

防音室・無響室・遮音室

要求される性能と実現の方法について

小林理学研究所

子 安 勝

本誌6巻1,2号に連載した防音室や無響室,遮音室の諸問題にひきつづいて,本文ではこれらの室内の音響特性についてのいろいろな要求を実現するための方法を考えてみることにしよう。

§5. 無響室内装の音響設計

5.1. 無響室内装条件

まず室内の音場についてもっとも厳密な条件が要求される無響室から考えることにする。この場合には3.1でのべたように,もっとも望ましいことは室内のできるだけ広い範囲にわたって,壁面からの反射音の影響がなく点音源からの放射音場が逆自乗法則にしたがうようにすることである。

このためには,壁面の吸音率がなるべく大きくなるような内装仕上げをえらぶことが必要であって,理想的には完全な無反射の壁面を実現できるようにすることが目標となる。そして次節にのべる吸音くさびなどが開発されてきた。

しかし実際に完全無反射面を実現することはほとんど不可能に近いことであって,多少の反射音が残るこ

とは避けられない。そしてこのときには,室内の全空間にわたって自由音場の条件が成立つことは期待できなくなって,近似的にも自由空間とみなされる範囲が室内の一部分に限られることになる。

無響室内で近似的に自由空間の条件の成立つ範囲のことを,普通その無響室の有効範囲とよんでいる。この有効範囲は室の内則寸法,壁面の吸音特性に関係するもので,定性的な傾向を模型的に示したのが第22図であって,室の寸法が同じときには壁面の吸音率が大きいほど,また吸音率が同じならば室の寸法が大きくなるほど有効範囲は広がる。

ここで問題になるのは,具体的に無響室を計画し音響設計を進めるときの知識として必要な

- (1) 室の内則寸法と壁面の吸音特性が与えられたとき,室内に実現される有効範囲,
- (2) 無響室を建設する場所として可能な寸法が与えられたとき,目標とする有効範囲を実現するために必要な吸音特性,あるいは
- (3) ある有効範囲の要求に対して,壁面の吸音処理方法がきまったときに必要とする無響室の寸法などをそれぞれ求める方法である。

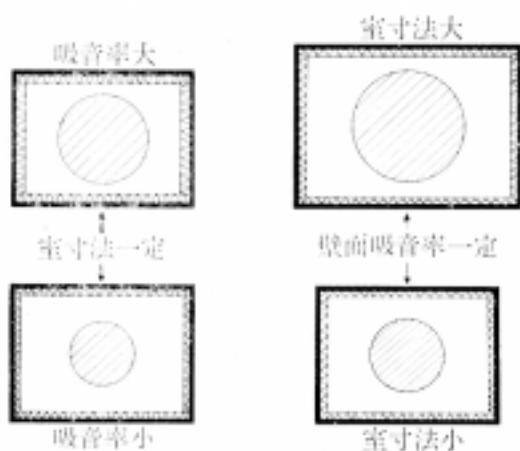
これは言葉を変えて一つにまとめてみれば,室の寸法,壁面の吸音特性と有効範囲との間の一般的な関係式を与えることになる。

この問題については,これまでH.F.Olsonによって示された方法として,壁からの反射音を普通の室内における拡散音と同様に取扱うことができるとし,これと点音源から逆自乗則にしたがって放射される直接音とを比較して有効範囲を考える方法が使われることがある。

この考え方にしたがって,直接音が反射音よりも10デシベル以上大きい部分が有効範囲になるとすれば,有効範囲は室中心から次式で求められる半径 $r(m)$ の球面内として与えられる。

$$r < \frac{1}{22.4} \sqrt{\frac{S\alpha}{1-\alpha}} \quad (17)$$

第22図 室寸法,壁面吸音率と無響室としての有効範囲との定性的関係を示した模型図



ここで $S(m^2)$ は室の内表面積, α は吸音率である。

(17) 式をかなり一般性をもって適用することができれば, さきの述べた音響設計に必要な知識としての要求に答えるものであって, 使用目的に対して必要にして十分な性能をもった無響室を経済的に設計することができるであろう。

しかし実際にはそれほど簡単なことではなく, (17) 式に到達する過程にはいくつかの問題が含まれていると考えられる。例えば, 反射音の取扱いや壁面の吸音率に対する考え方について, とくに最近のように吸音くさびが使われるときには, 改めて (17) 式の適用あるいは修正を考えてみる必要があることになるであろう。

