

論文

立体構造織物の吸音特性

佐見津雅隆* 加藤光吉* 今井 孝**

Sound absorption coefficient of three dimensional fabric

Masataka SAMITSU, Kokichi KATO and Takashi IMAI

Abstract Three dimensional fabric with a cross section structure similar to corrugated fiberboard was developed. The relation between the structure of this fabric, type of thread, thickness of the fabric, mass per unit area, permeability and back air space and sound absorption coefficient was investigated. As a result, the size of the back air space greatly influenced the frequency characteristics of the absorption coefficient. Also, the permeability of the fabric influenced the absorption coefficient, when there was back air space, and the permeability and thickness of the fabric influenced the absorption coefficient, when there was no back air space. In order to increase the absorption coefficient of this fabric further, these are effective when the permeability is 30cm/s or less and the thickness on the fabric is increased.

Keywords Three dimensional fabric, Air permeability, Sound absorption coefficient, Reverberation room, Sound absorbing material, Normal incident, Back air space

1. はじめに

建物内において快適な音環境を実現するために吸音材料が用いられている。吸音材料は室内の残響時間の抑制や騒音の低減に有効である。従来の吸音材料は鉱物繊維が多く用いられてきたが、破損しやすく、飛散すると人の健康に影響があるものとみなされている。このため、肌触りがよく人にやさしい吸音材料が求められている。

最近、天然および合成繊維を主原料とした立体構造織物が開発された。¹⁻⁴⁾ これまでの調査では保温性、通気性、透湿性および弾力性など室内インテリア用材料として優れた性質のあることが確認されている。この織物は内部に厚い空気層があり、吸音材料への利用が期待できる。このため、良好な吸音特性をもった立体構造織物の条件について明らかにし、室内装用吸音材料として用途の拡大を図ることを目的とする。

2. 実験方法

2.1 立体構造織物

立体構造織物は多層の織物で構成され、その断面は図1に示す構造をしている。その表面層と裏面層のたて糸には収縮糸を、芯層のたて糸には非収縮糸を用い、製織後に表面層と裏面層のたて糸を収縮させ、芯層のたて糸を立ち上げたものである。

2.2 実験内容

立体構造織物の断面構造、糸の種類、厚さ、面密度(目付)および通気性と垂直入射吸音率の関係について実験した。このなかで厚さ、面密度および通気性と垂直入射吸音率の関係は、相関係数を用いて評価した。次に、立体構造織物の残響室法吸音率を測定した。また、この織物をカーテンおよびカーペットとして用いることを想定し、市販のカーテンおよびカーペットの残響室法吸音率と比較した。さらに、立体構造織物を室内に敷設したときの騒音の低減効果について実験した。

2.3 実験試料

垂直入射吸音率の測定は、表1の項目を任意に組み合

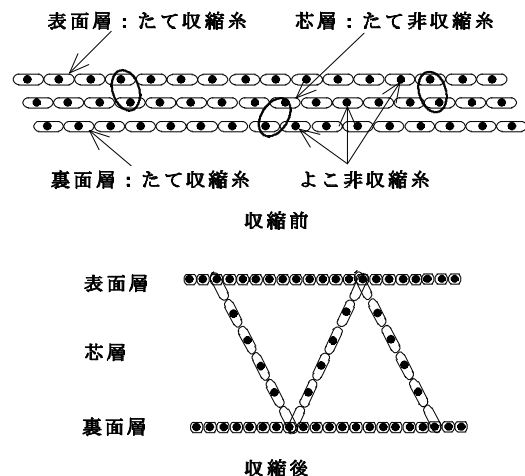


図1 立体構造織物の断面構造

* 計測応用技術グループ

** 計測応用技術グループ(現東京都下水道サービス株)

わせた18試料を用い、残響室法吸音率の測定は表2の6試料を用いた。試料番号6は折りたたみ可能な立体構造カーテンであり、その折りたたみ幅は18cmとした。なお、表1に示した断面構造の種類は図2に示す。これらの立体構造織物は都立繊維工業試験場が試作した。

