



プレナム構造のドアへの適用に関する簡易実験（研究紹介「グラフィクスリテシー 教育研究センターの研究紹介」）

阪上, 公博
奥園, 健

(Citation)

神戸大学大学院工学研究科・システム情報学研究科紀要, 12:34-36

(Issue Date)

2020

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81012750>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81012750>



プレナム構造のドアへの適用に関する簡易実験

阪上 公博*・奥園 健

*工学研究科建築学専攻・グラフィクスリテラシー教育研究センター
工学研究科建築学専攻

キーワード： プレナム構造, ドア, 遮音, 自然換気, COVID-19

1. はじめに

プレナム構造は、もともとは空調ダクトなどの管路系の消音器として用いられたものであり、ダクトの上流側を箱状の空洞へ接続し、別の部分から下流側へ空気が流れるように接続する¹⁾。これによって、入口および出口における断面変化と、内部での回折、および箱の内面を吸音処理した場合はこれによる減衰によって、管路系を伝搬する騒音を低減しようとするものである。

このプレナム構造は、主として東南アジアや南欧の蒸暑地域において自然換気の可能な窓構造に応用され、研究されてきた²⁾。典型的なプレナム窓 (Plenum window) の模式図を Fig. 1 に示す。また、自然換気を利用する観点から広く注目され、効果的な形態や利用法も近年検討されている³⁾。これらにおいては、2枚のガラスを有する一種の2重窓であるが、2枚それぞれに大きな開口部を持つユニークな形態によりプレナム構造を実現し、自然換気と遮音を確保しようとするものである。

今般のCOVID-19パンデミックの影響で、飲食店をはじめとして、換気のために入り口を開放している商店等がみられるが、自然換気機能を有するドアがあれば、遮音確保の観点から有利と考えられる。

本稿では、通常は窓に利用されるプレナム構造をドアに適

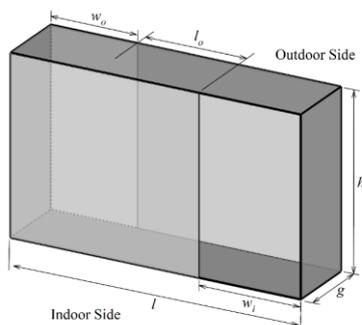


Figure 1: Schematics of a typical plenum window.

用した場合の効果を探るため、モックアップによる簡易な実験を試みた結果を報告した学会講演論文⁴⁾の内容を紹介する。

2. 実験

実際にドアを作成するのは容易ではないため、本研究では、2つのオフィスの間の間仕切りに設置されていたドアを外して開口部を設け、そこに2枚の板をプレナム構造となるように設置して、ドアを模擬する形で実施した。開口部の寸法は



Figure 2: Sketch of the cross-sectional view of the mockup plenum structure used in the experiments.



Figure 3: Outlook of the mockup plenum structure set in an opening in the partition between the offices used for the experiments.

幅800mm, 高さ2030mm, 間仕切りの厚みは61mmであり, これ
が空気層厚となる。

上記の開口に, Fig. 2のように2枚の亚克力板(厚さ5mm)
を, プレナム構造を構成するように, 間仕切りの両側に貼り
付けて設置した。なお, 工作上的都合から亚克力板の表面
の保護シートは残したまま使用している。測定は, 音源側室
内でピンクノイズを発生し, 両室各々5点にて1/3オクターブ
バンドレベルを測定した。測定には, フィルタ内蔵のClass 1
サウンドレベルメータを2台使用し, 同時に測定し結果を直
接読み取った。なお, 両室ともに通常の使用状態(家具等が
ある状態)で測定した。

また, 内部の空洞部の吸音の効果を検討するため, 厚さ3.5
mmおよび7mmの2種類のPET不織布を貼り付けた場合につい
ても測定した。

測定については, JIS A 1417の室間音圧レベル差の測定方
法を参考として, 2室(音源側および受音側)それぞれの音
圧レベル(5点で測定し平均)を取り, 室間レベル差を求め
た。開口そのものによる影響もあるため, 何も設置しない状
態の室間レベル差をまず測定し, 以下の各ケースの室間レベ
ル差の測定値から減じた挿入損失(IL)を求め評価した。

なお, 実験は以下の4ケースで行った。

- A: 開口幅150mm, 内部吸音材なし,
- B: 開口幅150mm, 内部吸音材厚さ3.5mm,
- C: 開口幅150mm, 内部吸音材厚さ7mm,
- D: 開口幅250mm, 内部吸音材なし。

