

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE
Tesi di Laurea

MISURA DEL COEFFICIENTE DI RIFLESSIONE
MEDIANTE UNA TECNICA DI OLOGRAFIA ACUSTICA
SVILUPPATA IN AMBIENTE LABVIEW

Relatore

PROF. ING. RAFFAELE DRAGONETTI

Correlatori

PROF. ING. ROSARIO ANIELLO ROMANO

ING. MARIALUISA NAPOLITANO

Candidato

ANTONIO CAVALLO

MATR. 324/223

Anno accademico 2015/2016

I materiali porosi sono oggi utilizzati per il controllo del rumore in diversi settori dell'ingegneria civile, ambientale, edile, meccanica ed altri ancora. E' pertanto di notevole interesse studiarne le loro capacità fonoassorbenti.

La capacità di assorbire energia acustica da parte dei materiali porosi è indicata dal coefficiente di assorbimento α che rappresenta il rapporto tra l'aliquota di energia non riflessa dal materiale e quella incidente. Esso può essere misurato mediante diverse tecniche che si differenziano a seconda del campo sonoro incidente sul materiale.

Nel caso di campo diffuso, si parla di coefficiente di assorbimento di Sabine che viene determinato sperimentalmente attraverso delle misurazioni effettuate in una camera riverberante. Così come previsto dalla norma UNI EN ISO 354, il metodo prevede il calcolo del tempo di riverberazione con e senza il materiale in prova.

Nel caso di onde piane incidenti sulla superficie del materiale poroso, α può essere determinato a partire dal coefficiente di riflessione complesso \tilde{C}_r , espresso come rapporto tra la pressione riflessa \tilde{p}_r e la pressione incidente \tilde{p}_i sulla superficie. In particolare, il coefficiente di assorbimento è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha = 1 - |\tilde{C}_r|^2 = 1 - \left| \frac{\tilde{p}_r}{\tilde{p}_i} \right|^2.$$

Esso dipende dalla frequenza e dall'angolo che il fronte d'onda piano forma con la normale alla superficie.

L'assorbimento ad incidenza normale, viene determinato ponendo il materiale all'interno di un "tubo ad impedenza" seguendo le prescrizioni contenute all'interno delle norme della serie UNI EN ISO 10534.

Per la misura del coefficiente di assorbimento, per angoli di incidenza diversi da quello normale, attualmente non esiste una metodologia affermata. Una delle tecniche che consente di perseguire tale scopo è conosciuta, nella letteratura di settore, come "metodo di Tamura" e si basa sulla olografia acustica. Tale tecnica è stata oggetto di studio in questo lavoro di tesi.

Il “metodo di Tamura” permette di determinare il coefficiente di riflessione per diversi angoli di incidenza attraverso la scomposizione di un fronte d’onda generico nelle sue componenti piane. Per l’applicazione di tale metodo è necessario, nel caso di isotropia, la determinazione della distribuzione della pressione sonora complessa su due assi paralleli alla superficie del materiale in esame così come riportato nella Figura 1.

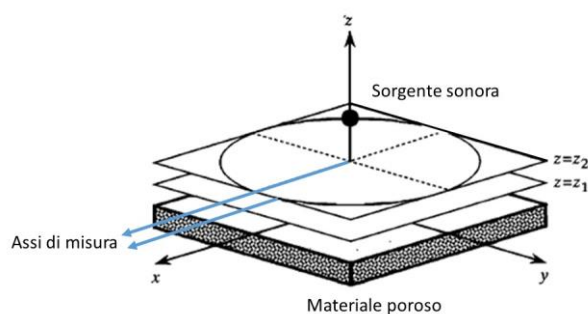


Figura 1: Rappresentazione grafica di una sorgente puntiforme posta al di sopra di un materiale.

