

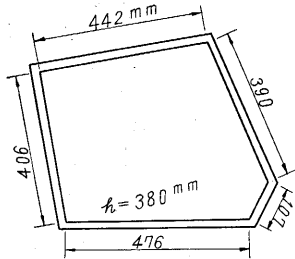
音響材料の高音域における吸音率測定

Measurements of Absorption Coefficient of Acoustic Materials in High Frequency

渡辺 要・石井 聖光・平野 興彦・朝生 周二

はしがき 室内音響、騒音の伝播などの研究に模型実験を利用するとき、実験に用いる材料の吸音率を知っておくことは重要なことで、音響の模型実験に用いる音の周波数は模型の縮小だけ逆に高くしなければならないので、超音波帯域にまでおよぶことになる。したがってこのような高音域についての吸音率測定が必要で、この問題について検討した結果を速報する。

1. 測定方法 建築材料の吸音率測定には音響管を用いて垂直入射吸音率を測定する方法と、残響室を使ってランダム入射に対する残響室法吸音率を測定する方法とがある。建築設計のための資料としてはもっぱら後者によるものが用いられているので、今回はこの方法によることとし、模型実験の縮尺は現在 1/8~1/16 程度を用いているので生研の旧残響室の 1/10 模型により 1kc~40 kc の音を対象とすることとした。この模型残響室の形状、寸法は第 1 図のようで、木製ではあるが内面の反射をよくするために 1.5 mm 厚の黄銅板が張ってある。試料の面積は約 0.1m² でこれを壁と床の 3 カ所に分けて取り付けた。その位置それぞれの大きさは実物の残響室の 1/10 模型となるように合わせ



第 1 図 模型残響室の形状

た。音源のスピーカは 1kc~12.5kc については市販の高音用スピーカを、8kc~40kc については研究室で試作したコンデンサスピーカ UCS-2 型を用い、8kc~12.5kc では両者を併用した。

受音用のマイクロホンは全音域にわたって研究室で試作したコンデンサマイクロホン UCM-2 型を用いた。このマイクロホンは振動膜の直径が 10mm で周波数範囲は 500 c/s~80 kc 程度のものである。

残響時間の測定には記録用の磁気録音機を利用し、まずその第 1 チャンネルに 125 c/s, 250 c/s, ……4 kc を中心周波数とするオクターブバンドノイズを録音し、これを 10 倍のテープ速度で再生して 1.25 kc~40 kc の音を模型残響室内に出し、これらの音に対する残響を第 2 チャンネルに録音し、再びもとの速度 (再生時の 1/10) で再生し、1/3 オクターブバンドのフィルタを通して高速度レベルレコーダで記録して読み取った残響時間を 1/10

して模型残響室内の残響時間を求めた。

2. 吸音率の計算 室の残響時間は一般に (1) 式、または (2) 式で示される。

$$T = \frac{0.162V}{S\bar{\alpha} + 4mV} \quad (\text{Sabine-Knudsen の式}) \quad (1)$$

$$T = \frac{0.162V}{-S \log_e(1-\bar{\alpha}) + 4mV} \quad (\text{Eyring-Knudsen の式}) \quad (2)$$

T : 残響時間 V : 室容積 S : 室内総表面積
 $\bar{\alpha}$: 壁・床・天井の平均吸音率
 m : 空気中の音の減衰係数

この関係から試料を残響室内に取り付けたときの残響時間 (T_1) と空室のときの残響時間 (T_2) とを測定すれば試料の吸音率を計算によって求めることができる。

また残響室の壁・床・天井は同じ材料でできているのでその吸音率を α とし、吸音率を計ろうとする試料の吸音率を α_{rev} 、その面積を S' とすれば (3) 式のような関係がある。

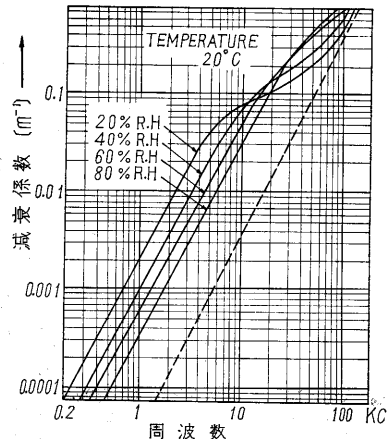
$$S\bar{\alpha} = (S-S')\alpha + S'\alpha_{rev} \quad (3)$$

ここで $\alpha_{rev} \gg \alpha$ とすれば (3) 式は (4) 式のようになる。

$$S\bar{\alpha} \approx S\alpha + S'\alpha_{rev} \quad (4)$$

この場合に (1) 式を用いると T_1 と T_2 を測定する際の m の値が同じならば m を消去することができ、試料の吸音率 α_{rev} はつぎの (5) 式から求めることができる。

$$\alpha_{rev} = \frac{0.162V}{S'} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (5)$$



