

ノート

音響インテンシティ法による小試料音響透過損失測定

西沢 啓子*¹⁾ 神田 浩一*¹⁾ 渡辺 茂幸*¹⁾ 服部 遊*¹⁾ 宮入 徹*¹⁾

Measurement of sound transmission loss on small size specimen by sound intensity method

Keiko Nishizawa*¹⁾, Koichi Kanda*¹⁾, Shigeyuki Watanabe*¹⁾, Asobu Hattori*¹⁾, Toru Miyairi*¹⁾

キーワード：音響透過損失，音響インテンシティ，小試料

Keywords：Sound transmission loss, Sound intensity, Small size specimen

1. はじめに

建物，自動車，各種機器で使われる防音材料の遮音（以下，音響透過損失という。）性能は，製品評価の重要な要素である。建材の音響透過損失測定では JIS A 1416:2000⁽¹⁾（実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定）が一般的であるが，試料面積を数㎡～10 ㎡必要とし，試料の準備と設置作業が大がかりで開発段階では数種類の比較検討が困難である。

自動車，機器の防音材には ASTM E 2611-09（音響管による垂直入射音響透過損失測定）が用いられるが，音響管による試料の拘束条件が測定結果に影響を与えることがあり，小サイズ故に試料自身の振動が無視できない場合もある。また音の入射が垂直方向に限られ基礎的検討を目的とした測定法であり，あらゆる方向から音が入射する（以下，ランダム入射という。）実環境を想定した測定はできない。

本研究では，材料開発段階から実環境に近いランダム入射による評価を可能にすることを目的として，音響インテンシティ法による小試料の音響透過損失測定手法を検討した。

2. 研究内容

2.1 測定概要 小型残響箱（内寸 550mm×550mm×575mm）の開口部（200mm×200mm）に，防振ゴム（2mm）を挟んで試料（260mm×260mm）を設置する（図 1）。残響箱の底面中央に配置したスピーカからランダムノイズを放射し，試料を透過する音響インテンシティ（単位面積を単位時間に通過する音のエネルギー：単位（W/㎡））をインテンシティプローブで測定した。測定システムを図 2 に示す。試料設置時の透過音響インテンシティと試料なしの開口部における入射音響インテンシティから音のエネルギーの透過率（ τ ）を求め，音響透過損失（dB）を算出した。算出式を式（1）に示す。

事業名 平成 25 年度 基盤研究

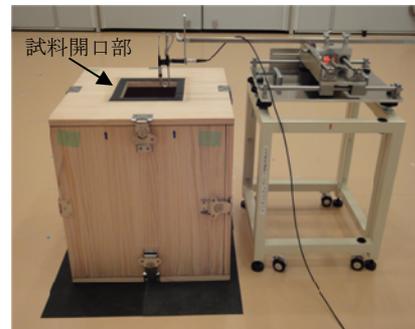
*¹⁾ 光音技術グループ

図 1. 小型残響箱

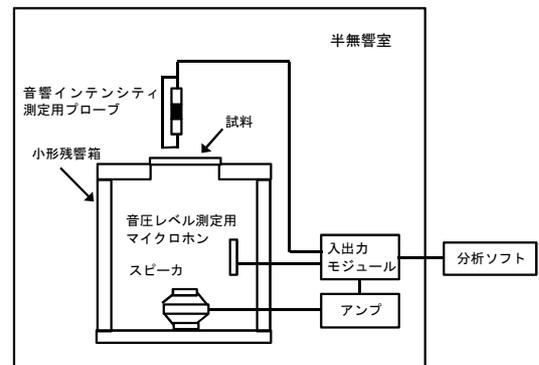


図 2. 測定システム

$$\text{STL (音響透過損失)} = 10 \log_{10} \frac{1}{\tau} \text{ (dB)} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{透過率}(\tau) = \frac{\text{透過音響インテンシティ(W/㎡)}}{\text{入射音響インテンシティ(W/㎡)}}$$

2.2 測定試料 試料の音響透過損失を評価するに当たっては，コインシデンス効果⁽²⁾（入射した音波と板の屈曲運動の波長の一致による音響透過損失の低下）を生じる周波数（以下，コインシデンス周波数という。）と，効果の程度を把握することが重要である。本手法では，JIS A 1416:2000 の測定周波数（100～5000Hz）においてコインシデンス効果を生じる試料（石膏ボード 9.5mm 及び 12mm）と効果を生じない試料（鉄板 0.5mm 及び 1.0mm）を選定した。

コインシデンス効果が最も低い周波数で生じる、コインシデンス限界周波数 f_c の算出式を式(2)に示す。

$$f_c \approx \frac{c^2}{2\pi h} \sqrt{\frac{12\rho}{E}} \dots\dots\dots (2)$$

c : 音速 (m/s) h : 試料厚さ (m)
 ρ : 試料密度 (kg/m³) E : 試料ヤング率 (N/m²)

2.3 測定結果と考察 都産技研の結合残響室で測定した JIS A 1416:2000 (試料面積 4.86 m²) による結果と併せて示す (図3~6)。

周波数の評価範囲 JIS の測定周波数 (100~5000Hz) のうち、本手法との良い対応がみられるのは 315Hz 以降である。小型残響箱の寸法が 500Hz の波長に概ね該当することから、本手法は波長の長い低音域の評価には向かない。