これについては, 今後の理論的な考察とともに各種条件の室を対象にした系統的な実験研究にまたねばならぬ点が多い。そこで現在の段階では, (17) 式を使って大体の目安とするか, あるいは室の使用目的からみて必要とする周波数の下限に対して適当な性能をもった吸音くさびを選ぶようにすることになる。後者の方法に対しては, 例えばつぎのべるくさびの遮断周波数を使用下限周波数以下になるようにする方法などがある。

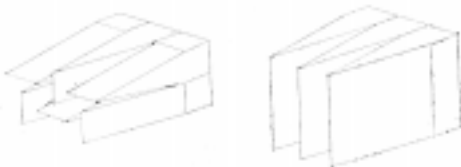
5.2. 吸音くさびの構造と性能

こうして無響室内の音響設計については, まだ残されたいくつかの問題があるが, いずれにしても壁面の吸音率はできるだけ大きいほど望ましいのは確かなことである。

こうしてすでに古くから, 無響室を目標として各種吸音構造の研究が続けられてきた。そして最近では, はじめ Meyer によって考案された構造から発展した吸音くさびが使われることが多い。

吸音くさびとしては, 第 23 図に示すような構造のものが普通に実用されている。このとき, 同図 (a) のように正方形の底面をもったくさびを交互に 90° づつ向

第 23 図 吸音くさびの代表的構造



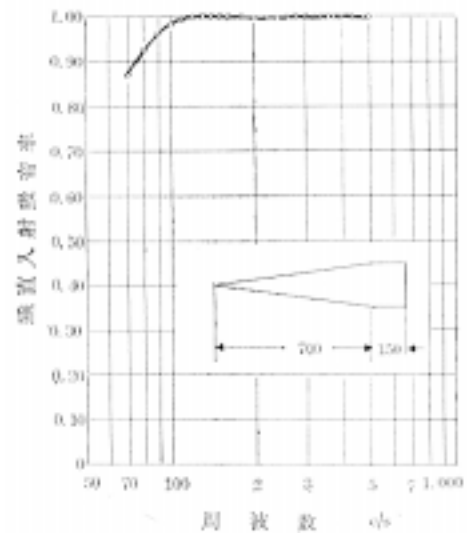
きを変えて取り付けの場合と, (b) のように長方形底面のくさびを 2 個あるいは 3 個同一方向にそろえて 1 つの単位としたもの (これを 2 連, 3 連くさびと呼んでいる) を, 交互に 90° 回転して取り付けの場合とがある。ただ垂直入射吸音特性を問題とする範囲では, 第 23 図の 2 つの形式のいずれをえらんでも, つぎのべるくさびの性能に関係したいくつかの条件が一定に保たれていれば, 吸音特性に変化はみられないことが確かめられている。

第 23 図のような形状のくさびをつくるのには, 現在おもにつぎの 2 つの方法がとられている。

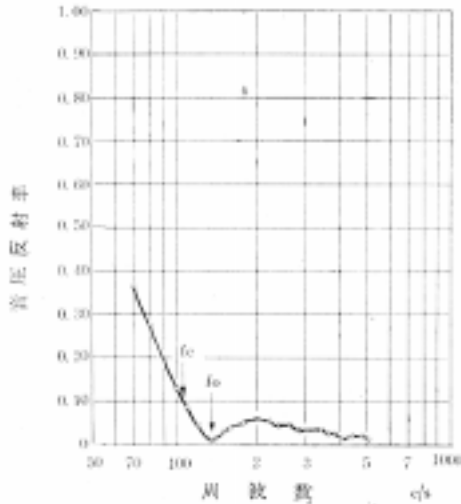
- (1) 短繊維グラスウールボード (普通厚み 50mm 程度のもの) をくさび状に切断し, これを何枚か積層して所定の形状のくさびをつくる方法。
- (2) 太さ 3mm 程度の鉄線で所定のくさびの形状をつくり, これに綿布などを貼ったなかにグラスウール長繊維その他の繊維を一定の密度になるように充填する方法。

吸音くさびの性能を示すためには, 垂直入射吸音特性が使われる。普通の吸音材料のときと同様に縦軸に垂直入射吸音率をとって, 吸音くさびの代表的な特性の 1 例を図示したのが第 24 図である。この図に示されるように, ある周波数以上では吸音率はほとんど 1 に近づいている。そのために第 24 図のように特性を図示すると, 吸音くさびの構造と吸音特性の関係を詳細

第 24 図 吸音くさびの吸音特性の例



第25図 吸音くさびの音圧反射率特性の例
(第24図の吸音特性を音圧反射率で表示したもの)



