

道路構造縮尺模型による騒音分布試験 について

菅野 菊江 小林 正雄 望月 富雄

1 まえがき

わが国の経済の著しい高度成長による産業の活発化、都市化は国民生活に大きな影響を与え、過密・過疎の問題を生み、大気汚染・水質汚濁・騒音等の各種公害の激化など、環境破壊はその深刻さを増してきた。

特に最近になってわが国はじめ欧米各国の都市において、自動車から発生する排気ガス・騒音による交通公害が大きな問題としてとり上げられてきた。このような交通公害は交通需要の増大と、利便さによる自動車台数の増加と、これらに対応する都市設備の遅れに基因するものである。

本試験は、都市における交通騒音防止対策の資料とするため、道路構造型式による騒音伝搬分布を縮尺模型実験により求めるものである。

実験の実施は東京工業大学に委託して行なったもので、担当された松井昌幸教授ならびに山下恭弘助手の両先生に厚くお礼申し上げます。

2 道路騒音の縮尺模型実験とその考え方

本調査研究の目的は、道路の構造型式による騒音の伝搬性状等を模型実験により求め、大都市における騒音防止対策の資料に供するものである。

音響関係の縮尺模型実験は、室内音響の予測・推定のためはかなり一般化したものと考えてよい。しかし、実際問題と模型の対比（とくに材料の問題）、縮尺比の限界、空気による吸収の問題など多くの未解決の問題がある。騒音問題に模型実験がとり入れられたのは、このような意味で比較的新しいといえる。縮尺比によっては超音波領域まで周波数範囲が拡がり、現在の測定器の性能から 1/40~1/50 の縮尺が限界とされている。ただし、交通騒音で低音域のみを考えればよいような場合には 1/100 程度の縮尺まで実験可能となる。

交通騒音の場合も室内音響の場合と同様に騒音対策の結果の予測、道路建設に当たっての騒音伝搬・分布の予測など騒音対策上有用な手段となり得るものである。

模型実験においては、受音点と音源の関係は単純な寸法関係のみで対比させて考えてよい。すなわち実物の 1/n の模型を考える場合、波長も 1/n となる。実際の場合、模型の場合をあらわすため r 、 m の Suffix をつけてあらわすと、波長 λ 、周波数 f 、縮尺比 n の関係は次のようになる（図 1）。

$$\lambda r = n \lambda m \quad \text{または} \quad \lambda m = \lambda r \frac{1}{n} \quad \dots\dots\dots(1)$$

音速を cm/sec とすると

$$f r = \frac{c}{\lambda r} \quad f m = \frac{c}{\lambda m} \quad \dots\dots\dots(2)$$

したがって $c = f r \cdot \lambda r$ $\lambda r / \lambda m = n$ から

$$f m = n \cdot f r \quad \dots\dots\dots(3)$$

となり、模型実験に使用する音の周波数は実用周波数の n 倍となる。

今回の模型実験では $n = 40$ としたので $f r$ 、 $f m$ の対応は表 1 のごとくなる。

実際には 1/3 オクターブ毎に測定してオクターブに換算した。

3 実験の方法

模型実験は 1/40 の縮尺模型とし、5.5m × 4.0m × 2.8m (H) の簡易無響室で測定を行なった。測定の要領は、実際の騒音測定に準ずるが、できるだけ系統的に、また実際の測定では困難な高さの変化についても測定した。

(1) 簡易無響室

暗騒音の影響を受けないよう上記の無響室で測定を行なった。無響室は壁面はロックウール 100mm、天井面は 150mm、空気層 30cm で、床面は P タイル 仕上げである。道路の構造型式を考えて 40cm の木造床を作り、地

図1 模型実験の考え方

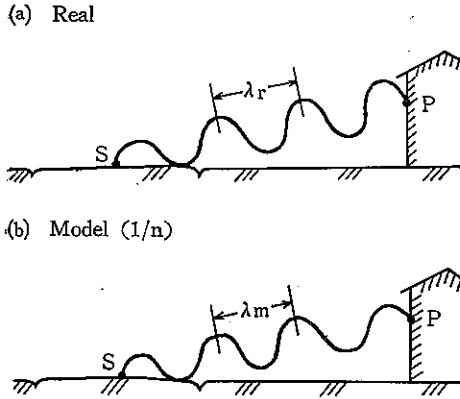


表1 f_r と f_m ($n=40$)