Con il sistema di misura realizzato nel laboratorio del DII, la misura delle distribuzioni di pressione viene effettuata in maniera discreta facendo avanzare linearmente una coppia microfónica, alle quote z_1 e z_2 , al di sopra del materiale. Il sistema di misura, riportato nella Figura 2, si compone di un attuatore lineare motorizzato con motore passo-passo posizionato all’interno della camera semi-anechoica. L’attuatore è composto da un profilo in alluminio autoportante e da un carrello mosso da un sistema di trasmissione a cinghia dentata. Un braccio in alluminio alla cui estremità sono fissati due microfoni è montato sulla piattaforma di aggancio di carico situata sul carrello di scorrimento. Due sensori di prossimità ad effetto hall, utilizzati come delimitatori di fine corsa, sono in grado di segnalare alla logica di controllo, implementata in ambiente LabVIEW, l’assenza o la presenza del carrello al fine di evitare possibili urti contro gli arresti meccanici. Una sorgente sonora, costituita da un altoparlante – collegato a un amplificatore di potenza- è sospesa verticalmente al di sopra del materiale. L’hardware del sistema di controllo e di misura si compone di diversi dispositivi prodotti da National Instruments.

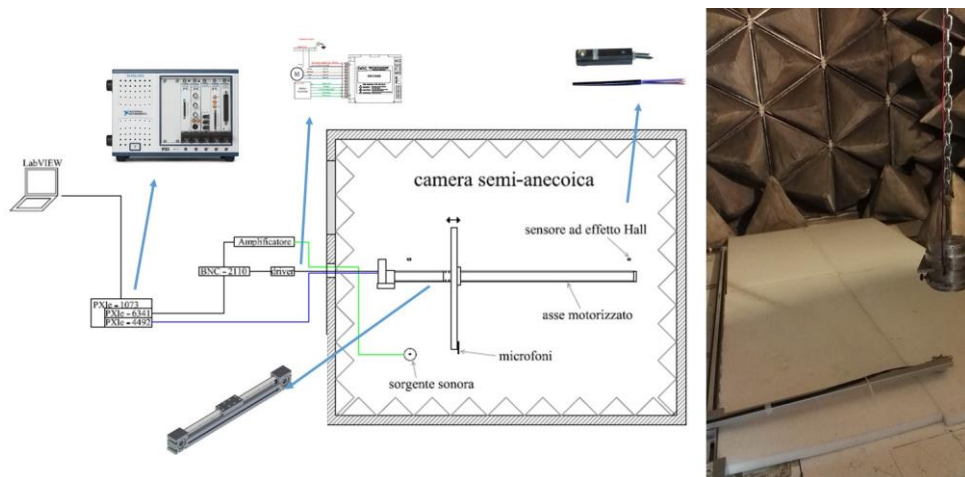


Figura 2 Set-up di misura realizzato nel laboratorio di acustica del DII ed interno della camera semi-anechoica.

Per la gestione automatizzata di tutte le fasi di misura e di elaborazione si è reso necessario sviluppare un programma in ambiente LabVIEW. Il programma è stato sviluppato sulla base del modello “produttore – consumatore” (Figura 3). In particolare il loop produttore usa una “struttura ad eventi” per rispondere agli eventi generati per interazione con gli oggetti dell’interfaccia utente: avvio delle fasi di misurazione, arresto di emergenza del motore passo-passo, uscita dal programma. Il loop consumatore, invece, risponde al verificarsi degli eventi permettendo, attraverso la struttura “macchina a stati”, la sequenza di esecuzione per differenti sezioni di codice.

