

# Acoustic Intensity 計測法に関する研究 (第 2 報)

## —建築音響における遮音測定への応用—

Study on Acoustic Intensity Measuring Method (2)

—Application to Sound Insulation Measurements in Architectural Acoustics—

橋 秀 樹\*・矢 野 博 夫\*

Hideki TACHIBANA and Hiroo YANO

### 1. ま え が き

前報では、近接した 2 点の音圧から音の強さを測定する Acoustic Intensity 計測法 (以下では、AI 法と呼ぶ) の原理と、そのパワーレベル測定への応用に関する基礎的検討の結果について述べた。<sup>1)</sup> この計測法は、広範囲の音響測定に利用できる可能性があり、引き続き建築音響分野の測定への応用に関して検討を行っている。そのうち本報では、遮音測定への応用に関する基本的検討として、AI 法による材料の音響透過損失の測定、および建物の隔壁の部位別遮音性能について行った実験的検討の結果を述べる。

### 2. AI 法による材料の音響透過損失の測定

#### (1) 測定原理

材料の遮音性能を表す場合、音響透過損失 (Sound transmission loss: TL) が用いられる。これを測定する方法としては、一般に残響室—残響室法と呼ばれている方法が標準測定法 (ISO 140, JIS A 1416) として規格化されている。すなわち、図 1 に示すように、二つの残響室の隔壁に測定試料 (面積: S) を設置し、音源室内で帯域ノイズ音を発生させて、音源室内および受信室内の平均音圧レベル ( $\bar{L}_1, \bar{L}_2$ ) および受信室内の吸音力 ( $A_2$ , 残響時間から求める) を測定し、次式によって TL を求める。

$$TL = \bar{L}_1 - \bar{L}_2 + 10 \log(S/A_2) \dots\dots\dots (1)$$

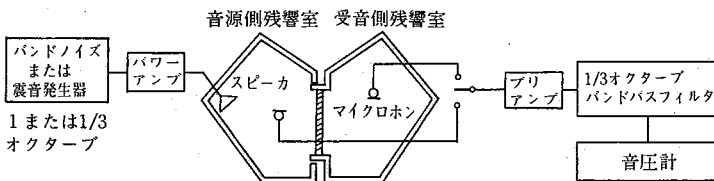


図 1 残響室—残響室法・音響透過損失測定方法

この方法に対して、図 2 に示すように、一つの残響室の開口部に試料を設置した状態を考える。この場合、残響室内部が拡散音場であるとすれば、単位面積あたりの試料面に入射する音のパワーは  $cE_1/4$  (ただし、 $E_1$ : 残響室内部の音響エネルギー密度、 $c$ : 音速) であるので、試料面を透過する全音響パワーは次のように表せる。

$$W = \frac{cE_1}{4} S\tau \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $\tau$ : 試料の音響透過率

この透過パワーを直接測定するために、AI 法が応用できる。すなわち、試料近傍 (外側) をいくつかの部分 (面積:  $S_i$ ) に分割し、それぞれの部分を透過する音響インテンシティー ( $I_i$ ) を測定することにより、全透過パワーが次式に示すように求められる。

$$W = \Sigma(I_i \cdot S_i) \dots\dots\dots (3)$$

したがって、TL の値は次式によって与えられる。<sup>2)</sup>

$$\begin{aligned} TL &= 10 \log(1/\tau) \\ &= 10 \log \frac{cE_1 S}{4 \Sigma(I_i \cdot S_i)} \\ &= \bar{L}_1 + 10 \log S - 6 \\ &\quad - 10 \log \{ \Sigma(10^{L_i/10} \cdot S_i) \} \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

ただし、 $\bar{L}_1$ : 残響室内・平均音圧レベル (= 音響エネルギーレベル)

$L_i$ :  $i$  番目の測定点における音響インテンシティーレベル (測定面に垂直方向)

