

部材とその構成による実務的吸音率の検討



土屋 裕造*

小林 正明*

概 要

内装部材の吸音率は、室の残響時間・遮音などの予測計算に必要で、対象室の室内表面積における割合が大きい部材の吸音率を正確に把握する必要がある。一般的な部材の吸音率データは文献などに記載されているものの、構成・配置によっては吸音率が変化し、定量的には不明な部分が多い。本報は、実務的吸音率を導くための種々の実験と検討を行ったので、今後の参考資料としてまとめて報告する。

1. 畳の吸音率の検討

床を畳敷きとする室は、生涯学習施設や宗教施設の集会室・講堂など多くみられるが、談話や講話が主な使用目的となるため、残響時間の予測計算を含めた音響計画が必要であるが、畳の吸音率の文献データは少ない。本研究所では、現場の支援業務から代表的な畳について吸音率を測定する機会を得たので、畳吸音率データの一例として示す。

2. 吸音材の配置による面積効果

吸音材料を建築の内装材として設置する場合、室の用途によっては吸音面と反射面を様々に組み合わせて残響調整を行うことも多いが、その組み合わせによって吸音率がどのように変化するかは残響設計上重要である。本研究所では、吸音面と反射面の組み合わせによる吸音率の変化に関する実験を行い、定量的な予測が可能であることを示した。

Examination of Practical Sound Absorption Coefficient by Material and the Composition

Yuzo TSUCHIYA*
Masaaki KOBAYASHI*

The sound absorption of the interior material is necessary for the forecast calculations of the reverberation time and the sound interception, etc., and we should accurately understand the sound absorption of the material that in the indoor surface area of the object room is large. The sound absorption changes according to the composition and arrangement, and there are quantitatively a lot of uncertain parts though the sound absorption data of a general material has been described to the document etc. We report various experiments and the examinations to lead practical sound absorption, collectively as a reference.

1. Examination of sound absorption of Tatami mat

2. Area effect by arrangement of sound absorption material

* 技術研究所

* Technical Research Institute

部材とその構成による実務的吸音率の検討

土屋 裕造*
小林 正明*

1. はじめに

内装部材の吸音率は、室の残響時間・遮音などの予測計算に必要で、対象室の室内表面積における割合が大きい部材の吸音率を正確に把握する必要がある。一般的な部材の吸音率データは文献などに記載されているものの、構成・配置によっては吸音率が変化し、定量的には不明な部分が多い。本報は、実務的吸音率を導くための種々の実験と検討を行ったので、今後の参考資料としてまとめて報告する。

2. 畳の吸音率の検討

2.1 目的

生涯学習施設や宗教施設の集会室・講堂などにおいては、床を畳敷きとすることがある。このような室では談話や講話が主な使用目的となるため、音声の明瞭性が特に重視される。また、競技エリアに畳が敷かれる柔道場のようなスポーツ施設でも、審判の声の明瞭な聴き取り、掛け声、および喚声などを考慮した適切な残響設計が必要である。

以上のことから、畳の吸音特性を精度よく把握することが重要となるが、残響計算などに用いる畳の吸音データは現段階では必ずしも充分とは言えず、断面仕様との関係なども含め、データの蓄積が必要と考えられる。

そこで、本報では、畳の断面仕様などに留意して実測した残響室法吸音率の結果をまとめ、畳を使用する室の音響設計資料のひとつとする。

2.2 畳の種類

一般的な畳の断面は畳表（たたみおもて）と畳床（たたみどこ）に大別される。IASでは、畳表を「いぐさ」で作る本畳とそれ以外の化学畳に分類している。また、畳床は「稲わら」を原料として製造される畳床（JIS A 5901）、インシュレーションボードとポリスチレンフォームで構成される建材畳床（JIS A 5914）に分類されている。なお、建材畳床はインシュレーションボードのみを積層したもの（Ⅰ型）、インシュレーションボードとポリスチレンフォームを積層したもの（Ⅱ型）、並びにポリスチレンフォームを中心に上と下をインシュレーションボードで3層にしたもの（Ⅲ型）に大きく分類される。表2.1に建材畳床の材料および構造による