に知るのに不便なことが多い。こうして、吸音くさびの特性を図示するためには、垂直入射吸音率 α_0 の代わりにこれと次式の関係にある音圧反射率 R を使うのが普通になっている。

$$R = \sqrt{1 - \alpha_0} \quad (18)$$

第24図のデータを音圧反射率特性に書き換えたのが第25図であって、吸音率の大きい範囲が拡大されて示されていることがわかるであろう。

(18)式からわかるように、 $R=0.10$ は $\alpha_0=0.99$ に対応する。そこで第25図に示されたように $R=0.10$ になる周波数を遮断周波数 (cut off frequency) f_c とよんで、くさびの特性を示す実用的な目安とすることが多い。すなわち、ある吸音くさびについて遮断周波数が与えられれば、それ以上の周波数では垂直入射吸音率が0.99以上になることが保証されるわけである。

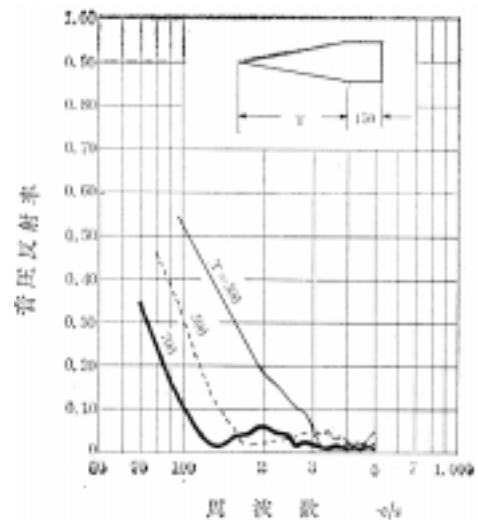
それでは所要の性能をもった吸音くさびをつくるためには、どうした仕様を与えればよいであろうか。これを考えるために、まずわれわれが行ってきた研究を中心にして、くさびの構造の諸条件と吸音特性の関係をまとめておくことにする。

吸音くさびの形状・寸法と吸音特性 吸音くさびの寸法は、テーパ部とベース部の長さで表示される。このうちのベース部の長さは下地構造に対する取り付け方法

とも関連して考えなければならないが、普通には150～200mm程度の長さになることが多い。この程度のベースの長さがあればそれ以上長くしても吸音特性にはほとんど変化がないことが多く、とくに厳密に考える必要はないであろう。

これに対してテーパ部の長さは吸音特性に重要な影響をもっている。他の条件を一定にしてテーパ部の長さだけを変えたときの、音圧反射率特性の変化の一般的傾向を示す1例が第26図である。この図に例示されるように、テーパ部の長さが大きくなるにしたがって反射率特性は低音側に移動している。

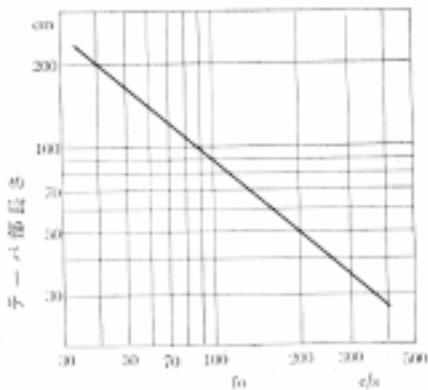
第26図 吸音くさびのテーパ部長さ吸音特性の一般的傾向を示す例



他の実験結果などをあわせてみると、吸音くさびの特性に対してテーパ部の長さは決定的な要因であって、例えば遮断周波数がある値にするためには最小限必要な長さが決まってくるということになる。そこで設計のときに必要なことは、テーパ部長さと遮断周波数の関係である。われわれはさきにのべた遮断周波数の代わりに、音圧反射率特性でのもっとも低周波数側の谷の周波数(第25図の f_c)を基準にし、これとテーパ部長さの関係を使っている。多くの実験結果から求めた関係線図を第27図に示した。この図を使えば、所要の特性をうるために必要なテーパ部長さを求めることができる。例えば f_c を100サイクルにするためには、テ