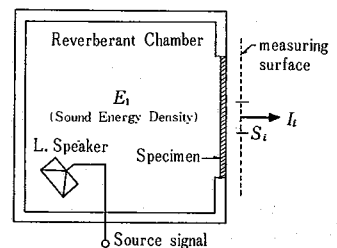


図 2 AI 法による音響透過損失の測定

\* 東京大学生産技術研究所 第 5 部

(2) 模型実験による検討

上に述べた測定法を実際に確かめるために、以下のよ  
うな模型実験による検討を行った。

図-3 に示すように、模型残響室(容積 0.2 m<sup>3</sup>)を用い  
て、その開口部(面積 27 cm×36 cm)に測定試料として厚  
さ 0.3 mm のアルミニウム板を周辺固定の条件で取り付  
けた。この試料について、まず AI 法によって TL を測定  
した。(音源としては、模型残響室内に設置した高音用ス  
ピーカから 1kHz~8kHz の広帯域ノイズを放射した。)音  
響インテンシティーの測定としては、試料から 3 cm  
離れた位置に試料を十分に覆う面として 45 cm×54 cm  
の測定面を設定し、それを 9 cm×9 cm メッシュで 30 分  
割してそれぞれの分割面の中心を測定点とした。これら  
の点で測定した試料面近傍における音響インテンシテ  
ーレベル(測定面に垂直方向)と残響室内の 5 点で測定  
した音圧レベルの平均値から、(4)式によって TL を計

算した。

また以上の測定とは別に、図-3 に破線で示すよう  
にもう一つの模型残響室を連結させ、通常の方法(残響室  
-残響室法)によっても TL を測定した。

図-4 に、これらの二つの方法による測定結果を比較  
して示すが、両者は測定周波数帯域全体にわたってよく  
一致している。この結果から、(1)で述べた AI 法による  
材料の音響透過損失の測定法の妥当性が確かめられた。

なお参考までに、上述の音響インテンシティーの測定  
と同時に測定した試料近傍における音圧から、本来は進  
行平面波音場で成り立つ音響インテンシティー(I)と音  
圧(p)の関係、

$$I = p^2 / \rho c \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 $\rho c$ : 空気の固有音響抵抗

によって換算した音響インテンシティーを用いて(4)式  
によって TL を計算してみた。図-4 の△-△がその結  
果であるが、前述の二つの方法による測定結果に比べて  
小さめとなっている。これは、音の透過面近傍では(5)  
式が成り立たないことを示している。

(3) AI 法による窓サッシの音響透過損失の測定

建物の遮音性能の上で最も弱点となるのは、窓などの  
開口部であり、防音仕様の窓サッシについては、音響透  
過損失が残響室-残響室法の測定規格によって測定さ  
れ、それにもとづいて性能評価・グレード表示が行われ  
ている。しかし、建物に実際に取り付けられた状態での  
窓の遮音性能を測定することは容易ではなく、その方法  
については、現在検討が進められている段階である。

そこで本研究では、上に述べた AI 法による音響透過  
損失の測定原理にもとづき、図-5 に示すような木造建  
物に施工された窓の音響透過損失の測定を試みた。