区分を示す。最近では化学畳と建材畳床Ⅱ型の組み合わせを用いることが多い。この他、特殊な仕様として、通称「柔道畳」などがある。

表2.1 材料および構造による区分

インシュレーションボード畳床	
Ⅰ型:	インシュレーションボードを主材料として構成されているもの
Ⅱ型:	インシュレーションボードおよびポリスチレンフォームを板を主材料として2層に構成されているもの
Ⅲ型:	インシュレーションボードおよびポリスチレンフォームを板を主材料として3層に構成されているもの
ポリスチレンフォーム畳床	
K型:	ポリスチレンフォーム板を主材料として構成されているもので、裏面に框(かまち)補強材をもつもの
N型:	ポリスチレンフォーム板を主材料として構成されているもので、裏面に框(かまち)補強材がないもの

2.3 測定概要

1) 測定対象

測定対象とした畳の断面仕様を図2.1に示す。畳床は(A)建材畳床Ⅱ型、(B)同Ⅲ型および(C)柔道畳の3種類である。畳表は3種類とも化学畳である。下地条件は、畳をコンクリート素面に直置きした場合および図2.2に示す厚さ約100mmの下地材料の上に敷いた場合の2通りである。なお、畳(B)では人着座の条件でも測定した。

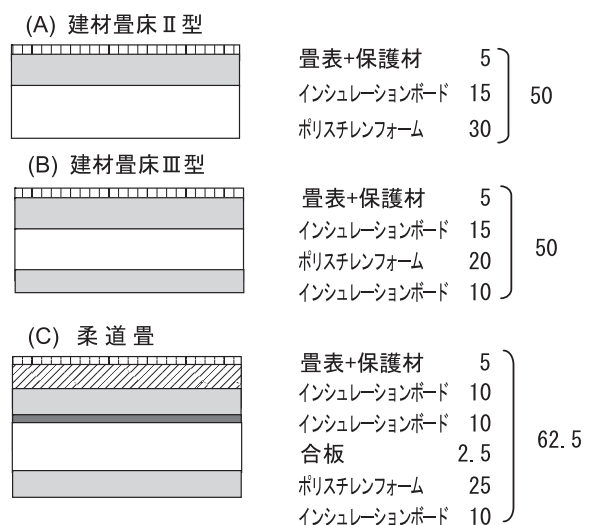


図2.1 測定対象畳の断面仕様

* 技術研究所

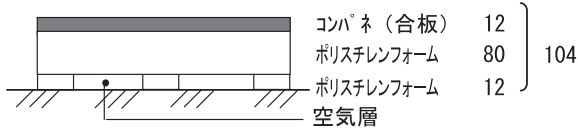


図 2.2 下地材料の断面仕様

2) 測定方法

図 2.3 に測定ブロックダイアグラムを示す。測定は JIS A 1409(1998)「残響室法吸音率の測定方法」に準拠し、当社技術研究所第2残響室1)で行った。測定周波数は100Hzから5kHzまでの1/3オクターブバンド毎とした。

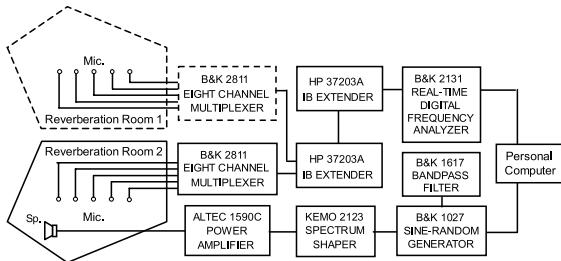


図 2.3 測定ブロックダイアグラム (実線部)

