

周縁支持部に減衰をもつ窓サッシの遮音特性FEM解析 (モード制御における低周波数の遮音向上確認)

○山口 誉夫 (群馬大学) 植村 友昭 (鴻池組) 山本 耕三 (東洋建設) 大石 力 (環境調査設計) 大山 宏 (日本音響エンジニアリング) 神尾 ちひろ (群馬大学) 天津 成美 (キャテック) 兵藤 伸也 (飛島建設)

Sound Insulation Analysis of Glass Pane Supported by Damped Viscoelastic Edges
(Confirmation of Effects of Lower Modes on Transmission Loss
in Lower Frequency Regions by Mode Control)

Takao Yamaguchi, (Gunma University) Kozo Yamamoto, (Toyo Construction) Hiroshi Ohyama, (Nihon Onkyo Eng.) Narumi Amatsu, (CATEC.)
Tomoaki Uemura (Konoike Construction) Chikara Ohishi, (Arch-Environ. Res. & Eng.) Chihiro Kamio, (Gunma University) Shinya Hyoudou (Tobishima Corp.)

利用技術分科会建築(住宅)における制振材料利用技術WGでは、窓サッシの周縁粘弾性支持構造が遮音性能へ与える影響を調べている。現在、拘束型制振構造を持つ付加質量を、ガラス面に部分積層することによる低周波数の遮音性能向上を調べている。ガスケットの周縁の支持条件(拘束条件)を変えて計算した。これより、低周波数の共振周波数とモード損失係数の値が実験値に近くなり、音響透過損失も実験と傾向が一致した。

Keywords— 音響透過損失, 振動減衰, 粘弾性材, 窓構造, ガスケット, パテ, FEM, モード歪エネルギー法

1. はじめに

制振工学研究会利用技術分科会「建築(住宅)における制振材料利用技術WG」では、窓サッシの遮音特性に与える周縁の支持構造の減衰特性の影響を明らかにする研究を行っている^{[2]~[12]}。

2024年11月時点のWGのメンバーを以下に示す。

[分科会・WG主査]:山本 耕三(東洋建設)

[WG幹事]:大山 宏(日本音響エンジニアリング)

[委員]:植村 友昭(鴻池組),大石 力(環境調査設計),
神尾 ちひろ(群馬大学),兵藤 伸也(飛島建設),
山口 誉夫(群馬大学),渡辺 茂幸(東京都立産業技術
研究センター)

[オブザーバー]:天津 成美(キャテック),中島 友則
(三井化学)

WGでは、窓ガラスの全周縁に粘弾性材支持材を設置し、遮音性能へ周縁部の減衰が与える影響を実験と数値解析で調べている。

ガスケット(粘弾性支持材)について貯蔵弾性率をほぼ一定にして材料減衰($\tan \delta$)を変化させた条件での振動応答と音響透過損失を測定した^[8]。また、減衰特性と振動応答、統計入射音響透過損失をモード歪みエネルギー法(MSE法)^{[13]~[16]}を用いて計算し^{[9],[10]}。取り付け部と粘弾性支持材の間に複素ばね要素を導入し、振動応答および音響透過損失の計算値と実験値を、定性的に一致させた^[10]。さらに周波数依存性を持つ支持剛性を用いて、振動応答と音響透過損失を計算し実験値と計算値を定量的に一致させた^[11]。

昨年度は(1,1),(1,3),(3,1)モードの有無による音響透過損失への影響を解析した^[12]。さらに拘束型制振構

造を持つ付加質量をガラス面に部分積層することで、低周波数の遮音向上の可能性を示した。

本報告では、その低周波数の遮音向上の検証を行う。ガスケットの周縁の支持条件(拘束条件)を変えて計算し、低周波数の共振周波数とモード損失係数および音響透過損失の実験値と計算値を比較した。

2. 計算モデル

図1の上段と中段に、拘束型制振構造を持たない条件での周縁を粘弾性材で支持したガラスの解析モデルを示す。 z 方向を板の法線方向とした。 z 軸は室内側を正とした。 x 方向と y 方向をガラス板の面内にとった。

ガラスのサイズは1070mm×1075mmである。ガラスの厚さは10mm、貯蔵せん断弾性率を0.01GPa、密度 $1.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ とした。

周縁支持部の粘弾性材(三井化学社製)は、貯蔵せん断弾性率を0.01GPa、密度 $1.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 材料減衰($\tan \delta$)を0.5とした。

粘弾性支持材と取り付け部の間に、取り付け部剛性を考慮するための複素ばね要素を x , y , z 方向に全周縁部の節点に設置した。複素ばね定数 $k_{sp} = k(1+j 0.1) \times 9.8 [\text{N/mm}]$ とし、 k を変化させた^{[11],[10],[12]}。

図1の下段に拘束型制振構造を持つ付加質量をガラス中央に追加したモデルを示す^[12]。これはガラスの固有振動モードの内、Mode(1,1),(1,3),(3,1)に対して、効果的に付加質量として作用させることを狙っている。厚さ20mmのガラス製拘束層と厚さ20mmの粘弾性層を追加した。この粘弾性層の材料減衰($\tan \delta$)を0.917とした。貯蔵せん断弾性率を7.10MPaとした。これらのモデルの音響透過