対象とした窓は、5 mm 厚ガラスを入れた 1,665 mm×  
1,282 mm の引違いアルミサッシ窓で、その外部に図-

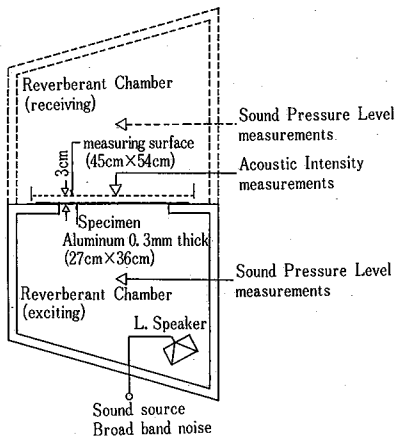


図3 模型実験による検討

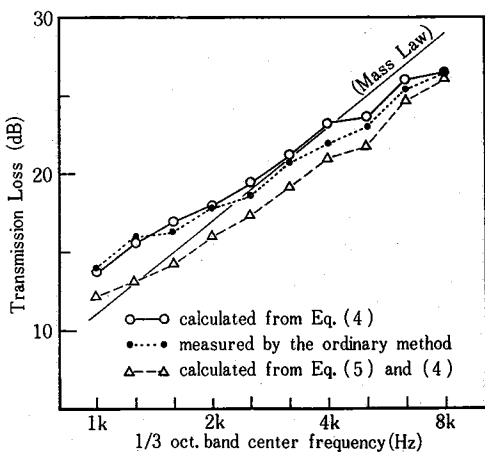


図4 0.3 mm厚アルミニウム板の TL 測定結果

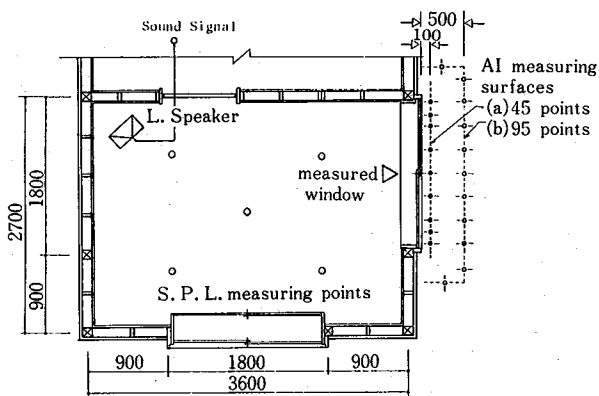


図5 測定の対象とした木造建物の窓

研究速報

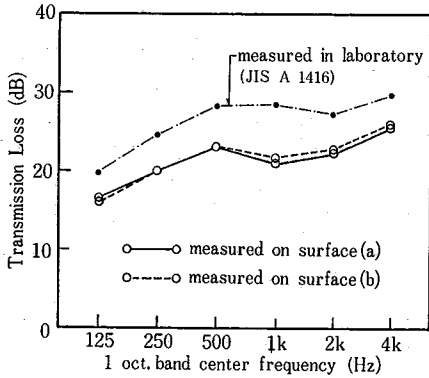


図6 窓のTLの測定結果

5に示すような2種類の測定面を設定した。測定では、室内がなるべく拡散音場となるように測定対象窓と反対側の室隅に音源スピーカを隅に向けて設置し、125 Hz ~ 4 kHz の周波数成分を含む広帯域ノイズを放射させ、室内5点における音圧レベルおよび上記の全測定点における測定面に垂直方向の音響インテンシティーレベルを測定した。

以上の測定結果から、(4)式によって計算した窓面のTL値を図-6に示す。この測定では、上述のように2種類の音響インテンシティー測定面を設定したが、その違いによらずほとんど一致したTL値が得られている。なお図中の破線は、測定対象としたと同型のサッシのカタログデータ(実験室測定)であるが、今回の測定結果は全周波数帯域にわたってこれを下回っている。これは、カタログデータが理想的な状態で測定されているのに対し、今回の測定の対象としたサッシは使用過程のものであり、周辺部の気密性などに違いがあるためと考えられる。

3. AI法による隔壁の部位別音響透過パワーの測定

実際の壁は、複数の部材から構成されている場合が多く、また周辺部などに隙間が生じやすい。このような壁の遮音対策を考える場合には、部位ごとの音響透過量を正確に測定する方法が必要となる。そこでそのための検討として、2室間の隔壁を通しての音響パワーフローをAI法によって部位ごとに測定する方法について、以下に述べるような実験的検討を行った。

実験には、図-7に示すような木造家屋(本所千葉実験所・防音試験家屋)の隣接2室を音源室、受音室として用い、その間の間仕切壁(両面:12mm厚石膏ボード張り)を測定対象とした。この壁には、81cm×180cmの出入口(合板フラッシュドア)があるが、それ以外に直径8cm円孔(長さ17.5cmの塩ビ製パイプを貫通)を設けた。