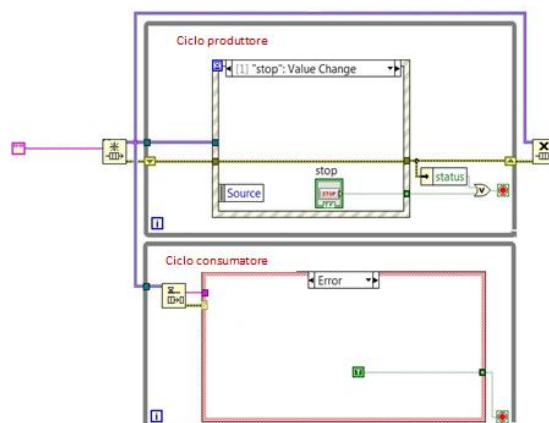


Figura 3 Modello produttore – consumatore

Tutta la procedura di misura è comandata tramite un pannello di controllo (Front Panel) così come riportato nella Figura 4:

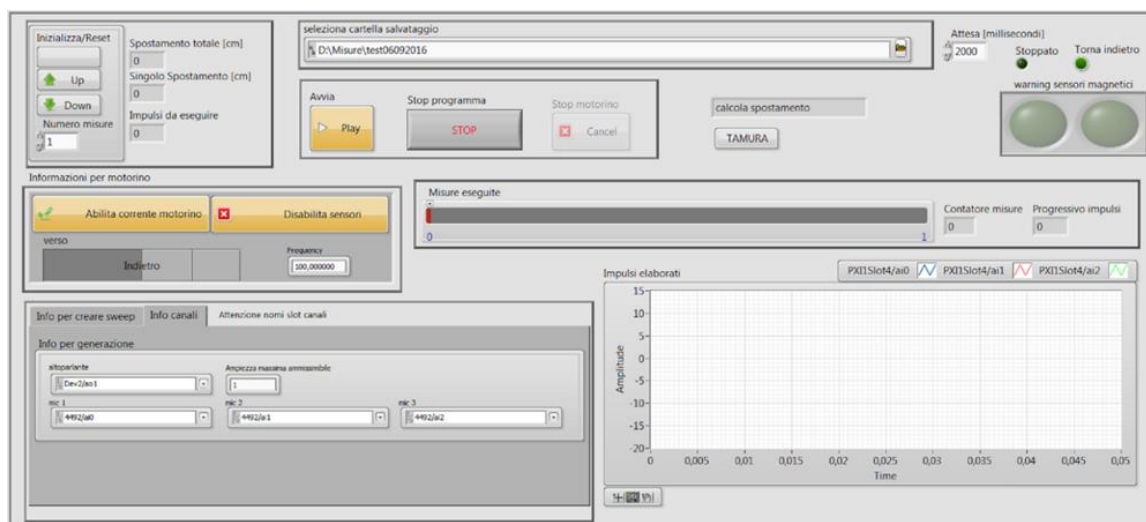


Figura 4: Pannello di controllo appositamente realizzato in ambiente LabVIEW per il controllo della catena di misura ed l'elaborazione dei dati.

Per l'ottimizzazione della fase di misura, la campagna sperimentale è stata preceduta da un'attenta analisi numerica. Sono stati condotti, infatti, diverse simulazioni numeriche con l'obiettivo di indagare gli effetti delle grandezze geometriche (lunghezza totale di misura, passo spaziale di campionamento, quota della sorgente e dei ricevitori dal materiale) e delle proprietà del materiale sul calcolo del coefficiente di riflessione. A titolo di esempio, nel grafico di Figura 5, si riporta l'andamento del coefficiente di riflessione al variare della lunghezza totale di misura in cui è possibile notare l'effetto del troncamento spaziale che comporta delle oscillazioni dei valori sperimentali, rispetto a quelli teorici, soprattutto nel campo delle basse frequenze.