コインシデンス効果との関係 JIS A 1416:2000 による測定結果は、JIS A 1419-1:2000 に規定する遮音等級 (例: Dr-35) で評価する。等級間隔は 5dB であり、小型残響箱と JIS A 1416:2000 の差が 5dB 以内であれば JIS A 1416:2000 と同様の評価が可能と考えた。コインシデンス限界周波数 f_c が測定範囲にない鉄板 (図3~4) については、JIS A 1416:2000 との差が 5dB 以内と良い対応を示した。既報告⁽³⁾においても、コインシデンス限界周波数 f_c が測定範囲にない鉛 0.5mm 厚について同様の傾向を示しており、本手法の有効性が示唆された。一方、コインシデンス限界周波数 f_c が測定範囲にある石膏ボード (図5~6) については、小型残響箱と JIS A 1416:2000 で最大 6dB 程度の差がみられる。

要因として、質量則⁽²⁾ (音響透過損失が周波数と試料面密度の対数に比例する法則) における試料の様なピストン運動に、コインシデンス効果を生じる試料の屈曲運動が加わり、試料の挙動が複雑になっていることが考えられ、今後の検証が必要である。

3. まとめ

- 本手法を技術支援に活用する留意点を挙げる。
- ・評価可能な周波数は概ね 500Hz 以上である。
 - ・測定周波数におけるコインシデンス限界周波数の有無により、JIS A 1416:2000 との対応の程度が異なる。
 - ・測定周波数内でコインシデンス効果を生じる試料では、質量則の運動に板の屈曲運動が加わることで試料の挙動が複雑になり、JIS A 1416:2000 との差異が大きくなる可能性がある。

都産技研では平成 25 年度から、オーダーメイド開発支援等で技術支援に本手法を使用開始した。機器の防音材等、JIS A 1416:2000 や ASTM E 2611-09 の適用が現実的ではないと判断されるものや、JIS A 1416:2000 の実施が困難な開発段階の建材等について支援を行ってきた。今後は、測定精度向上に向けて要因の検証を進めたいと考える。

(平成 26 年 7 月 7 日受付, 平成 26 年 8 月 7 日再受付)

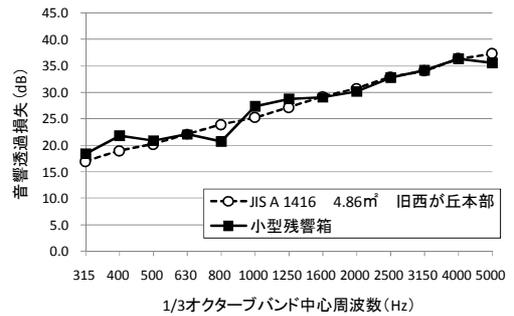


図 3. 小型残響箱と JIS A 1416 の比較 (鉄板 0.5mm 厚)

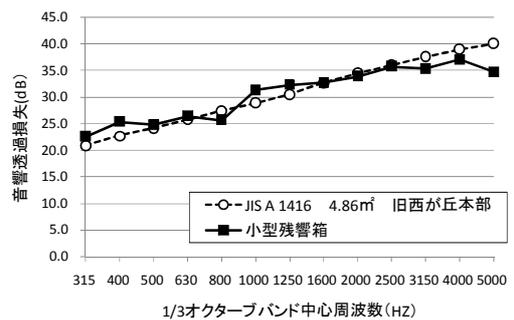


図 4. 小型残響箱と JIS A 1416 の比較 (鉄板 1.0mm 厚)

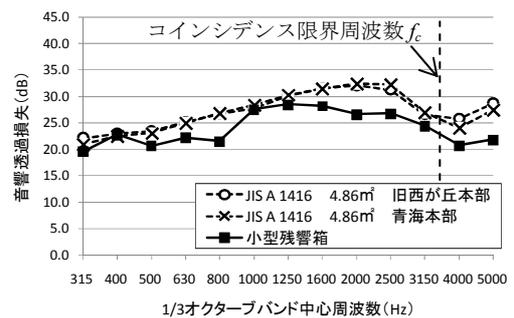


図 5. 小型残響箱と JIS A 1416 の比較 (石膏ボード 9.5mm 厚)

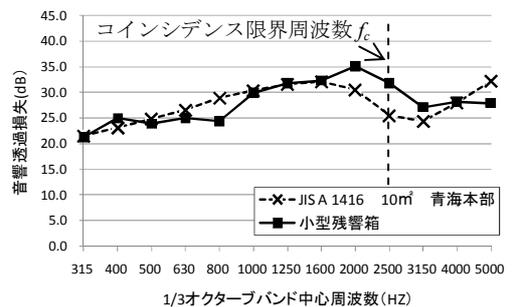


図 6. 小型残響箱と JIS A 1416 の比較 (石膏ボード 12.5mm 厚)

文 献

(1) JIS A 1416 : 「実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定方法」, 日本規格協会 (2000)
 (2) 前川他 : 「建築・環境音響学 第 2 版」, 共立出版, pp.105-107 (2001)
 (3) 佐藤利和 : 「音響インテンシティ法を用いた音響パワー評価に関する研究」, 九州芸術工科大学 博士論文 (1996)