

周縁支持部に減衰をもつ窓サッシの遮音特性FEM解析 (十字形状の拘束型制振構造を用いたモード制御による低周波数の遮音向上)

山口 誉夫 (群馬大学) 山本 耕三 (東洋建設) 大山 宏 (日本音響エンジニアリング) 天津 成美 (キャテック) 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) 渡辺 茂幸

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

Takao Yamaguchi, Kozo Yamamoto, Hiroshi Ohyama, Narumi Amatsu, Tomoaki Uemura
(Gunma University) (Toyo Construction) (Nihon Onkyo Eng.) (CATEC.) (Konoike Construction)

Chikara Ohishi, Chihiro Kamio, Shinya Hyoudou, Shigeyuki Watanabe
(Arch-Environ. Res. & Eng.) (Gunma University) (Tobishima Corp.)

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「利用技術分科会建築(住宅)における制振材料利用技術WG」では調べている。十字形状の拘束型制振構造を、ガラス面に部分積層することによる遮音性能向上を、FEMとモード歪みエネルギー法を援用して計算した。この拘束型制振構造によりモード損失係数の値が増大し、(1,1)モードが抑制され、低周波数の透過損失が向上する結果が示された。特にガラス板中央部の拘束層の板厚を、重点的に増やすと、低周波数の透過損失が同一の重量で、さらに増加することが示された。

Keywords— 音響透過損失, 振動減衰, 粘弾性材, 窓構造, ガasket, パテ, FEM, モード歪みエネルギー法

1. はじめに

窓サッシの遮音性能に与える周縁支持部の減衰特性の影響を、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、明らかにする研究を実施している^{[2]~[13]}。

2025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asket(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]}、窓の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]。さらに(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]。また、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^{[11]~[13]}。しかし、この構造は、建物の縦面への設置がやや難しい。

本報告では、縦面への設置がしやすい、十字形状の拘束型制振構造を、ガラス面に部分積層することを検討した。これより(1,1)モードの抑制をはかり、低周波数の遮音向上を狙う。

2. 計算モデル

十字形状の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図1の上段と中段に、示す。ガラス板のサイズは1070mm×1075mm、ガラスの厚さは10mm、貯蔵せん断弾性率を73GPa、密度 $2.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 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。z軸は室内側を正としz方向を板の法線方向とした。x方向とy方向をガラス板の面内にとった。取り付け部剛性を考慮するための複素ばね要素を粘弾性支持材と取り付け部の間にx, y, z方向に全周縁部の節点に配置した。その複素ばね定数は $k_{sp} = k(1+j0.1) \times 9.8 [\text{N/mm}]$ とし、kを変化させた^{[10]~[13]}。

十字拘束型制振構造をガラス内側に追加したモデルを図1の下段に示す。幅40mm、厚さ5.16mmの鋼