Hz f_r (オクターブ)	f_m KHz	
	オクターブ	1/3オクターブ
63	2.5	2.0
		2.5
		3.15
125	5.0	4.0
		5.0
250	10.0	6.3
		8.0
500	20.0	10.0
		12.5
1000	40.0	16.0
		20.0
2000	80.0	31.5
		40.0
4000	160.0	50.0
		63.0
		80.0
		100.0
		125.0
		160.0
		200.0

盤面と考えた。大体 500Hz まで逆自乗則が成立する。

(2)

模型実験においては可聴音域から超音波領域にわたる(表1)ので、両者の2系統にわかれた装置が必要である。可聴音域の系統は一般的な音響測定装置で十分であ

図2 測定系統図

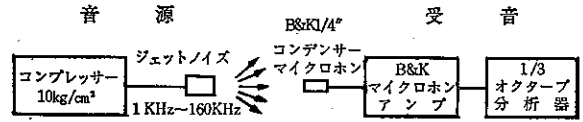
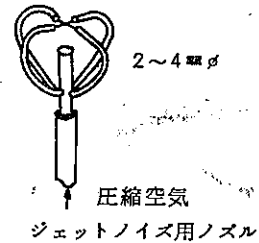
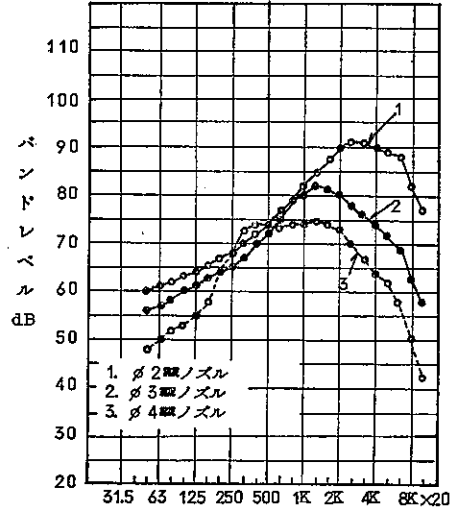


図3 ジェットノイズとノズル



る。測定系統図は図2に示すとおりである。今回の測定は主にジェットノイズによった。

1) 音源装置

音源は、二対のノズルからコンプレッサーの圧縮空気を噴出衝突させて発生するジェットノイズを使用した。ジェットノイズは、検討の結果、(1)ノズルの管径が小さくなると周波数成分のピークは高音域へ移る。(2)ノズルの管径を一定にして圧力を変えると、周波数成分は変わらず音響出力が増大する、(3)ノズルの水平方向に対して無指向と考えてもよい特性が得られる。(4)ジェットノイズは実験に支障のない程度の安定性が得られる、等が確認された。図3にノズルの管径を変えたときの周波数特性の例を示す。実際の測定は図中の1の状態で行なった。

図4 マイクロホン移動装置

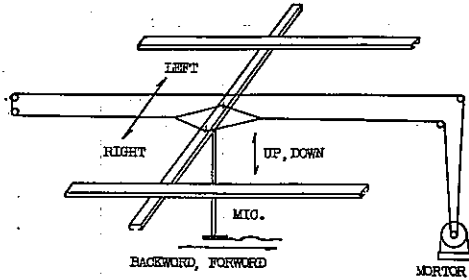


図5 音源模型

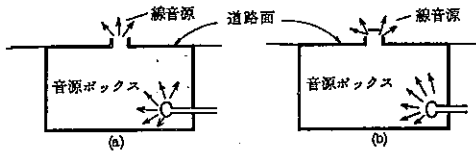


図6 切土構造道路・音源模型

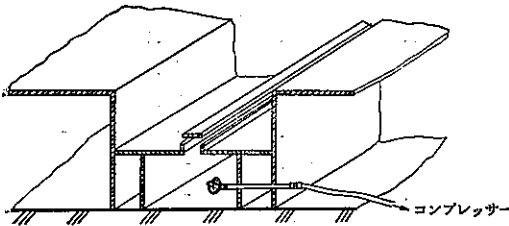
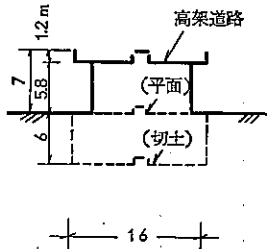


図7 道路模型 (1/40)

(数字は実寸m)



2) マイクロホンおよびマイクロホン増幅器

マイクロホンは B & K 製 1/4" Type 4135 を使用し、マイクロホン増幅器は同じく B & K 計測用増幅器 Type 2607 を使用して、実周波数で 63Hz~4000Hz の周波数域での測定を行なった。周波数分析器は広帯域 1/3 オクターブ分析器を使用した。