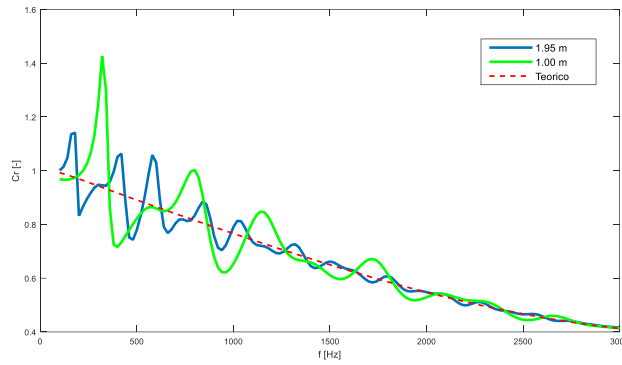


Figura 5: Simulazioni numeriche: andamento del coefficiente di riflessione al variare della lunghezza totale di misura

Per la validazione sperimentale dell'apparato di misura fin qui descritto si è reso necessario eseguire misure su materiali porosi le cui proprietà acustiche erano note da studi precedenti. In particolare, sono stati indagati due tipologie di materiali porosi, uno in fibra di poliestere (Edilfiber) ed uno in resina melamminica espansa (Fonitek). A titolo di esempio, nei grafici di Figura 6, si riportano i risultati ottenuti per il materiale Fonitek per diversi angoli d'incidenza.

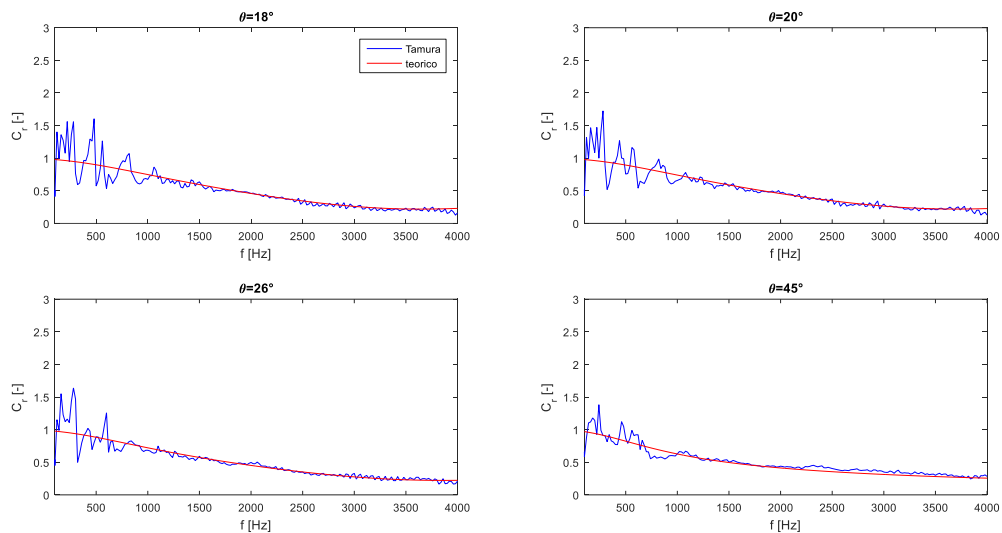


Figura 6: Prove sperimentali: materiale Fonitek - Confronto tra i moduli del coefficiente di riflessione determinati sperimentalmente, per diversi angoli di incidenza, e i moduli del coefficiente di riflessione ricavati per via teorica. $\theta=18^\circ$, $\theta=20^\circ$, $\theta=26^\circ$, $\theta=45^\circ$

Dai grafici sopra riportati è possibile notare come per le frequenze medio-alte, sussista una buona concordanza tra dati sperimentali e previsioni teoriche. Alle basse frequenze, invece, soprattutto per piccoli angoli di incidenza, diventano

significative le fluttuazioni dei risultati sperimentali rispetto alla curva teorica ricavata mediante il modello di Johnson-Champoux-Allard. Così come evidenziato nelle simulazioni numeriche, esse sono legate all'utilizzo di un numero limitato di misure e quindi ad un troncamento spaziale, mentre in linea teorica ne sono richieste un numero "infinito".

Come sviluppi futuri si valuterà la possibilità di utilizzare finestre spaziali diverse da quella rettangolare intrinsecamente utilizzata in questo metodo.