

気柱配列吸音体による小空間の低音域吸音に関する検討

03-230081 鈴木 徹志

1. はじめに

小空間では低音域で波動モード場が励起されるため、住宅居室では室外から侵入した低周波騒音の増幅が、音楽練習室やスタジオではブーミングなどの音響障害が生じやすく、騒音防止・室内音響の両面から低音域の吸音対策が求められている。しかし、通常多孔質吸音材を用いると相当な厚さを要するため、小空間への設置は難しい。近年、薄型の低音域吸音機構として気柱共鳴型吸音^[1]が検討されているが、小空間設置時の吸音効果はまだ明かではない。

本研究では、一般居室で気柱共鳴型吸音を簡易に実現する方法として、板材・間柱・多孔質材で構成される薄型の気柱配列吸音体（図 1）を提案し、数値解析により小空間における低音域の吸音現象を解明した上で、現場実験により有効性・実用性を検証する。

2. 波動音響数値解析によるケーススタディ

2.1 概要

有限要素法（FEM）を用いた波動音響解析を行い、室平均音圧レベルの変化量から吸音性能を評価する。剛な 6 面で囲まれた幅 3.6 m・奥行 2.7 m・天井高 2.25 m の居室モデルの壁面に吸音体を設置し、床隅の一部が音源として駆動する数値解析モデルを構築した（図 2）。板材（パネル）の背後空気層の仕切り間隔は 45 cm とし、パネル縦寸法・空気層厚さ・多孔質材配置は条件に応じて変化させる。

解析周波数は 50 から 160 Hz の 1/3 オクターブバンドの範囲に含まれる 1/24 オクターブバンド中心周波数とする。各解析周波数で室平均音圧レベルを求めた後、各バンドのエネルギー平均を 1/3 オクターブバンド音圧レベル L とし、吸音体設置前のレベル L_0 からの変化量により吸音性能の評価を行う。

まず多孔質材を充填した条件においてパネル縦寸法 h を 800 mm から 1800 mm まで変化させて比較を行う。さらに、パネル寸法 1800 mm・空気層厚さ 100 mm とし多孔質材の上下端部配置条件と中央配置条件（図 3）を用意し、それぞれ挿入量を 4 段階で変化させて比較する。

2.2 結果と考察

多孔質材を充填する条件（図 4）では、100 から 160 Hz 帯域では寸法が大きくなるほど音圧レベルの低下が見られ、特に空気層 100 mm・パネル寸法 1800 mm のものでは 100 Hz から 160 Hz 帯域で 3 dB 弱の低減が見られた。

多孔質材の配置による比較を図 5 に示す。上下端部配置条件では 50, 63 Hz 帯域で、中央配置条件では 50 から 125 Hz 帯域でそれぞれ充填条件よりも音圧レベルが低下し、特に中央 800 mm 配置条件で最も効果が現れている。

特に効果のあった条件の音圧レベル（単一周波数）を図 6 に示す。いずれも管の共鳴周波数である 80, 160 Hz 以外でも音圧レベルが下がっており、特に部屋固有モードによるピークが抑制されている。特に中央配置条件では、充填条件や上下端部配置条件で抑制されなかったピークを含むほとんどのピークが抑制され、他条件に比べ広範囲かつ高い吸音性能を示している。

