

板状吸音材料の吸音特性について

Absorbing Properties of Panel Absorbents

渡辺 要・石井 聖光・木村 翔

板状材料を剛壁から離して取り付けると、材料にあたった音波がその板と背後の弾性空間から成る振動系を振動させ、その振動を維持するために音波からエネルギーが失われる。振動系の共鳴振動数付近でパネルは最も激しく振動し、最も強力な吸収が得られる。その共鳴振動数は、振動系の剛性とパネルの単位面積当りの質量によって決定される。そのうち振動系の剛性は密閉空気層の剛性とパネル自身の剛性とから成る。共鳴振動数の計算式は、空気層の剛性のみを考慮して板自身の剛性を無視すると $f_{res} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho C^2}{mD}}$ ① [m : 板の面積密度 (kg/m^2),

D : 空気層の厚さ (m)] となるが実際に板自身の剛性が無視できないものとするれば $f_{res} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{m} \left(\frac{1.4 \times 10^5}{D} + C \right)}$ ②と書くことができる。ここに C は板自身の剛性を表わし、そのパネルが単純支持の矩形板 (辺長 $a \times b$, 厚さ h , 弾性係数 E , ポアソン比 σ) であれば $\left[\left(\frac{h}{a} \right)^2 + \left(\frac{h}{b} \right)^2 \right]^2 \frac{\pi^4 E h^3}{12(1-\sigma^2)}$ となる。

合板、硬質繊維板、石綿板、チップボード、プラスチック板などの気密な板状の建築材料は、この板振動による共鳴吸収を利用してオーディトリウムなどの室内仕上げに用いられることが多い。これは、この種の材料の共鳴吸収が普通低音域に生ずるために、中高音をよく吸収する聴衆や多孔性吸音材の特性をうまく補ってくれるからである。しかし実際の各材料について、その板厚、面積密度、空気層厚、板の背後の吸音材などと共鳴振動数 (f_{res}) 吸収の山の大きさ (α_{max}) 幅 (0) との関係を系統的に求めたデータは非常に少なく、どのような材料が理論どどの程度合うのかも確かめられていない。この研究

は、これらの点をはっきりさせるために各種の合板、石綿板、チップボードなどについていろいろな施工状態のもとに残響室法吸音率の測定を行なったものであるが、ここでは主に合板の特性を明らかにする。

実験装置 残響室法吸音率の測定には生研残響室²⁾を使用した。音源は 25~50ミリ秒のパルスで $\frac{1}{8}$ オクターブ間隔に 100c/s から 4,000c/s までの測定を行った。残響時間の測定器は高速度レベルレコーダ、実験を行った材料は第1表に示すような6種類のラワンベニヤ、5種類の石綿板、3種類のホモゲンホルツである。枠組と下地の吸音材を残響室内に施工した状態を写真1, 2に示す。

合板の吸音特性

第1図~第4図は合板の背後の空気層の厚さを45mm, 90mm, 180mmと変えたとき、その空気層にグラスウールを充填したとき(写真1参照)の測定結果である。合板は1尺5寸間の野縁に5寸間隔で釘打ちした。これらの図から合板について次のようなことがいえる。

(1) 合板は板振動による共鳴吸収を行う。その共鳴振動数は一般に使われる 45mm 以上の空気層があれば各ベニヤ共 300c/s 以下の低音部にくる。

(2) 共鳴振動数付近の吸音率の大きさは 2mm ベニヤが 40~50%, 4mm ベニヤが 30~40%, 9mm ベニヤ

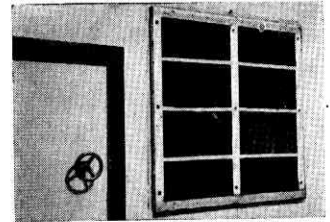


写真1

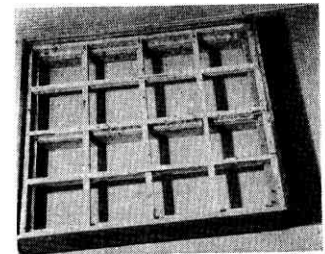
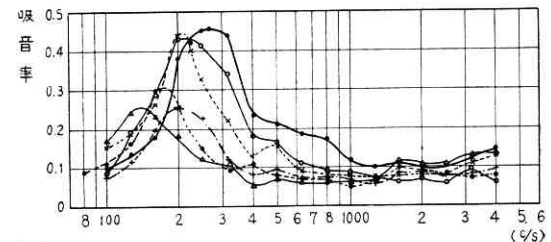