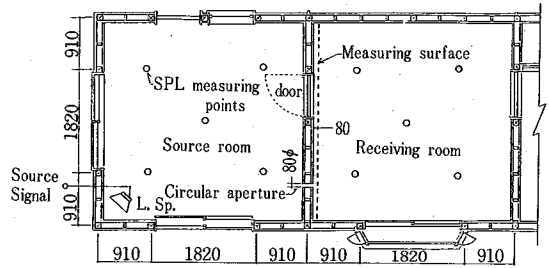


図7 二室間の隔壁の遮音測定

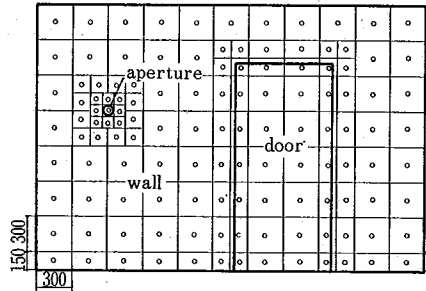


図8 音響インテンシティーの測定面

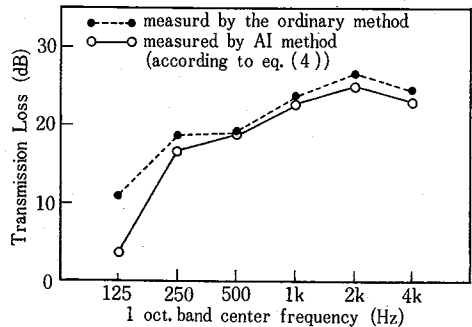


図9 隔壁の総合音響透過損失の測定結果

AI法によって部位ごとの透過パワーを測定する面は、壁面から8cm離れた位置とし、それを図-8に示すように分割した。(出入口および円孔の近傍では分割を細かくした)これらの分割面の中心を測定点とし、音源室に設置したスピーカから広帯域ノイズを放射したときの各点における音響インテンシティーレベルおよび音圧レベルを測定した。それと同時に音源室内、受音室内のそれぞれ6点において音圧レベルを測定し、各室内の平均音圧レベルを求めた。また受音室については残響時間を測定し、それから吸音力を求めた。

以上の測定結果から、まず通常の方法によった場合として、各室内における平均音圧レベル、および受音室の吸音力から、(1)式を用いて隔壁の総合透過損失(TL)を計算した。その結果を図-9の●-●-●で示す。