第 2 図 Delsasso による空気中の音の減衰係数と周波数の関係
 RH: 相対湿度

しかし (2) 式によると m を簡単に消去することができない。この値は

$$m = m_k + m_{mol} \quad (6)$$

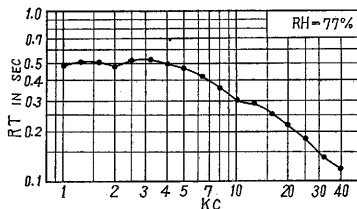
$$m_k = 4.34 \times 10^{-9} f^2 \quad (7)$$

f は周波数で、 m_{mol} の値は Delsasso の研究によると第 2 図のようである。

3. 試料 吸音率を測定した試料は 0.54mm 厚のラシャと 1.7mm 厚の毛布の二つで、ともに背後の空気層はない状態で測定するために試料と同じ大きさの黄銅板に糊付けし、これを残響室の壁にビス止めした。

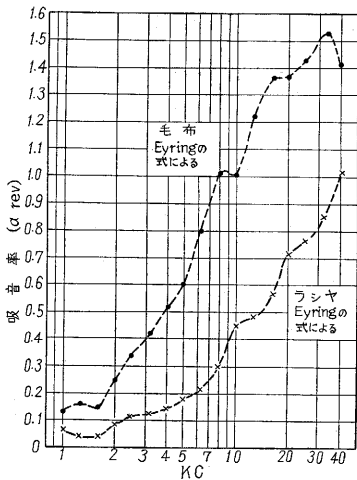
4. 測定結果とその検討 模型残響室の空室のときの

残響時間は第 3 図(湿度 77% のとき)のよう



第 3 図 模型残響室の空室のときの残響時間

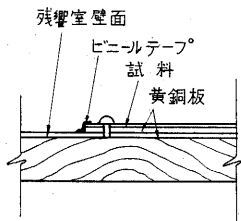
この値と試料を取り付けたときの測定結果から (2) 式によって Delsasso の m の値を用いて吸音率を計算した結果は第 4 図のよう



第 4 図 試料の周囲をふさが

ないときの吸音率

この原因を検討したところ試料の周囲に問題がありそうに考えられたので、この部分にビニールテープを貼って第 5 図のように試料の側面をふさいだところ高音部の残響時間が大きく変化して吸音率の計算結果は第 6 図のようになり、100% 以上になることはなく、予想していたような値がえられた。この結果から試料の周囲の処理が測定結果に大きく影響することが解った。

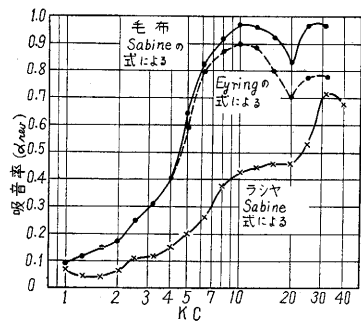


第 5 図 試料の周囲をビニールテープでふさぐ

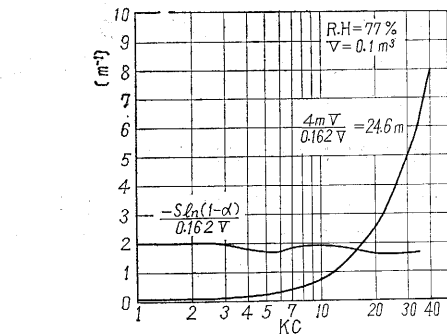
つぎに模型残響室内の残響時間が高音部では m の値

に大きく支配され、吸音率計算の過程で m の値を必要とする (2) 式で計算するときにはこの値のとりかたで計算結果に大きな影響を与えることが解った。

たとえばこの実験で空室のときの壁面の平均吸音率 (α) を求める計算で相対湿度 77% のとき (2) 式の分母 $-\text{Sln}(1-\alpha)$ と $4mV$ との関係は第 7 図のよう



第 6 図 試料の周囲をビニールテープでふさいだときの吸音率



第 7 図 模型残響室 (空室) における $-\text{Sln}(1-\alpha)$ と $4mV$ の関係

この m の値は第 2 図の Delsasso の値の外に Knudsen の求めたものがあり、両者の間には若干の差異があり検討を要する。したがって T_1 , T_2 を測定する際の m の値が同じであれば m の絶対値を知らなくともよい (5) 式を用いることが便利と考えられる。 m の値は主として湿度によって変わるので湿度を一定に保てば、湿度が多少変わっても一定とみなすことができる。

ただ注意すべきことは、広く知られているようにこの (5) 式のもとになっている (1) 式は α が小さく $\alpha \gg (\alpha/2)^2$ であるときに成り立つ式であるから、測定の際にこの条件が満たされるように比較的容積の大きい残響室を用いるべきで、さらに研究を要する問題である。

おわりに 以上の研究結果からのみではこの種の吸音率測定に関する結論を出すことは困難であり、今後の研究によって測定法を確立したいと考えている。

最後にこの研究に利用した記録用磁気録音機の研究的試作を担当された日本電子測器 KK の各位に深く感謝する。

(1961 年 11 月 7 日受理)