また測定点が多くなるため、減速器付きリパーシブルモータを用いたマイクロホン移動装置を製作した(図4)。

3) データの整理

音源から出た音を 1/3 オクターブ毎に各測定点で測定

し、1/3 オクターブ毎の値をオクターブバンドレベルに換算し、基準点を 0 dB とした減衰量の値を各測定毎に求めた。次に基準点における自動車騒音のオクターブバンドレベルを推定し、前記の減衰量を使用して騒音レベルとしての分布曲線を求めた。

4 音源、道路模型

(1) 音源模型

実験にあたり音源の模型として図5に示す型式を考えた。(a)はジェットノイズを音源ボックス内で放射し、ボックス上部のスリットから放射する音を線音源と考えるものである。この場合は若干指向性がつくので、(b)のごとく幅の狭い板をスリットの上部にとりつけると無指向性に近い特性が得られる。後述の実験は(b)により行なったが、一部(a)により測定したものもある。図6に切土式道路に上記の(b)をとりつけた例を示す。

(2) 道路模型

図6に示した型式で図7のごとくそれぞれの道路構造に音源ボックスを取り付けた。各道路型式に音源ボックスを取り付けるため、また切土構造の道路を作る必要上、無響室床上に 40cm 高さの木造床を製作して、表面 10mm 厚ベニヤ仕上げとし、これを地面と考え、平坦道路、切土構造道路(直角切土)、高架構造道路の3型式の道路構造と騒音伝搬の関係を調べることにした。

5 測定と測定結果のあらわし方

前述の測定装置により、簡易無響室内にセットした道路模型について測定を行なった。

(1) 測定

各構造型式の道路でジェットノイズの放出音により線状騒音を出し、各測定点における音圧レベルを 1/3 オクターブ毎に測定した。測定点に対するマイクロホンの位置はマイクロホン移動装置を使用して定めた。

測定点は道路端、2m(実寸法)の高さを基準とした。ただし高架型式の場合は高欄上、地上より 8m の位

表2 計算に使用した0点の自動車騒音分析結果

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	O. A.
バンドレベル(dB)	83	81	83	80	75	73	67	84dB(A) 90dB(C)

表3 騒音減衰分布表

(平坦道路)

D m	H m	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
-8.2	2	-4.6	-4.7	-4.7	-2.4	-0.7	-0.7	0.7
-4.2	"	-2.0	-0.7	-3.0	-3.2	-3.7	-4.7	-4.1
0	" △	0	0	0	0	0	0	0
2	"	1.9	0.5	-0.2	2.9	0.5	1.4	1.7
4	"	3.8	1.8	-0.1	4.7	2.5	1.4	2.8
8	"	5.2	3.0	0.7	6.1	8.2	4.8	6.1
16	"	7.6	5.1	2.4	6.7	10.2	10.1	9.5
32	"	10.6	8.3	5.7	8.3	11.2	15.7	14.8
64	"	14.8	12.6	10.8	13.5	15.9	21.7	22.0
-8.2	4	-1.7	-1.5	-2.5	-1.5	-2.1	-1.4	-2.1
-4.2	"	0.1	2.0	-3.6	-1.7	-1.2	-3.3	-2.7
0	"	1.6	2.7	1.8	-0.3	0.2	-0.8	-0.5
2	"	2.3	2.4	3.3	0.6	1.0	-0.1	0.8
4	"	3.8	2.8	3.1	1.3	1.4	0.7	2.0
8	"	5.0	4.0	2.9	3.8	1.5	3.9	4.4
16	"	8.0	5.7	4.0	9.8	7.7	5.7	7.5
32	"	10.7	8.8	6.6	11.1	14.4	12.8	14.2
64	"	14.6	12.5	11.1	14.6	17.2	21.4	21.5
-8.2	8	1.7	1.8	0.6	0.5	-0.6	-0.5	-1.9
-4.2	"	2.3	3.0	-1.9	-0.1	-1.1	-2.6	-2.5
0	"	3.3	4.9	-0.1	1.4	2.2	-0.2	-1.6
2	"	3.7	5.4	0.9	1.7	2.6	0.2	-0.6
4	"	4.4	6.2	2.8	2.3	2.4	1.7	2.4
8	"	5.9	6.1	5.1	3.1	4.1	3.1	4.4
16	"	8.3	7.1	8.5	4.7	5.1	5.9	7.6
32	"	10.9	9.7	9.3	12.6	8.6	10.2	12.4
64	"	15.2	13.4	12.6	18.1	18.5	17.2	21.9
-8.2	16	6.2	5.8	3.6	3.0	2.2	1.1	1.0
-4.2	"	6.3	5.8	2.5	2.6	1.3	1.0	0.5
0	"	7.1	6.7	1.2	3.0	1.0	0.5	1.7
2	"	7.2	7.7	1.3	3.0	2.1	2.0	2.9
4	"	7.5	8.2	1.7	3.3	3.0	2.4	3.5
8	"	7.7	9.6	3.3	4.6	4.7	4.1	4.5
16	"	9.1	10.6	8.1	6.0	5.6	6.2	8.8
32	"	11.4	11.8	13.6	8.6	9.5	10.0	12.5
64	"	15.5	14.5	15.7	16.7	13.6	16.7	19.7
-8.2	32	11.2	9.7	8.0	6.0	4.3	5.1	4.9
-4.2	"	11.1	9.6	7.7	5.8	3.6	4.2	5.3
0	"	10.9	9.9	6.7	5.8	3.8	4.3	5.0
2	"	11.0	10.0	6.2	6.0	3.6	4.0	4.9
4	"	11.0	10.5	6.1	6.0	3.7	4.8	5.6
8	"	11.1	11.1	6.1	6.0	4.3	5.0	7.2
12	"	11.3	12.9	6.3	7.6	6.1	6.7	10.0
32	"	12.5	15.6	9.5	10.6	10.6	10.9	13.4
64	"	16.1	16.8	17.6	14.4	15.5	16.3	21.0