2.4 吸音率および通気性の測定方法

吸音率の測定は、管内法による建築材料の垂直入射吸音率測定方法(JIS A 1405-1994)および残響室法吸音率の測定方法(JIS A 1409-1977)を準用した。各試料を代表する吸音率は、125Hz ~ 4kHzの計16周波数による平均垂直入射吸音率を用いた。通気性の測定は一般織物の試験方法(JIS L 1096-1990)のA法(フラジール形法)を準用した。

3. 実験結果および考察

3.1 断面構造と平均垂直入射吸音率

立体構造織物の断面構造と平均垂直入射吸音率の関係を図3に示す。背後空気層が0mmのときは、断面構造による平均垂直入射吸音率の差はほとんどない。背後空気層50mmのときは、5層構造より3層構造の方がやや大きい平均垂直入射吸音率となった。

3.2 糸の種類と平均垂直入射吸音率

立体構造織物に用いた糸の種類と平均垂直入射吸音率の関係を図4に示す。糸の種類が平均垂直入射吸音率に及ぼす影響は小さいものと考えられる。ただし、ポリエ

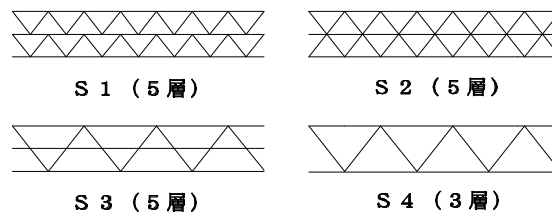


図2 断面構造の種類

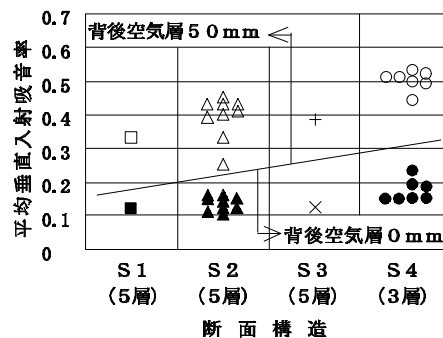


図3 断面構造と平均垂直入射吸音率

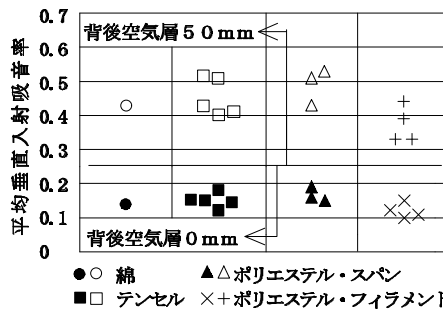


図4 糸の種類と平均垂直入射吸音率

表1 垂直入射吸音率の測定試料

項目	種類
断面構造 (組織構造)	S1(5層), S2(5層), S3(5層), S4(3層)
糸の種類	綿 テンセル ポリエステル・スパン ポリエステル・フィラメント
厚さ(無荷重)	10.1 ~ 17.3mm
面密度	1.03 ~ 1.50kg/m ²
通気性	33 ~ 135cm/s

表2 残響室法吸音率の測定試料

試料番号	断面構造 (組織構造)	厚さ (mm)	面密度 (kg/m ²)	通気性 (cm/s)
1	S2(5層)	10.5	1.28	54
2	S2(5層)	15.4	1.31	68
3	S2(5層)	14.1	1.03	135
4	S4(3層)	11.3	1.22	40
5	S4(3層)	17.3	1.33	39
6	S4(3層)	11.5	1.24	40

備考: 試料番号6は立体構造カーテン

ステル・スパンはポリエステル・フィラメントよりやや大きい平均垂直入射吸音率となった。

3.3 厚さと平均垂直入射吸音率

立体構造織物の厚さと平均垂直入射吸音率の関係を図5に示す。厚さが平均垂直入射吸音率に及ぼす影響は、背後空気層0mmのとき見られるものの、背後空気層50mmのときほとんど見られない。厚さと平均垂直入射吸音率の関係については、この項だけで判断できないため3.6項で再度考察する。