2.4 測定結果

1) 畳床の違いによる比較

図 2.4 に3種類の畳をコンクリート素面に直置きした場合の結果を示す。これより、建材畳床である畳(A)と畳(B)の吸音特性が同様の傾向を示すことがわかる。すなわち、ピークが1箇所あられ、それより低い周波数帯域では吸音率が徐々に減少し、高い帯域では0.3~0.4程度でほぼ平坦となる。吸音率のピーク値は両者とも0.6程度であるが、ピークを示す周波数は畳(A)が500Hzであるのに対し、畳(B)はそれよりも低い250Hz付近である。一方、畳(C)では吸音率がピークとなる周波数帯域が250Hzと1kHz付近の2箇所にあられる。また、全体的に畳(A)、畳(B)と比較して吸音率が小さい。

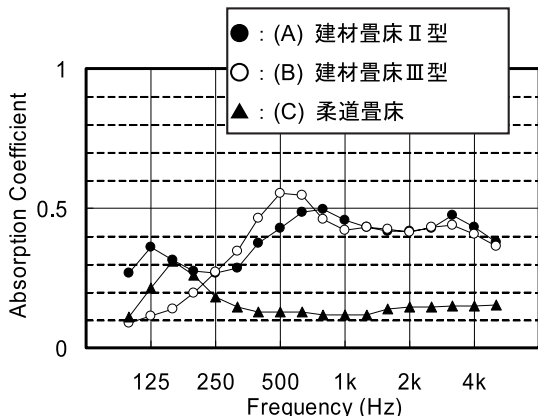


図 2.4 畳の吸音率 (コンクリート素面直置きの場合)

2) 設置状況による比較

3種類の畳について、直置きの場合と下地を敷いた場合の吸音率を図 2.5~図 2.7 にそれぞれ示す。なお、各図にはコンクリート素面に下地材料のみを敷いた場合の吸音率を併せて示した。

図 2.5 より、畳(A)の下地を敷いた場合の吸音率は、直置きの場合に生じた500Hz付近のピークがあらわれず、125Hz付近では直置きに比べ0.2~0.3程度上昇している。ここで、同図中の▲で示した下地材料の吸音特性をみると、125Hz付近でピークを持ち、他の周波数帯域では0.1程度でほぼ一定となる。これは板振動型に近い吸音特性である。下地を敷いた場合の畳(A)の吸音特性に125Hzでピークがあらわれたことは、この下地材料の吸音特性が寄与したものと考えられる。また、1kHz以上の帯域では、同図中の○と●がほぼ一致し、下地材料の影響はほとんどみられない。

同様の傾向は、図 2.6 と図 2.7 より、畳(B)と畳(C)の場合にもみられる。すなわち、下地材料を敷いた条件での吸音率は、畳を直置きした場合に見られた250Hz当たりのピークはあらわれないが、それよりも低い周波数帯域で0.2~0.3程度上昇し、125Hz付近にピークが生じている。また、500Hz以上では下地材料の有無による差はほとんどみられない。