ーパ部長さは最小限 900mm としなければならないことになる。

第27図 吸音くさびテーパ部長さと f_0 との関係



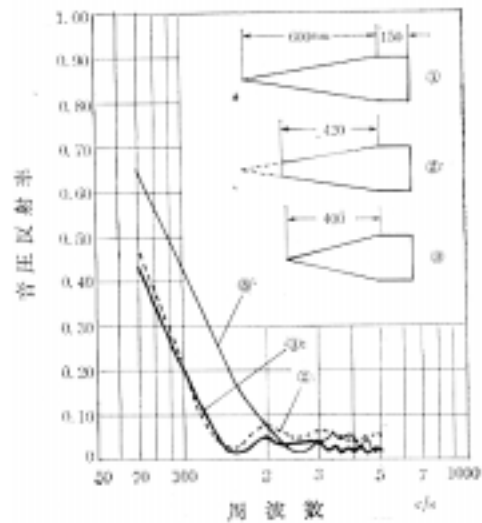
このようにして、低音域まで十分吸音性能のよい無響室をつくるためには、そこに使用する吸音くさびの全長はかなり長くなることがさげられない。これは無響室として予定する外側の寸法に対して室の内側寸法がかなり小さくなることを意味する。またくさびの鋭い先端部分は機械的に弱く、無響室を使用しているうちに人や器材が触れたりして破損することも少なくない。

こうした難点をのぞくために、テーパ部の先端部分を切断して平らにした吸音くさびが考案された。この場合の吸音特性は、第28図にその1例を示したように切断する部分がテーパ部全長のほぼ30%以内ならば、切断する前の吸音くさびとほとんど変わらないことが明らかになっている。またこれからすぐ理解されるように、切断したあとのテーパ部と同じ長さをもった普通のくさびとくらべてはるかにすぐれた性能をもつようにすることができる。この比較例も第28図に示した。

すなわち、先端を切断したくさびを使えばその実長よりも長い普通のくさびと同様な性能をもち、しかも強度や室空間などの点で利点を持つようにすることができるわけで、比較的小さい無響室を計画するときにはとくに有効な方法であると考えられる。

吸音くさびの材質と吸音特性 吸音くさびの材料としては、まえにものべたようにグラスウールが使われることが多い。くさびの性能に対してはその寸法が第1の要因になるわけであるが、ある寸法で最大限の吸音性能を期待するためには、その材質についても考える

第28図 吸音くさびのテーパ部先端切断の効果を示す例



ことが必要である。

吸音くさびに使われるグラスウールの品質を規定する量としては、これまで流動抵抗が使われることが多い。そしてそれぞれの寸法のくさびに応じて流動抵抗の適値をえらぶことが必要であるといわれている。

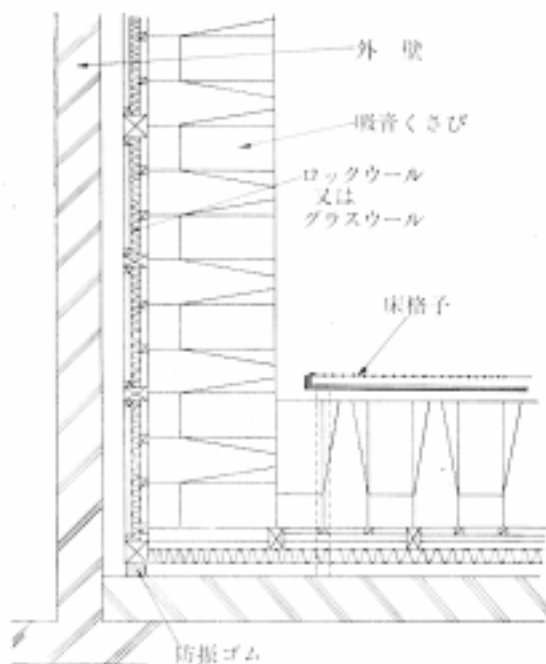
グラスウールの品質は普通にはかさ密度と呼ばれている。短繊維グラスウールボードの場合には、くさびとしての適値は $20 \sim 30 \text{ kg/m}^3$ になる。これに対して、これよりも太い長繊維グラスウールを袋づめにしてくさびをつくるときには、充填密度をさらに大きくしなければ適当な流動抵抗にならないことに注意しなければならない。

5.3. 無響室壁構造の実例

実際の無響室を設計するときには、ここまでのべてきた知識を使って外壁から内装下地、吸音くさびの仕様までを決めることになる。このときそれぞれの部分に対する詳細や目標とする無響室の総合的な性能や予算面などによって変わってくるものであるが、ここにはごく普通の無響室を考えたときの第29図の構造を例にして設計のときの一般的な考慮をまとめておくことにする。

外壁および内装下地構造は、おもに騒音遮断の要求からきめられることになる。独立した建屋になるときも、建物の内部につくられるときにも、外壁はコンク

第29図 無響室壁構造の例



リート造にするのがもっとも安全で望ましいことであり、建物内部のときでも重量コンクリートブロックで区画してモルタルで仕上げる程度にはしたい。遮音に対する要求が厳しいときには、さらにこの内部に遮音層を考慮することが必要であろう。