なお, B, C では吸音材の分だけ空洞部厚さが減っている。
すなわち, 2枚の板の内側面間が61 mmであり, その両内面に
B では3.5 mm厚, C では7 mmの吸音層(不織布)を貼付す
るため, 空洞部の断面構成は, B では吸音層3.5 mm+空気層
54 mm+吸音層3.5 mm, C では吸音層7 mm+空気層47 mm+吸
音層7 mmとなっている。

吸音材として使用したPET不織布(厚さ3.5及び7mmの2種)
の垂直入射吸音率をFig. 4に示す。100mm角音響管での測定
のため1600Hzまでを示すため全体に低い吸音率を示している
が, さらに高域では若干上昇していると推測される。

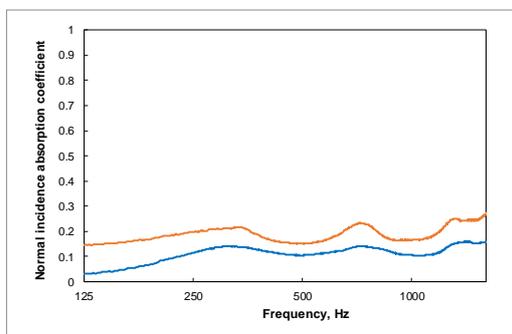


Figure 4: Normal incidence absorption coefficient of the
PET non-woven used in the experiment. Blue: 3.5 mm,
Orange: 7 mm thick. Measured in an impedance tube of 100
mm side square.

3. 実験結果と考察

測定結果を, Fig. 5にまとめて示す。一般にプレナム構
造の場合は入口と出口それぞれの音圧の差をとって,
Transmission Loss (dB)として評価することが多いが, 今回
の実験に関しては, いずれも上記に定義した挿入損失 IL
(プレナム構造がなく, 間仕切り開口部を開放した状態に
おける室間レベル差が0dBとなる)で示す。なお, 両者と
も, 相互に対応する値である。

今回使用した亚克力板 1枚当たりの単体での透過損
失は, 質量則によれば1 kHzで約30dBである。測定結果
は, それには及ばないものの, いずれのケースにおいても
低域で5~10 dB, 高域では20dB以上に及ぶ場合もあり,
一般的には遮音上不利となるはずの大きな開口部を持つ
わりには, 一定の遮音性能を有することがみられ, ある程
度の実用的な遮音構造として利用できる可能性がみられ
る。

プレナムの開口の大きさについては, ケース A (150 mm)
と D (250 mm) を比較した場合, 低域では逆転する部分も
あり, 一概にどちらの IL が高いとは言えないが, 高域で
は開口の小さい A が概ね高い IL を示す。

上述のように, 低域での逆転や大きな変動に加えて, 高
域でも逆転して D が A より IL が高くなる部分もあるが,
これらについては, 室内の音圧分布などの影響も考えられ
るものの, 明確な原因は特定できなかった。

また, いずれの場合においても, 多くの周波数で
Cummings の式⁹⁾による予測値を超えることを確認した。
吸音材を使用しない A, D 両ケースでも一部で予測値より
顕著に高い値が見られた点が特徴的であった。

さらに, 吸音材を内張りしたケース (B, C) では, Fig. 4
の不織布の吸音率を0.1 (3.5 mm 厚) 及び0.2 (7 mm 厚) で
各々一定とすると, Cummings の式では IL は各々5.6 dB 及
び6.9 dB となることから, 実測値は低域では理論値に比較
的に近いが, 高域では著しく高くなっている。

Cummings の式は, 陽な形で周波数に依存する項を含ん
でおらず, 予測値は使用する吸音材料の周波数依存性を反
映した特性となる。したがって, 上述の高域での遮音性能
の上昇は, 使用した不織布の吸音率が, Fig. 4 の測定範囲
よりも高域で, さらに上昇し, 高くなっていることが原因
であろうと推測される。

3. おわりに

自然換気への志向から, 近年広く注目されつつあるプレ
ナム窓 (Plenum window) に採用されるプレナム構造の,
ドアに対する適用可能性を検討するため, プレナム構造の
モックアップによる簡易実験を試みた。

その結果, プレナム開口部が大きい場合においても, 予
想以上に高い遮音性能が得られた。

今後の課題としては, ドアにプレナム構造を適用した場
合は, 窓の場合と異なり形態・形状の関係で, 従来の予測
理論の適用範囲を一部超えるため, さらに詳細な理論的・
実験的研究が必要である。また, 内部に使用する吸音材料
についても, ドアの厚さの制限を考えると, 薄手で十分な