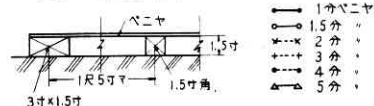
写真2

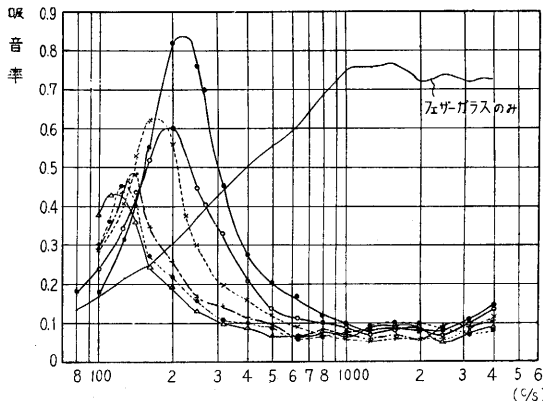
第1表

材料	通称	層数	板厚h	面積密度m	\sqrt{m}	比重
合板	1分ベニヤ	3層	2mm	1.22kg/m ²	1.11	0.61
	1.5分ベニヤ	"	4	1.92	1.38	0.48
	2分ベニヤ	"	6	3.04	1.74	0.51
	3分ベニヤ	5層	9	5.15	2.26	0.57
	4分ベニヤ	"	12	6.57	2.56	0.55
石綿板	フレキシブルボード	1層	3	6.02	2.45	2.01
	"	"	4	7.40	2.72	1.85
	"	"	5	9.60	3.10	1.92
	パネルボード	"	6	11.86	3.30	1.81
	パーライトボード	"	12	11.75	3.42	0.98
チホップド	ホモゲンホルツ	3層	20	13.20	3.63	0.66
	"	"	30	16.20	4.02	0.54
	"	"	35	17.80	4.22	0.51

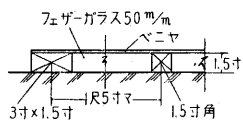


第1図 ベニヤ 空気層15寸 1尺5寸野縁に釘打ち

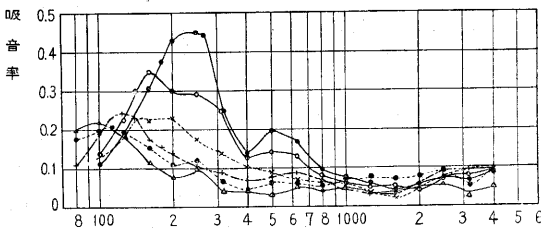




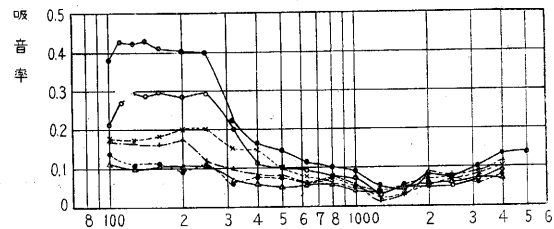
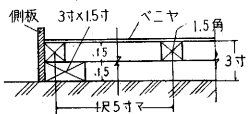
第 2 図 ベニヤ 空気層 1.5 寸 1R5寸マ胴縁に釘打 5
フェザガラス50%充填込み。



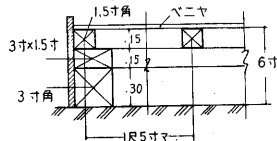
以上が 15~30% で同じ厚さのベニヤでは、空気層が厚くなるほどやや小さくなる。