内装の下地は普通には木造のことが多いが、大型のときには鉄骨下地とすることもある。いずれの場合にも、外部からの振動を遮断するために、内部構造は防振ゴムなどを使って浮き構造とすることは非常に重要なことである。

これらの下地に吸音くさびを取り付ければ、必然的にくさびと外壁内面との間に空気層ができることになる。吸音くさびの吸音効果の面から考えれば、このくさび背面空気層の寸法は5.2.でのべた条件のくさびを使うかぎりでは、遮断周波数の値にもまたそれ以上の周波数領域での吸音特性にもほとんど関係しない。ただ遮断周波数以下では空気層をとることによって吸音特性を改善することができる場合がある。

このくさびと壁面との間の空気層にロックウールやグラスウールの吸音層をおくことがある。この効果として期待されるのは、おもに遮音と遮断周波数以下の吸音特性の改善である。

さいごに床面に取り付けられたくさびの上には、人が作業をしたりあるいは実験器具などをおくための床が必要になる。この床は音響的にはなるべく透明に近いものであることが望ましい。現在は直径9～12mmの鉄の丸棒や形鋼などでつくったすのこを取り付けたり、ピアノ線を基板の目状に張ったりしたものが多い。どのような方式をえらぶかは、実験の目的に対するこの面からの反射の影響を考えて決定されることである。

§ 6. 検査室、防音室などの内装音響設計

無響室のような厳密な音場の条件が要求される場合のほかに、検査室や防音室とよばれる室では3.2でのべたようにいろいろの音場を目標とする場合がある。

この場合の内装音響設計で目標となるのは、大別してみれば(1)できるだけ無響室に近い音場を実現することと(2)適当な残響時間をもった室空間をつくることになる。前者の場合には、経済性あるいは施工面から可能なかぎり大きな吸音内装をえらぶことになる。また後者の場合には、(2)式(1号P.13)によって残響設計を行なうことになる。

いずれの場合にも音響設計に必要な知識として重要なのは、各種内装の正確な吸音特性である。

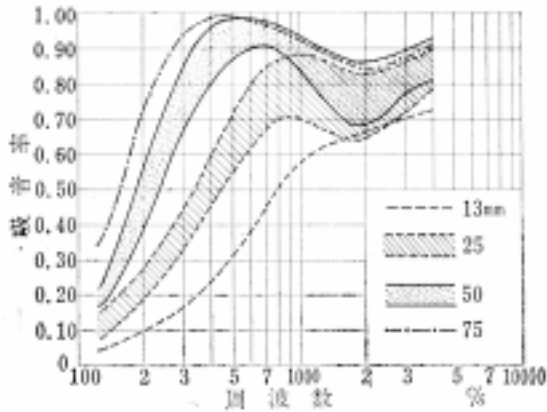
6.1. 各種吸音材料、構造の吸音特性

現在吸音材料として使われるものの種類は非常に多いので、これを吸音の機構や外観などによっていくつかに分類して考えるのが便利なことである。このために現在普通には、多孔質(繊維質)材料、穴あき板構造体、板状材料の3つに分類することが多い。

多孔質(繊維質)材料 この分類に含まれるもので現在多く使われているのは、ロックウール、グラスウール、石綿やフェルトあるいは連続気泡をもった発泡樹脂材料などである。

これらの材料に音があたると、音は繊維がつくっているせまいすきまや気泡に侵入し、おもに摩擦によって音のエネルギーが失われる。これからも予想されるように、その吸音特性に関係する要因としては繊維の太さや気泡の寸法、かさ密度や材料の厚みなどが考えられる。これらのうちでとくに重要なのは材料の厚みであって、ロックウールやグラスウールなど同程度の太さの繊維でつくられた材料に限定して考えれば、その厚みが決定的な要因になる。第30図はわが国でつくられている大部分のグラスウール製品の吸音特性を、その厚みによってまとめたものである。図に範囲で示

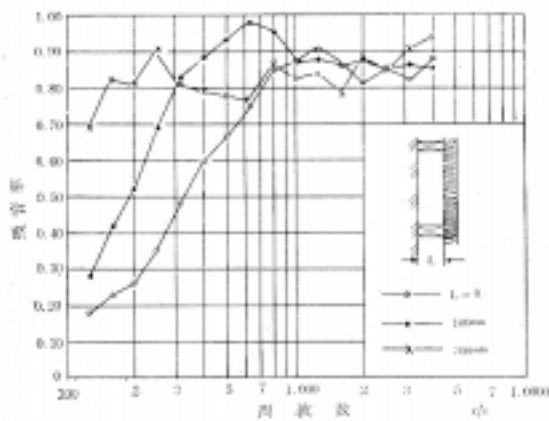
第30図 グラスウールの厚みと吸音特性の関係



したのは、同じ厚みで製品の種類や密度による吸音率の変化範囲である。この図から明らかなように、中低音域の吸音率を所定の値に保つためには、材料の厚みを規定することがまず必要であり、また吸音率をなるべく大きくしたいときには、密度の多少の増加よりも厚みを増すのが有効なことになる。