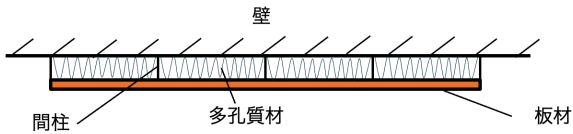


図 1 提案吸音体の断面

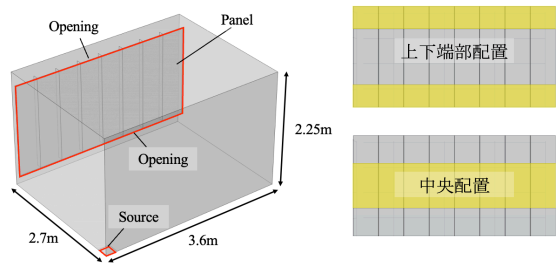


図 2 数値解析モデル

図 3 多孔質材の配置

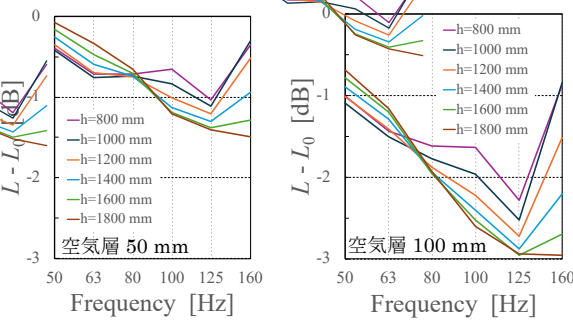


図 4 多孔質材充填条件での音圧レベル変化量

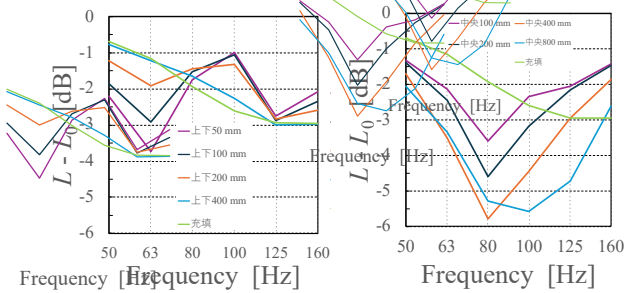


図 5 多孔質材の配置による音圧レベル変化量の比較

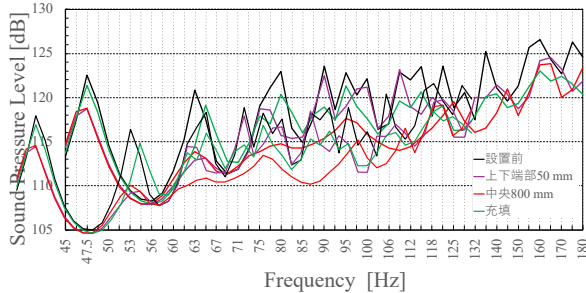


図 6 吸音体設置前後の音圧レベル

3. 現場実験による低音域吸音効果の検証

3.1 実験概要

提案吸音体をマンションの一室に設置し、数値解析で見られた吸音効果を実空間で検証する。

吸音体は図7に示す Wall 1, 2 に設置し、音源2点(S1, S2)・受信点3点(M1 - M3)の6系統でインパルス応答を測定する。測定したインパルス応答から残響時間 T30 (オクターブバンド) 及びエネルギーレベル (1/3 オクターブバンド) を求め、それぞれ6系統での算術平均、エネルギー平均を評価指標とする。また、遮音性能への影響を確認するため、Wall 1 側の隣戸を音源室として室間音圧レベル差の測定も併せて行う。

吸音条件は表1・図8に示す8つを用意し、条件間の比較を行う。なお、Case 1 から6は Wall 1, 2 の両側に設置する条件だが、Case 7, 8 は Case 6 と同条件の吸音体を片側のみに設置する条件である。

3.2 結果と考察

図9に残響時間の測定結果を示す。パネルのみの設置 (Case 2) でも 125, 250 Hz 帯域で設置前 (Case 1) からの減少が見られるほか、GW を充填した条件 (Case 3) では 63 から 500 Hz 帯域で3割程度の減少が見られた。GW を一部に配置する条件 (Case 4 から6) では多くが充填条件に近い結果となったが、63 Hz 帯域では上下配置 (Case 4) で減少が見られなかったほか、125 Hz 帯域では中央 800 mm (Case 6) で他条件より大きい減少が見られた。また両側設置・片側設置 (Case 6 から8) の比較では、63 から 500 Hz 帯域で両側設置 (Case 6) の方が残響時間が短くなった。

図10にエネルギーレベル L の吸音体設置前のレベル L_0 からの変化量を示す。パネルのみの設置 (Case 2) では 125, 250 Hz 帯域でレベル低減が見られ、板振動による吸音が起こっている可能性が考えられる。また、GW を挿入した吸音体の多くで、125 Hz 帯域を中心として吸音体設置によるレベル低減が見られる。特に GW 中央 800 mm 配置 (Case 6) は 125, 250 Hz 帯域で 3 dB 弱低減するなど最もレベル低減量が大きくなっており、数値解析と同様に最も吸音効果の大きい条件となった。