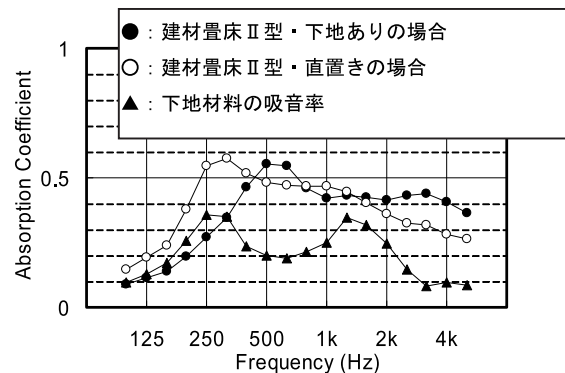


図 2.5 建材畳床II型(A)の吸音率

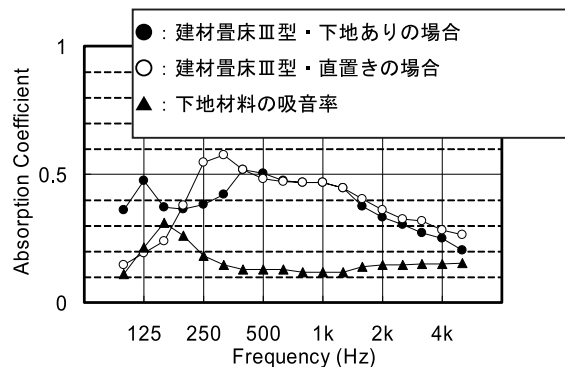


図 2.6 建材畳床III型(B)の吸音率

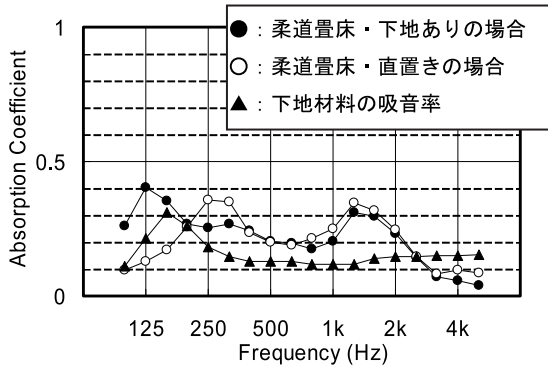


図 2.7 柔道畳 (C) の吸音率

図 2.8, 図 2.9 に示すように、板状吸音構造の吸音特性の傾向^{2) 3)} は背後空気層が大きいほど共鳴周波数が低い方に移動し、低音領域の吸音特性は大きくなり、背後に多孔質吸音材料を充填すると吸音性能が大きくなる³⁾ことが知られている。しかし、本実験では板状吸音構造の表面側に畳を敷いた場合、畳の吸音特性に板状吸音構造の吸音特性が付加された結果となった。

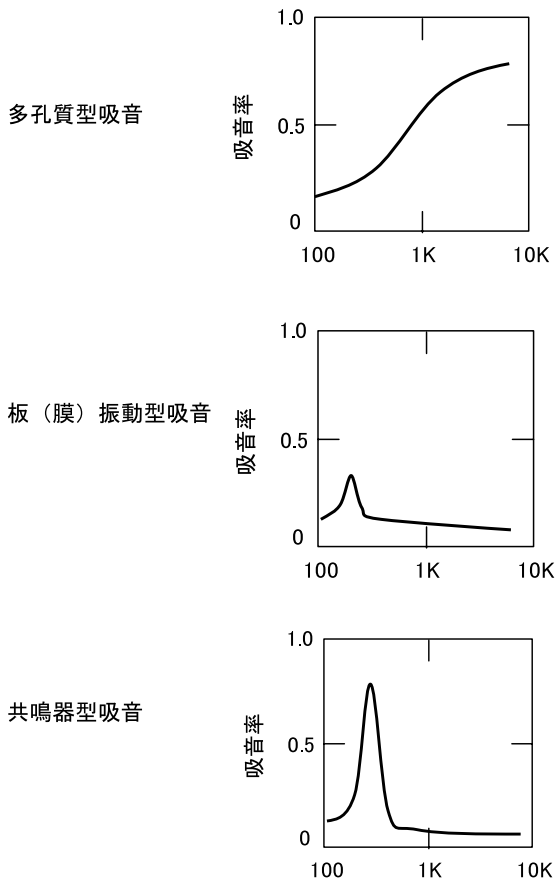


図 2.8 吸音機構と吸音特性

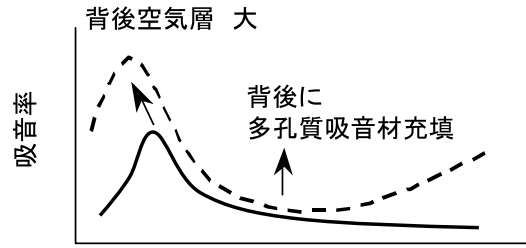


図 2.9 板状吸音構造の吸音特性の傾向

図 2.9 板状吸音構造の吸音特性の傾向

3) 人の有無による比較

集会室や講堂などでは実用状態で人が着座する。そこで、建材畳床Ⅲ型について、着座した条件も測定した。測定は下地材料を敷いた場合のみで行い、着座人数を 30 名/8 畳と 16 名/8 畳とし、試験体の周囲に高さ 900mm のウェルを設置した。その結果を吸音率に換算して図 2.10 に示す。これより、125Hz 以上の帯域で人の有無による差が明らかであり、また、250Hz 以上の帯域では着座人数による吸音率の差が 0.1 程度生じている。