第 3 図 ベニヤ 空気層 3 寸 1R5寸マ格子組野縁に釘打 5



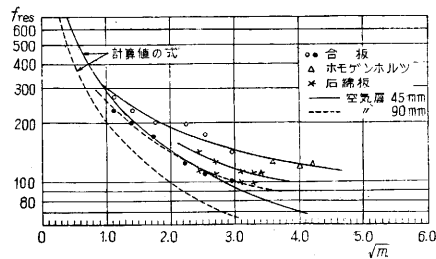
第 4 図 ベニヤ 空気層 6 寸 1R5寸マ格子組野縁に釘打 5



(3) 共鳴吸収の山幅は空気層の厚さを増す程大となる。 $\alpha_{max}/2$ になる 2 周波数間のオクターブ数 0 を比べると、空気層 45mm では 1.1~1.3、空気層 90mm では 1.7 前後、空気層 180mm では 100c/s から 250c/s の低音部に一様な吸収が得られる。

(4) 合板の背後の空気層に吸音材を充填すると α_{max} は各ベニヤ共 1.5 倍前後に増大する。

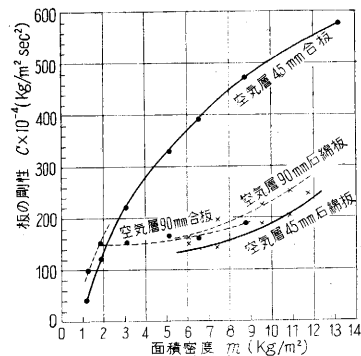
(5) 高音部の吸収は 10% 前後で板厚、空気層厚、吸音材充填の有無にほとんど影響されない。



第 5 図

(6) 共鳴振動数が 300 c/s 付近では高すぎるときこれを 200c/s 以下にもってくるには、空気層の厚さを 90mm 以上にし 4 mm 以上のベニヤを使えばよい。

(7) 共鳴振動数をさらに低い 125c/s 付近にもってくるには空気層は 90mm 位にして 9 mm 以上の厚いベニヤを使うとよい。その時 fres 付近の吸収は 20~30% であるが、これを 40~50% にするには同じく 9 mm 以上の厚いベニヤを使い、空気層は 45mm にして空間に吸音材を充填すればよい。



第 6 図

共鳴振動数の計算式について 空気層の剛性のみを考慮した①式による fres と実際の fres を \sqrt{m} について比較すると第 5 図のようになる。実線は空気層 45mm、点線は空気層 90mm の場合である。これによると空気層 45mm では比重が 0.5~0.6 の合板ホモゲンホルツよりも比重が 2.0 前後の石棉板が①式の曲線に近いが、これは板の剛性が板厚 (h) の大な程大きくなるためと思われる。しかし空気層 90mm では、合板、ホモゲン、石棉板がほとんど同じ曲線上に並んでいる。これは下地の枠組 (45mm 厚) を 2 つ重ねたことによって空気層 45mm の場合と異なった状態が生じ、これが板の振動に影響して、板の剛性を支配するためと思われる。いずれにしても建築で用いるほとんどの板状材料が①式にあてはまらないことがわかる。

そこで板自身の剛性、すなわち②式の C を知るために fres の実測値を入れて計算してみると m に対して第 6 図のような値になる。これを見ると空気層 45mm の場合の合板、ホモゲンは m と共に増加する傾斜が急で、板の剛性が主に板厚 (h) に影響されているが、空気層 45mm の石棉板ではその割合が減っており、空気層 90mm の合板では 2mm ベニヤを除いてさらにゆるい傾斜にのって、板の剛性が板の振動状態に相当強く影響されていることを示している。このように板自身の剛性は、板厚、野縁の間隔、釘打の数、下地枠組の重ね方、とりつけ方、振動する板の辺長など多くのことが影響するのでこれをあらかじめ計算することは非常にむずかしい。

(1958. 10. 11.)

文 献 (1) BRÜEL: Sound Insulation and Room Acoustics
(2) 生研リフレット; No. 64/1958