第30図に示したのは、材料そのものを直接剛壁に接して取り付けたときの吸音特性である。実際に多孔質材料を内装に使うときに重要なのは、材料背面の空気層の効果や表面処理などの施工に関係した問題である。

第31図 繊維質材料を剛壁から離して施工したときの背面空気層Lと吸音特性の関係

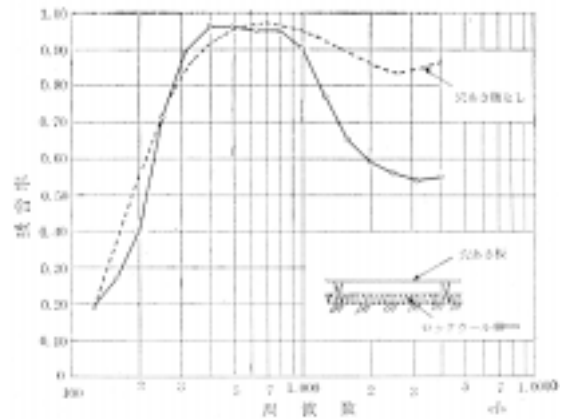


まず材料を剛壁から離して施工したときの吸音特性の例が第31図である。空気層が増すにしたがって低音域の吸音率が大きくなり、実効的により、厚い材料を使ったのに近いことになる。

つぎに、はじめに例にあげた繊維質材料の多くは、特別な場合をのぞいては外観や強度などの点から表面仕上げをして使うのが普通である。このとき表面処理の音響的な影響を忘れると、大きな失敗をするおそれがある。

第30図に例示した繊維質材料の特性をそのままに保つための仕上げ方法としては、まずサランやビロードあるいはグラスクロスなど通気性のある布で表面を覆うことが考えられる。このとき全面に糊をつけて布を貼りつけると、一般に高音部で吸音率の低下がおこる。同じ目的に対して、よく開口率20%以上の穴あき板が使われることがある。しかし圧さ数mm以上のボード類に直径数mm以上の穴をあけた場合には、たとえその開口率が20%程度であっても高音部での吸音特

第32図 開口率23%の穴あき板(厚さ6mm)を表面材料として使ったときのロックウール吸音特性に対する影響



性に対する影響はさげられない(第32図)。開口率が大きいほかに、板厚と孔径が十分に小さいことが重要な条件で、いわゆるパンチングメタルなどがこの目的に適当な材料である。

上にのべた以外に一般市販の穴あき板やビニルレザーなど通気性のない布を表面仕上げに使ったときには、その吸音特性は繊維質材料だけの特性とは相当にちがったものになる。この問題はつぎの項で説明する。

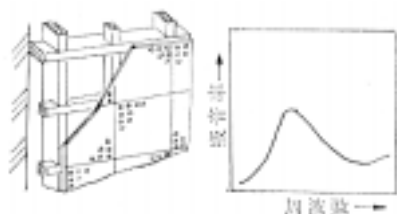
穴あき板構造体 ベニヤ板、ハードボード、石膏ボー

ド、石綿板などに貫通した穴を沢山にあけた材料は、吸音特性にすぐれた特長をもっているが、使い方に注意を要する点が多い。誤った設計のために、せっかく穴あき板を使った効果がほとんど生かされていない例も少なくない。

市販の穴あき板には穴径や穴間隔にいろいろな種類のものがつくられているが、開口率では5～10%程度のものが多い。

これらの穴あき板を第33図のように背後の壁から離して取り付けるときは、ある周波数で吸音率が極大になって山形の吸音特性を示す。この周波数（共鳴周波数とよんでいる）は穴あき板の仕様と施工条件によってきまり、吸音率の値は板の背面の処理に関する。そこで穴あき板構造体の正確で有効な仕様ということ、結局共鳴周波数と吸音率の値が目標とする条件に合うように構造体を選定することになる。

第33図 穴あき板構造体とその吸音特性



上にのべた吸音特性は、ヘルムホルツ共鳴器としての働きによるものと考えられている。そして共鳴周波数 f_0 は、板の厚さ t 、穴径 d 、穴ピッチ D 、背面空気層の厚さ L および空気中の音速 c から、次式によって決定されることになる。