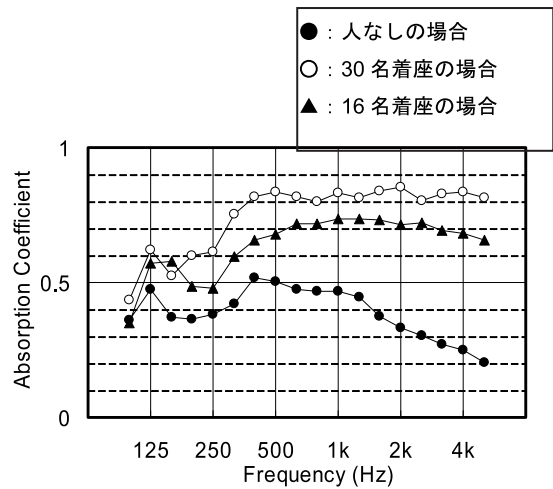


図 2.10 人の有無による吸音率 (建材畳床Ⅲ型 (B)・下地あり)

2.5 まとめ

3 種類の畳について、直置きの場合と下地を敷いた場合、並びに人が着座した場合の吸音率を測定・比較した。その結果、畳床の断面仕様の違いにより吸音特性にかなりの差があること、下地の影響が低音域に生じることが実験的に把握できた。

3. 吸音材の配置による面積効果

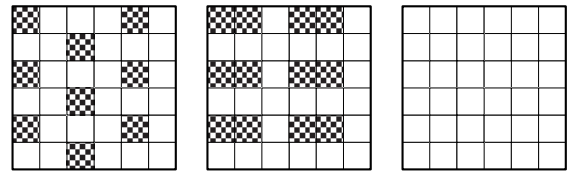
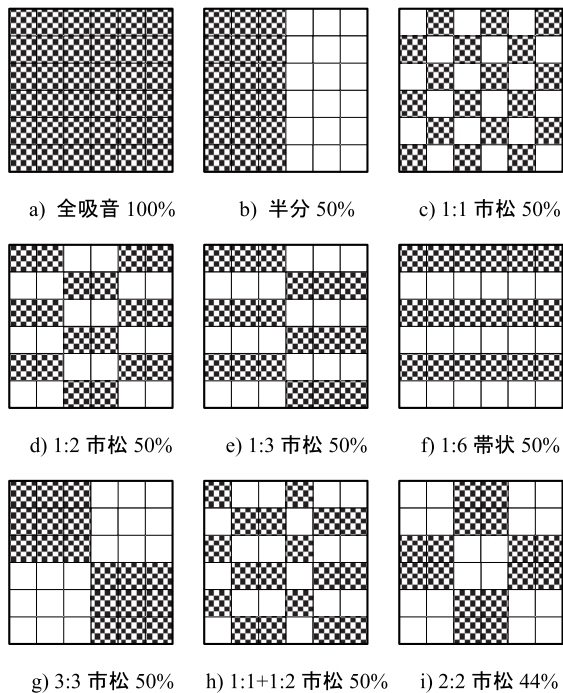
3.1 目的

吸音材を建築の内装材として設置する場合、室の用途によっては吸音面と反射面を様々な組み合わせで残響調整を行うことも多い。吸音材は、面積効果によって面積が小さくなるほど残響室法吸音率が大きな値を示すことはよく知られており⁴⁾、数値解析^{5)~7)}によっても検証がなされてきた。一方、建築の内装には意匠的制約もあり、吸音面と反射面の様々な組み合わせが行われる場合、その組み合わせによって吸音率がどのように変化するかは残響設計上重要であり、実験的な研究例もある⁷⁾。筆者等は、文献6)の面積効果算定図表をもとに、吸音面と反射面の組み合わせによる吸音率の変化に関する実験を行った。