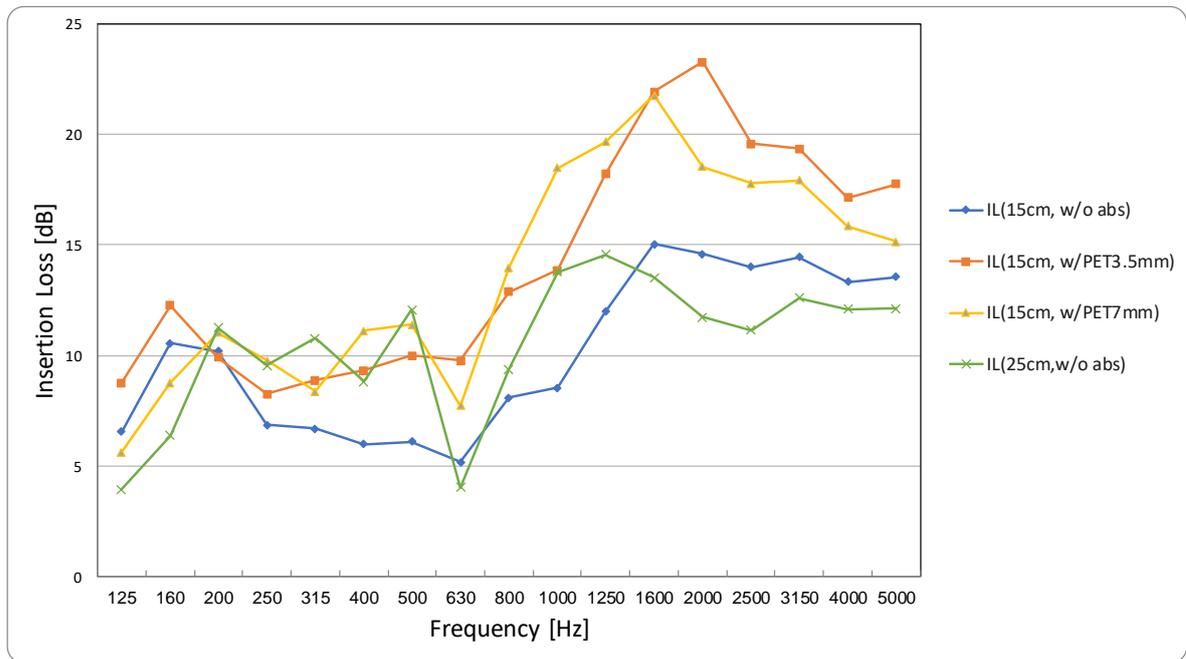


Figure 5: Measured results of the insertion losses of the mock-up plenum structures. Blue: Case A, Orange: Case B, Yellow: Case C, and Green; Case D.

吸音性能を示すものを選ぶなど、検討の余地がある。

これら音響面での検討に加えて、換気性能の詳細な検討も要するが、COVID-19 流行の現状からみても、また一般的に自然換気を促すという環境面から考えても、プレナム構造のドアへの採用は、ある程度実用に供しうる可能性を持つ自然換気可能な遮音構造として、検討に値すると思われる。

草鹿みどり, 向江俊一, ドアに対するプレナム構造の適用に関する簡易実験, 日本音響学会講演論文集 2-5-3 (2021.03)

- Cummings, A. The attenuation of lined plenum chambers in ducts: I. Theoretical models. *J Sound Vib.*, 61, 347-373 (1978)

謝辞

本研究にご協力いただいた、神戸大学工学研究科建築学専攻・環境音響学研究室の各位にお礼申し上げます。

References

- 前川純一, 森本政之, 阪上公博, 建築・環境音響学 (第3版), 共立出版, 東京 (2011)
- Tang, S-K., A review on natural ventilation-enabling façade noise control devices for congested high-rise cities, *Appl. Sci.* 7, 175 (2017)
- Simone Torresin, Rossano Albatici, Francesco Aletta, Francesco Babich, Tin Oberman and Jian Kang., Acoustic design criteria in naturally ventilated residential buildings: new research perspectives by applying the indoor soundscape approach, *Appl. Sci.* 9, 5401 (2019)
- 阪上公博, 奥園健, 村田遥, 田丸加奈子, 坪倉正佳,