3.4 面密度と平均垂直入射吸音率

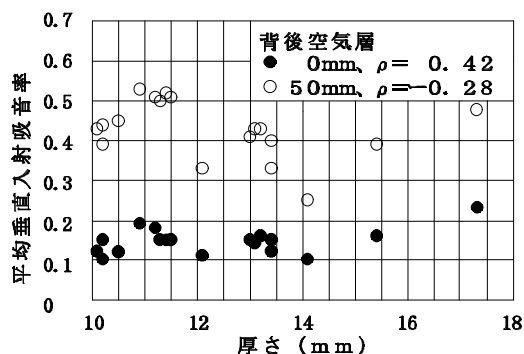


図5 厚さと平均垂直入射吸音率

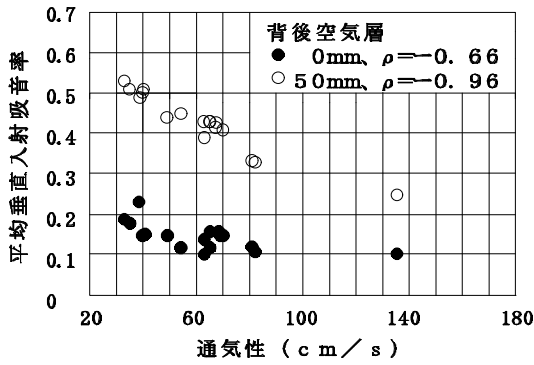


図6 通気性と平均垂直入射吸音率

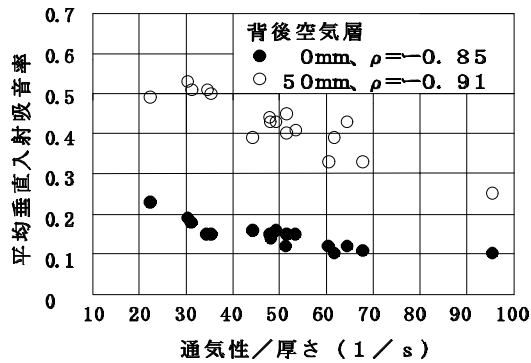


図7 通気性および厚さと平均垂直入射吸音率

立体構造織物の面密度と平均垂直入射吸音率の相関係数は、背後空気層が0mmのときに0.12、背後空気層が50mmのときに0.25である。面密度が平均垂直入射吸音率に及ぼす影響は小さいものと推定する。

3.5 通気性と平均垂直入射吸音率

立体構造織物の通気性と平均垂直入射吸音率の関係を図6に示す。通気性が平均垂直入射吸音率に及ぼす影響は大きいことがわかった。特に、背後空気層が50mmのときは0mmのときより影響が大きい。同図から、限度はあると思われるが、通気性を30cm/s以下にすれば、さらに大きい平均垂直入射吸音率が得られるものと推定できる。

3.6 通気性および厚さと平均垂直入射吸音率

3.3項で考察した厚さと平均垂直入射吸音率の関係について、ここで再度考察する。立体構造織物の通気性をその厚さで除した値と平均垂直入射吸音率の関係を図7に示す。図7における背後空気層0mmの相関係数の絶対値は、図6における背後空気層0mmの相関係数の絶対値より大きい値になった。したがって、背後空気層0mmの平均垂直入射吸音率は通気性に逆比例し、厚さに比例することが推定できる。なお、背後空気層50mmのときの厚さによる影響はほとんどないものと推定される。

3.7 立体構造織物の残響室法吸音率

背後空気層を0mmとしたときの立体構造織物の残響室法吸音率を図8に示す。残響室法吸音率は全試料とも低音域で小さく、周波数の増加に伴って大きくなり、一

般の多孔質吸音材料と似た特性を示した。このなかで、最小の通気性と最大の厚さのある試料番号5は、最も大きな残響室法吸音率を示した。

試料番号5の立体構造織物に背後空気層を設け、これを変化させたときの残響室法吸音率を図9に示す。背後空気層を設けると中・低音域で増加し、背後空気層を大きくすると吸音率の山は低音域へ移動する。背後空気層の厚さdおよび音速をcとすれば、吸音率が山を示す周波数fは、 $f = c / (4d)$ の式が適用できる。対象とする騒音の周波数特性に対応した背後空気層が設定できれば、効率よく騒音を制御することができる。