図11に室間音圧レベル差の吸音体設置前からの変化量を示す。パネルのみ設置時 (Case 2) は 125 から 500 Hz 帯域で最大 5 dB の遮音性能低下が見られ、パネルと既存界壁が振動系を形成することにより界壁の透過損失が低下した可能性が考えられる。一方で GW を挿入した場合は Case 5 を除いて低音域の遮音性能は改善し、充填条件 (Case 3) では 63 から 500 Hz 帯域で 2 dB の改善が見られる。遮音等級 D による評価 (表2) では、GW を充填する条件 (Case 3) 等で設置前からの等級上昇が確認された。

4. まとめ

気柱配列と多孔質材を組み合わせた薄型低音域吸音体を提案し、数値解析により小空間における低音域の吸音現象を解明した。また、マンションの一室で現場実験を行い、提案した吸音体の実用性・有効性を検証した。

今後の課題として、部屋の規模・寸法の違いによる吸音性能の差についての検討が考えられる。また、パネルの板振動による吸音性能・遮音性能への影響についても検討する必要がある。

参考文献

[1]小泉他, 気柱共鳴を利用した吸音体に関する基礎的研究, 日本音響学会講演論文集, pp. 1171-1174, 2014.

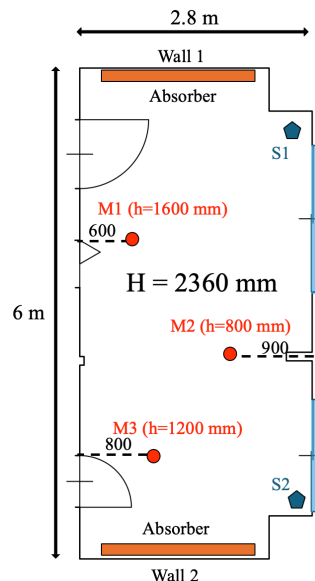


図7 吸音体及び音源・受信点の配置

表1: 吸音条件

Case	条件
1	枠のみ
2	パネルのみ
3	GW 充填
4	上下 200 mm
5	中央 400 mm
6	中央 800 mm
7	中央 800 mm Wall 1 のみ
8	中央 800 mm Wall 2 のみ

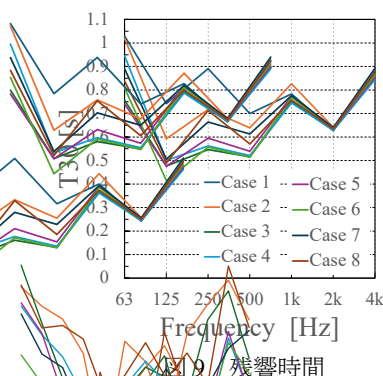


図9 残響時間

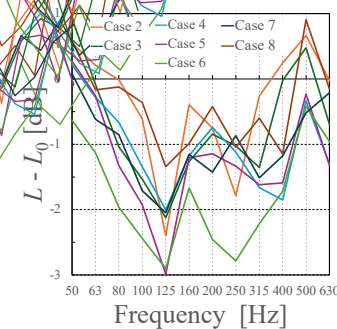


図10 エネルギーレベル変化量

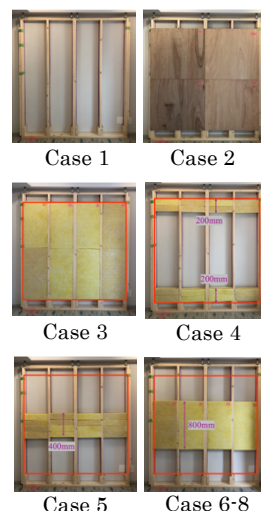


図8 吸音体条件
※赤枠はパネル位置

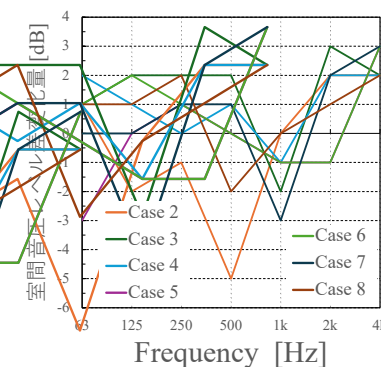


図11 室間音圧レベル差変化量

表2: 遮音等級 D

Case	D 数
1	71
2	70
3	73
4	71
5	72
6	72
7	72
8	73