3.2 測定概要

吸音材はポリエステル繊維不織布⁸⁾ 32kg/m³、反射材は成型合板を使用した。大きさは吸音材・反射材共に600mm×600mm、厚50mmとし、それらを3.6m×3.6mの木枠の中に様々な組み合わせで設置した。実験は、前2.項同様、当社技術研究所残響室¹⁾で、図2.3で示す測定ブロックダイヤグラムにより、JIS A 1409「残響室法吸音率の測定方法」に準じて行った。

吸音材と反射材の組み合わせ配置例を図3.1に示す。%は全体に対する吸音材の割合を表す。図1のa)~l)はすべて厚50mmである。



j) 1:1 独立 25% k) 1:2 独立 33% l) 全反射 0%

図 2.9 板状吸音構造の吸音特性の傾向

3.3 吸音率測定結果

1) 試料面積すべての場合

3.6m×3.6mの面積すべてを試料と考えた場合の吸音率を図3.2に示す。全面を吸音面としたa)の場合は、1kHz以上で吸音率は0.8を少し超える値でほぼ一定の特性を示した。吸音材を50%配置したi)の図をみると、125~250Hzの低音域付近と4kHzの高音域付近の吸音率はほとんど変化がないが、組み合わせの違いによって、500~2kHz付近にかけて差異が現れている。また、吸音材が細かく分散されるに従い、1kHz付近を中心に吸音率が大きい山なりの吸音特性を示し、その度合いが大きくなっている。

2) 吸音材のみに換算した場合

吸音材と反射材の組み合わせによる吸音率から反射材分の吸音率を差し引いて面積補正した吸音材の吸音率を図3.3に示す。1:1におけるc)市松模様配置とj)独立配置を比較すると、独立配置の方が0.05~0.10程度大きくなっており、1:2においても、その差異は小さくなるものの同様の結果となった。吸音材の組み合わせで1:1, 1:2, 1:3, 1:6を比較すると、1:2~1:6は吸音率の周波数特性にほとんど差異がなく、1:1は800, 1kHz付近で0.07~0.11大きい結果となった。