3.8 立体構造カーテンの残響室法吸音率

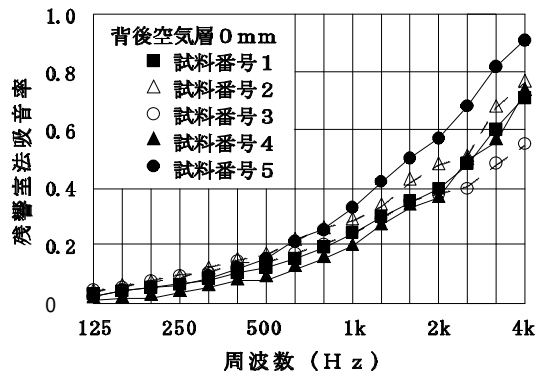


図8 立体構造織物の残響室法吸音率

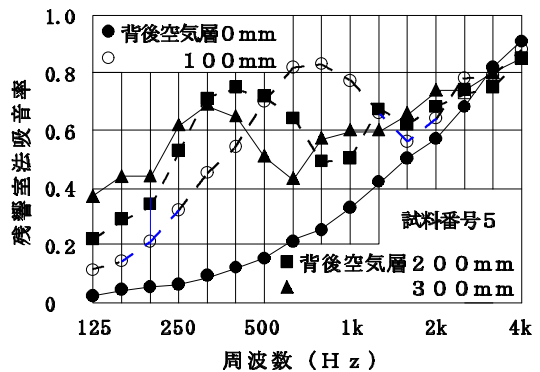


図9 立体構造織物の背後空気層を変化したときの残響室法吸音率

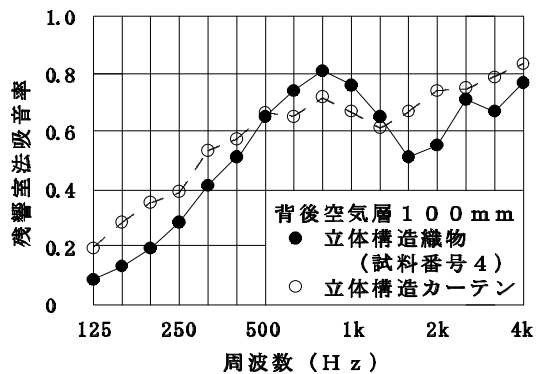


図10 立体構造カーテンと立体構造織物の残響室法吸音率

立体構造カーテンを壁側に吊り下げたときの残響室法吸音率と、厚さおよび通気性が立体構造カーテンに最も近い立体構造織物(試料番号4)の残響室法吸音率を比較した。立体構造カーテンは2倍ヒダ仕立とし、折りたたみ幅18cmの中間位置の背後空気層を100mmとした。なお、立体構造織物の背後空気層は100mm一定である。その結果を図10に示す。立体構造カーテンの残響室法吸音率は立体構造織物と比較して中音域の山が小さく、低音域および高音域で大きい値になった。その理由として、立体構造カーテンはヒダを設けたため背後空気層が一定していないこと、および、ヒダを設けたことにより立体構造カーテンの試料面積は立体構造織物の2倍になったことが原因と思われる。

3.9 立体構造カーテンと市販カーテンの残響室法吸音率

立体構造カーテンと市販カーテン3種類の残響室法吸音率を比較した。市販カーテンの面密度は厚手カーテンが0.32kg/m²、普通カーテン0.17kg/m²およびレースカーテン0.058kg/m²である。各カーテンのヒダは2倍仕立、背後空気層は100mmとした。その結果を図11に示す。立体構造カーテンの残響室法吸音率は市販カーテンと比較して低音域および高音域で大きい値になった。