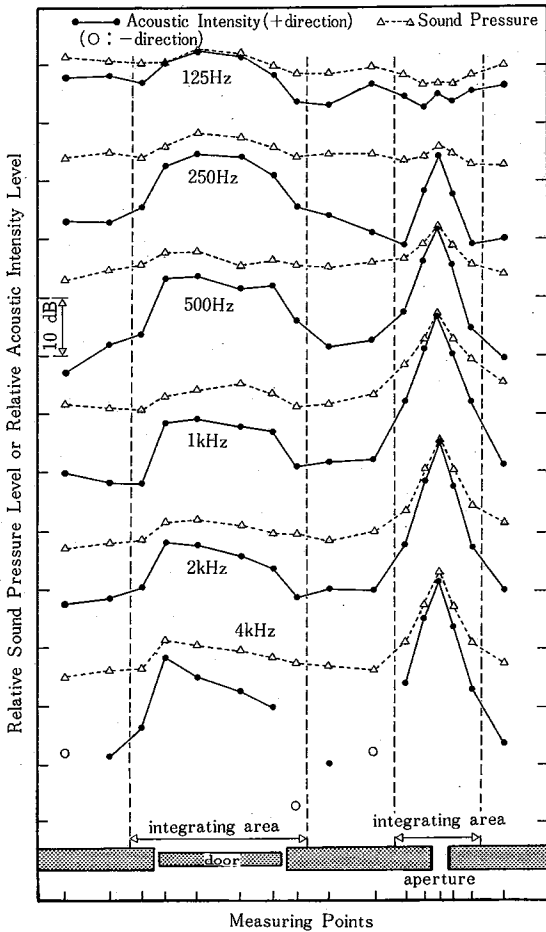


図10 音響インテンシティーレベル, 音圧レベルの分布

つぎに、壁面近傍の音響インテンシティーの測定結果から(4)式によって  $\overline{TL}$  を計算した。その結果は、図-9の○-○で示すとおり、125 Hzの帯域を除いて上記の(1)式から計算した結果とよく一致した。この実験条件のような音場では、厳密に考えれば、受音室における音響インテンシティーの測定結果には拡散音の影響が含まれ、それが  $\overline{TL}$  の測定精度に影響すると考えられるが、この場合には、AI法によって遮音上極端に弱点となる部位を通しての透過パワーが正確に測定されているので、上記のような結果が得られたものと考えられる。

図-10は、円孔の中心を通る水平断面上の音響インテンシティーレベルおよび音圧レベルの分布を示したものである。この結果にみられるように、透過音のパワーフローを定量的に表す音響インテンシティーの分布は音圧レベルの分布に比べて強弱が明瞭であり、これから隔壁の遮音性能上の弱点を明確に捕えることができる。

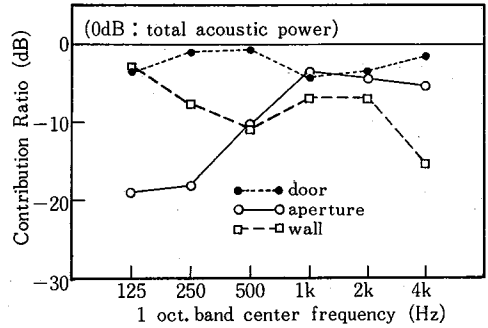


図11 全透過パワーに対する部位別寄与率

つぎに、円孔、出入口および残りの壁のそれぞれを透過する音響パワーの割合、すなわち部位別の寄与率を計算した。その結果を、隔壁全体を透過する全音響パワーを基準(0 dB)として図-11に示す。(ただしこの計算を行う場合、円孔および出入口部分を通しての透過パワーを積分する面積としては、図-10に破線で示す範囲とした)。この結果から、全透過パワーに対して出入口部分を通しての透過パワーは、全周波数帯にわたって寄与が大きいこと、また円孔を通しての透過パワーの寄与としては、低音域で小さく、高音域になるほど大きくなることなどがわかる。

4. む す び

遮音測定におけるAI法の応用に関して行った以上の実験的検討から、次のことが確かめられた。

- 1) 材料の音響透過損失を測定する場合、AI法によれば試斜面からの音響透過パワーが直接測定されるので、原理的に残響室は一つでよく、また通常の測定法で必要とされる受音室内の吸音力の測定などは行わなくてよい。
- 2) AI法を応用することにより、窓などの音響透過損失を建物に実際に取り付けられた状態で測定することができる。
- 3) AI法によって壁を通しての音響透過パワーを部位ごとに細かく測定することにより、遮音性能上の欠陥箇所の探索が容易であり、また部位ごとの透過音の寄与率をほぼ正確に知ることができる。

なおこの研究は、昭和57年、58年度文部省科学研究費(一般研究(B))によって行った。(1983年11月25日受理)

参 考 文 献

- 1) 橘 秀樹, 矢野博夫: 『Acoustic Intensity 計測法に関する研究第1報 音響パワーレベル測定への応用(基礎的検討)』, 生産研究 Vol.35 No.12(1983)
- 2) 矢野博夫, 橘 秀樹, 小川伯文: 『遮音測定におけるAcoustic Intensity 計測法の応用』, 日本建築学会・建築環境工学論文集・第5号(1983)