter in proportionate spaces, *J. Acoust. Soc. Am.* 116 (3), 2004.
- [5] M. Barron and L.-J. Lee. Energy relations in concert auditoriums. I, *J. Acoust. Soc. Am.* 84 (2), 1988.
- [6] M.R. Schroeder. Effect of frequency and space averaging on the transmission responses of multimode media. *J. Acoust. Soc. Am.* 46(2), 277-283, 1969.
- [7] D. Lubman. Precision of reverberant sound power measurements, *J. Acoust. Soc. Am.* 56(2), 523-533, 1974.
- [8] R.J.M. Craik. On the accuracy of sound pressure level measurements in rooms, *Appl. Acoust.* 29, 25-33, 1990.
- [9] C. Hopkins. *Sound insulation*. Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN 978-0-7506-6526-1.
- [10] R.S. Langley and V. Cotoni. The ensemble statistics of the vibrational energy density of a random system subjected to single point harmonic excitation, *J. Acoust. Soc. Am.* 118(5), 3064-3076, 2005.
- [11] J. Davy. The spatial variability of random noise in a reverberant space, *Proceedings of the 24th International Congress on Sound and Vibration*, London, United Kingdom, 23-27 July 2017, 1-8, 2017.