3.10 立体構造織物と市販カーペットの残響室法吸音率

市販カーペットと、その厚さが最も近い立体構造織物

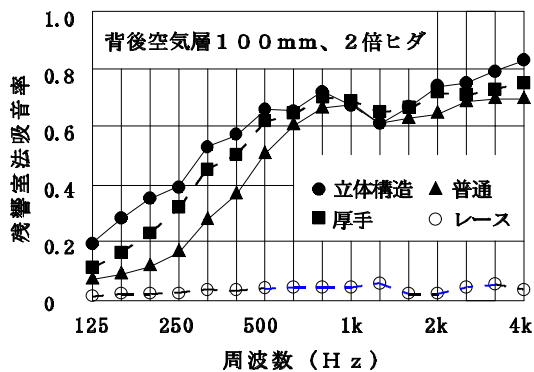


図11 各種カーテンの残響室法吸音率

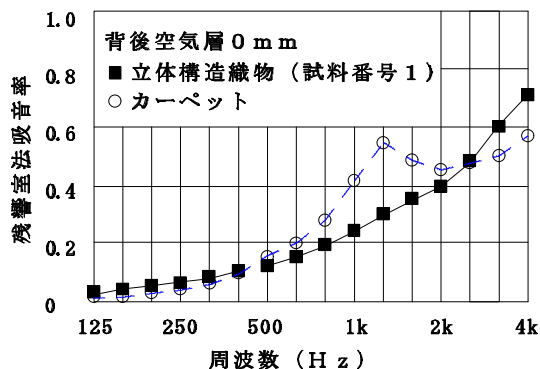


図12 立体構造織物とカーペットの残響室法吸音率

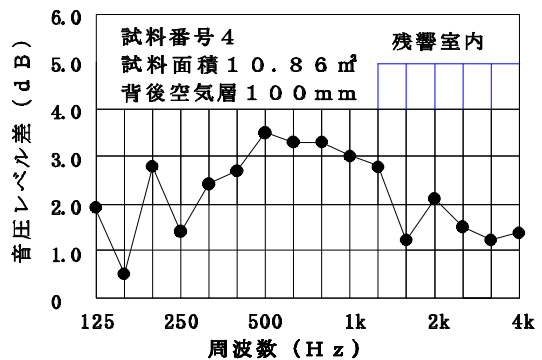


図13 立体構造織物を残響室内に敷設したときの音圧レベル減衰量

(試料番号1)の残響室法吸音率を比較した。カーペットはタフテッドタイプでパイル長は9mmである。その結果を図12に示す。低音域の残響室法吸音率はほぼ同じ値であるが、高音域では周波数によって差が生じた。

3.11 立体構造織物による音圧レベル低減量

室内表面積353m²の残響室床面に背後空気層100mm設け、面積10.86m²の立体構造織物(試料番号4)を敷設したとき、しなかったときのバンド音圧レベル差を測定した。その結果を図13に示す。周波数125Hz ~ 4000 Hz間の平均音圧レベルの低減量は2.2dBとなった。

4. おわりに

立体構造織物の吸音率をさらに大きくするためには、通気性を30cm/s以下にすることが必要である。さらに、背後空気層を設けないときは織物の厚さを大きくし、背後空気層を設けるときは騒音の周波数特性を考慮して背後空気層の大きさを設定すればよいことがわかった。

立体構造織物は良好な吸音特性をもっており、建物内の残響時間の抑制や騒音低減のための内装用吸音材料として利用できることがわかった。一般に、吸音材料を用いたときの音響効果は材料の使用面積に比例するため、大きな面積が確保しやすいカーテン、カーペットあるいは吊り下げ吸音体などへの利用が期待できる。

参考文献

- 1) 釘持薫, 樋口明久, 飯田健一, 中山恵美子, 番場ろく, 鈴木慎一, 遠藤暁, 大泉幸乃, 山口美佐子:東京都立繊維工業試験場研究報告書,第41号,6-13(1994).
- 2) 吉野学, 樋口明久, 飯田健一:東京都立繊維工業試験場研究報告書,第42号,74(1994).
- 3) 片桐正博, 吉野学, 樋口明久:東京都立繊維工業試験場研究報告書,第43号,14-18(1995).
- 4) 片桐正博, 吉野学, 河原豊:東京都立繊維工業試験場研究報告書,第46号,6-9(1998).

(原稿受付 平成11年8月9日)