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{\pi d^2}{4D^2}\right) \frac{1}{(t + 0.8d)L}} \quad (19)$$

(19)式で計算した共鳴周波数は、必ずしも実際の穴あき板構造体のそれとは正確に一致しないことがある（とくに背面の空気層厚さが大きいとき）。しかし、実用的に共鳴周波数の設計には十分有効なことが多い。(19)式の実用的な使い方としては、共鳴周波数がある目標値にするために

- (1) 所定の寸法の穴あき板を使うとすれば、どれだけの空気層をおいて施工すればよいか。
 - (2) 施工から可能な空気層の寸法に対して、どのような仕様の穴あき板をえらばよいか。
- という2つの問題に対する解を求めるときに使われ

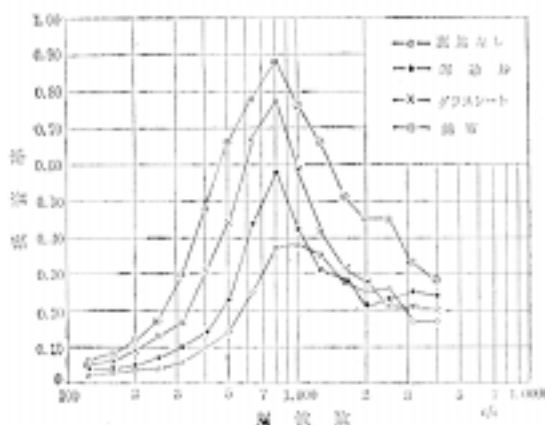
る。

穴あき板構造体を使うときのもう一つの要点は、共鳴周波数付近での吸音率の値の選定である。

裏貼りをしない穴あき板では、共鳴周波数でも吸音率は普通0.30～0.40程度である。吸音率としてもっと大きな値を必要するときには、適当な裏貼り材料を使うことになる。裏貼り材料には布などの薄い材料とグラスウールやロックウールなどある程度の厚みをもった繊維質材料が多い。

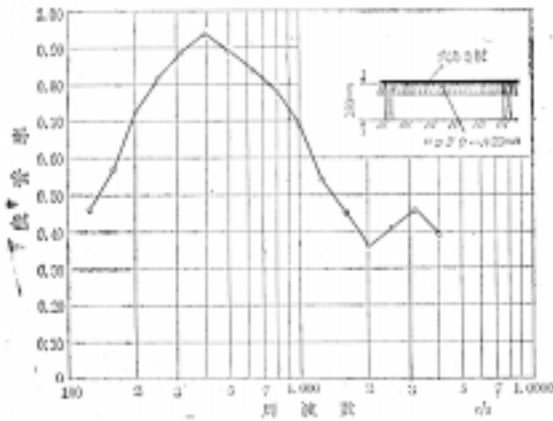
穴あき板の背面に接して綿布などを貼りつけると、穴の付近での空気の運動に対する抵抗が増加し共鳴周波数の付近を中心にして吸音率を大きくすることができる。吸音率の増加の程度は布の種類に関係することであって、第34図に1つの例を示しておく。施工上の要点として、裏貼り材料ができるだけ穴あき板に密着するように貼ること、糊によって穴の部分の布の目をふさがれないことに注意が必要である。

第34図 穴あき板の背面に薄い布を密着して貼ったときの吸音率の増加。穴あき板：板厚6mm，穴径6mm，穴ピッチ22mm，空気層30mm



つぎに穴あき板の背面にロックウールやグラスウールなど繊維質材料を入れることは、布のときと同様に共鳴周波数を中心にして吸音率を大きくする効果をもっている。1つの例が第35図で、繊維質材料固有の吸音特性（第30，31図）とはかなりちがったものになることが注目される。この種の穴あき板がよく繊維質材料の表面仕上げ材料という意味で使われることがあるが、音響的には本来穴あき板のもっている吸音特性を背面に入れた繊維質材料で制御すると考えた方が正確である。この組合せ構造で施工上問題になるのは織

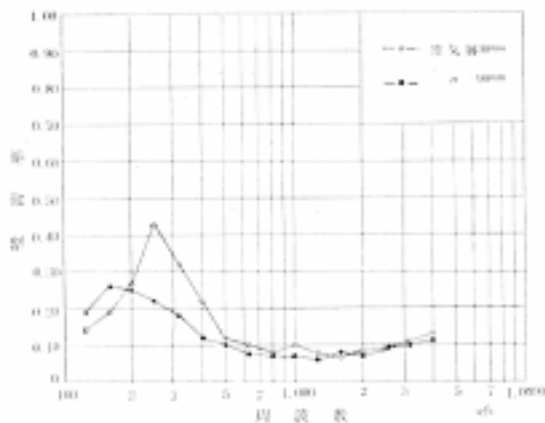
第35図 穴あき板の背面に繊維質材料を入れたときの吸音特性の例。穴あき板：板厚6mm，穴径8mm，穴ピッチ17mm