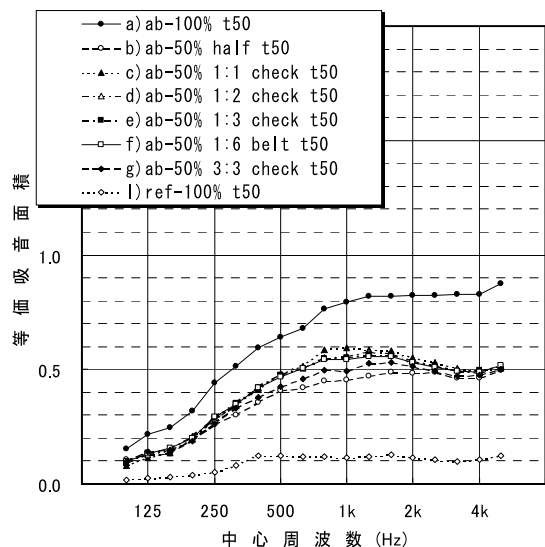


図 3.2 - i) 各配置による吸音率の比較
 <試料面積全体> — 吸音材が50%の場合

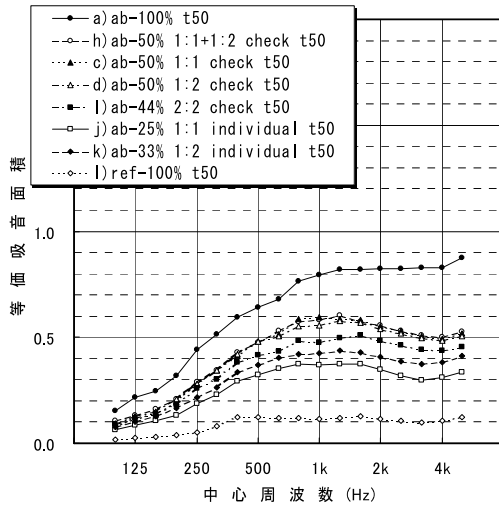


図 3.2 - ii) 各配置による吸音率の比較
 <試料面積全体> - その他

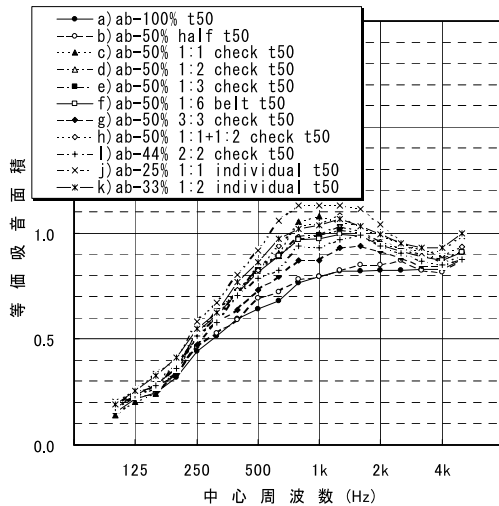


図 3.3 各配置による吸音率の比較
 <吸音材のみに換算>

1.4 面積効果算定図表との比較

文献 6) に示された面積効果算定図表に、
 $E \lambda = 2 (\lambda / a + \lambda / b)$ (λ : 波長, a, b : 矩形辺長) にそれぞれの条件を代入して、実験値の 500Hz の吸音率をプロットしたものを図 3.4 に示す。ポリエステル不織布の 500Hz における垂直入射吸音率 α が 0.3 の場合、市松模様の実験値は図表からやや離れた値を示したが、今回の独立配置の実験値は、図表に近づく値を示すことが確認できた。

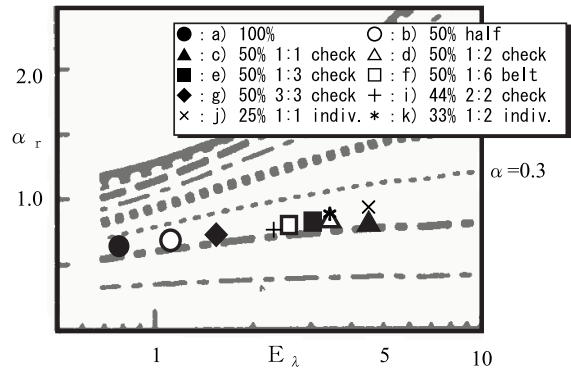


図 3.4 面積効果予測図表と実験値の比較

3.5 まとめ

今回の実験で、吸音面と反射面の組み合わせによる等価吸音面積の違いの程度が把握できた。また、境界積分方程式を用いた解析から作成した面積効果算定図表と実験値との比較をし、市松模様では図表から離れ、独立配置では近づくことを確認した。前者の要因については、今後更に実験を行い検証していく予定である。

4. おわりに

今回の報告では、部材とその構成による吸音率についての一例を示した。

畳に関しては、今回の実験で畳の吸音率についてある程度の予測は可能だが、建築条件などで構成する材料や断面仕様が異なるので、さらなるデータの蓄積が望まれる。

面積効果については、今回の測定結果と面積効果予測図表より、精度よい予測が可能であることを示すことができた。

以上のデータが今後の音響計画・設計の参考となれば幸いです。

【参考文献】

- 1 渡邊他「戸田建設株式会社技術研究所音響実験施設の音響特性」日本建築学会大会学術講演梗概集 1983.10
- 2 「音響材料の特性と選定」日本建築学会編 日本建築学会編
- 3 「建築・環境音響学」前川純一
- 4 Kosten Acustica, 10. 400-411. 1960
- 5 鬼東、川上他「積分方程式を用いた吸音面近傍音場の解析」日本音響学会建築音響研究会資料 AA1992-22
- 6 河井他「吸音面の面積効果の解析」日本音響学会建築音響研究会資料 AA2002-22
- 7 河井、田中他「境界積分方程式による吸音材の面積効果の予測について」日本音響学会建築音響研究会資料 AA2003-08
- 8 島田、鈴木陽一他「ポリエステル繊維不織布を用いた吸音クサビの試作とその音響性能」日本音響学会講演論文集 2003.9 2-P-13