図 8

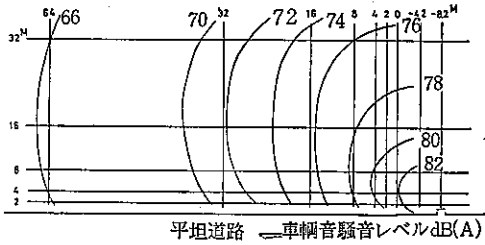


図 9

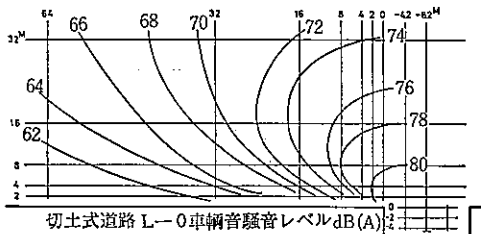
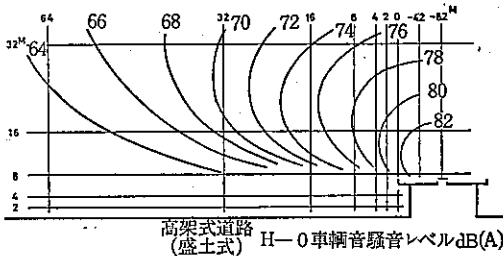


図 10



置を基準点とした。基準点は測定結果を示す騒音減衰分布の表中の相当位置に△印を付して示した。測定点は D, H で示し、Dは基準点からの水平距離、Hは地面からの高さを示す。

(2) 測定結果のあらわし方

測定値は1/3オクターブ毎の音圧レベルとして求め、これからオクターブバンドレベルに換算し、各バンド毎

に基準点を0 dBとし、これに実際の道路での実測値84 dB(A), 90dB(A)から表2の特性をもつ騒音に対応させ、各測定点別に減衰量としてあらわした。以上のデータ処理は電算機で行なった。

6 模型実験結果

測定結果を各測定点(D, H)毎に、オクターブ毎に騒音減衰分布を求めた。平坦道路の実験記録結果を表3に示し、各道路構造の騒音レベル分布を図8~10に示す。図中の数字は0 dBを実測値に換算して各点の値を求めたものである。

7 実験結果の考察

模型実験は技術的に未だ若干の問題点があり、とくに音源については今後検討の余地があるものと考えている。これは全音域の測定を試み、最終的にdB(A)の分布という型で整理を行なったためである。しかしdB(A)であらわすと問題点がかかなり平均化されて、かなり常識的な測定結果が得られているといえる。

(1) 平坦道路について

平坦道路の場合は大体線音源の理論値に近い減衰を示しているといえる。

(2) 切土式道路について

切土式道路においては、路肩の遮蔽効果により地表面の減衰が大きくあらわれている。道路面が見える位の高所では、減衰量は平坦道路と大差ないといえる。

(3) 高架式道路について

平坦道路と高架道路を比較すると、高所での減衰はあまりみられないが、地表近くではかなり減衰している。とくに高架の近くでの減衰は大きく、遠距離でも平坦道路より数dB(A)の低下がみられる。