繊維質材料の位置である。一般的に言って繊維質材料が穴あき板に近いほど吸音率は大きくなるが、薄い材料とちがって穴あき板から多少話しても実質的な差はない。

板状材料 板状材料が吸音材料として注目されるのは低音吸音用としての可能性からで、ここで考えているような質に使われることは少ないであろうが、大要をのべておくことにする。

第36図 板状材料による低音吸収の例。
6mm合板(910mm×1820mm), 455mm
×455mm間格子組下地, 釘打間隔150mm



ベニヤ板，ハードボード，石膏ボードや石綿板などを，コンクリート壁面などから離して木造あるいは軽量鉄骨下地に貼った面に音が当たったとき，音の周波数がその壁構造できまる特定の周波数に一致すると，板が共鳴していた振動の吸音をおこす。

この共鳴周波数は板の質量，下地に取り付けた状態での剛性や背面空気層の剛性によってきまる。普通のボード類をごく一般に使われる下地条件で施工したときには，100～300サイクル付近に共鳴があらわれることが多い。第36図にその吸音特性の1例を示した。しかし設計でこれと同じ仕様を考慮しておいても，下地構造やそれに対する板の取り付け方法などの不確定要素によって，必ずしも同じ吸音特性が期待できるとは限らない。共鳴周波数やそこでの吸音率の値についてかなりの正確さが要求されるならば，施工にあたって細心の注意が必要であろう。

ビニールレザーなど通気性のない布を壁から離して貼ったときには，板状材料と似た膜振動による吸音効果を示す。普通は500～1000サイクル付近に共鳴周波数がくることが多い。

6.2. 内装設計の問題点

前項でのべたように，吸音材料といってもいろいろの種類のもがあるので，内装設計を行うときには目的にかなった吸音特性をもった材料をえらぶことから始まるわけである。このときには材料とともに，施工条件の吸音特性に対する影響にも注意しなければならない。また目標とする吸音率周波数特性をうるためには，一般に一種類の材料では不十分なことが多く，いくつかの異った特性の材料を室内各面に配置することを考えることになる。

つぎに前項で各種材料の吸音特性を説明するときにはとくにことわらなかったが，そこで例示した吸音率はさきの吸音くさびのときとちがってすべて残響室法吸音率である。これら一般の吸音材料についてカタログなどに発表されている吸音率のデータは，とくに明示されていないときはすべてこの残響室法吸音率と考えてよい。

残響室法吸音率というのは，拡散音場に材料がおかれてすべての方向から等しい確立で音があたるときの吸音効果を表示しようとして考えられているもので，さきの(2)式で室の残響時間を計算するときには，この残響室法吸音率を使うことになっている。複雑な形をした大きな室，例えば劇場などの残響設計では，この吸音率を使った計算が十分満足な結果を与えることが

知られている。

しかしここで問題にしている防音室のように、比較的小さくまた規則正しい形をした室のときには、残響室法吸音率で示される通りの吸音効果がそのまま期待できるとはいえない。ただこうした室内の音場の一般的な解析、それにしたがって吸音材料の効果の表示に関連した問題は、建築音響学の重要な課題の1つとなっている。そこでここには一応問題点が残されていることを提示しておくだけにしておきたい。

§ 7. むすび

無響室や防音室あるいは検査室などの音響実験室について、どのような性能をそなえていればよいかを考え、これを実現するための設計に必要な基礎的知識をまとめた。べた。

こうした音響実験室といっても、その使用目的やあ

るいは予算などの面ではそれぞれの場合によってかなり大きな違いが考えられるので、本文ではほとんど一般的解説ということに終始して、具体的な設計に直接役立つような詳細にまでは入ることができなかった。

ただすべての場合に共通していえることは、音響実験室を考えるときにもっとも重要なことは、まずその使用目的に対して必要にして十分なすべての性能を明確にし、これを満足するような設計を進めることにあるといつてよいであろう。このような意味で音響実験室の建設を考えられるとき、あるいはその使用にあたって本文が何らかの参考になれば幸である。

おわりに、本文を執筆する機会を与えられ貴重な多くの紙数を使用することを許された学会関係の方々には厚く感謝する。