

道路交通騒音とその周辺建物への伝搬

Road Traffic Noise and Its Propagation to the Road Side Building

石井 聖光*・橋 秀樹*・山口 道征*

Kiyoteru ISHII, Hideki TACHIBANA and Michiyuki YAMAGUCHI

1. はしがき

道路交通騒音がその周辺の建物にいかんにか伝搬してゆくか、その騒音を低減させるにはどのような対策が合理的であるか、この問題を研究することが、今回の臨時事業で我々に与えられた大きなテーマであった。この研究を実施するためには、まず道路交通騒音そのものについて深く検討すると共にそれがいかに道路周辺の建物に伝搬し、建物内での騒音レベルに影響するかを検討することが必要である。

しかし道路交通騒音そのものについては既に筆者らも調査研究を行っており、内外にも同様の研究が多い。勿論新設道路の騒音予測等に関してはその評価の方法と相まって今後の研究に待たねばならない多くの問題を残しているが、今回は特に都市内の道路交通騒音の中で問題が大きいとされている交差点周辺における騒音の実体と、交差点を含む道路に面した建物での騒音の研究及び高架道路からの騒音の伝搬について検討した。

2. 交差点周辺の騒音

交差点では二つ以上の道路が交っているために、それぞれの道路にくらべて交通量が多く、円滑な交通とその安全のために信号機が設置される場合が多い。このため交差点を通過する車両はしばしば赤信号のため一旦停止を余儀なくされ、青信号で発進、加速を行なう。これが交差点の騒音を大きくする要因と言われている。それではこのような車の動きによってどの程度騒音が大きくなるのであろうか。

騒音規制法に基いて昭和 46 年運輸省が定めた自動車騒音の許容限度によると車両の側方 7.5 m の所で、乗用車では定常走行の時 70 ホン、加速走行のとき 84 ホンと定められており、車種による差はあるが、いずれも定常走行と加速走行の間には 10 ホン以上の差を認めている。

このことから判断すると、交差点で信号が青になってそれまで停止していた車が一齐に加速する場合には非常に大きな騒音となることが予想されるので、その実態を調査することとした。

2.1 どのような交差点を調査すべきか

交差点の騒音の性状を把握するためには、信号が青に

変って車が動き出して騒音が大きくなる状況と同時に、信号が赤に変わって車が止まって騒音が低下する状況も重要である。ところが交差する片方の道路の信号が赤の時は他方の道路の信号が青となって車が走りだすために、赤信号になって静かになった道路の状況を測定することが難しい。

そこで歩行者が道路を横断するために設けられた信号機のある処がこの調査には最も適していると考えたが、最近では交通量の多い所では歩道橋が設けられてこれに変わり、歩行者のための信号機は交通量が比較的少い所に限られているので適切な場所を見つけることが困難であったので、次善の方法として、交差する二つの道路の交通量が大幅に異なる交差点について調査することとし、本研究所に近い日赤病院下交差点と日本学術会議前交差点の二ヶ所をえらび、つぎに交差する二つの道路の交通量がほぼ等しい一般の交差点として天現寺交差点について検討を行なった。

2.2 日赤病院下交差点の騒音

この交差点は図 1 に示すような小交差点で、西麻布から広尾に向う道路の中間にあり、これに交差している道

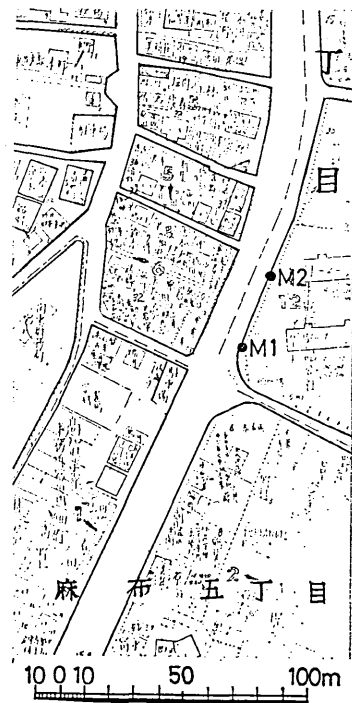


図 1 日赤病院下交差点

* 東京大学生産技術研究所 第 5 部

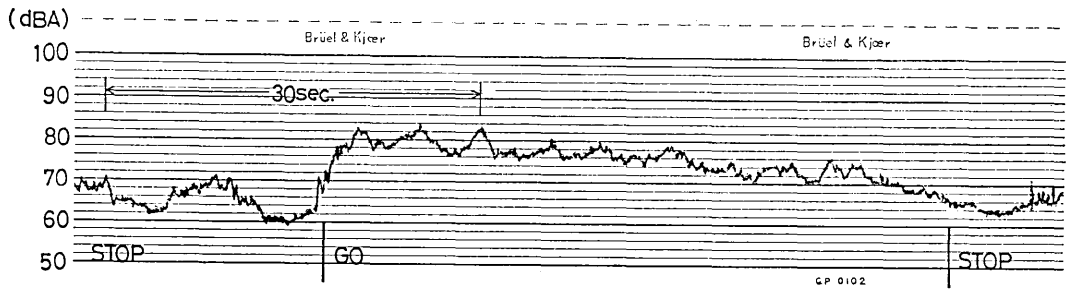


図 2 日赤病院下 M₁ における騒音レベル変化の一例 S 48.6.8, 11:30 AM

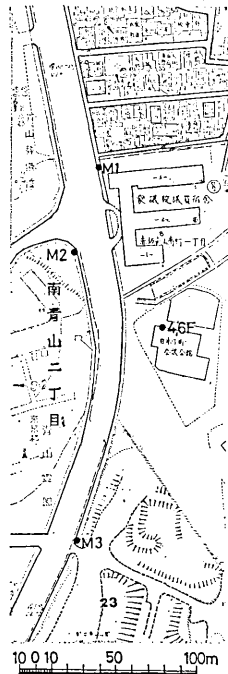


図 3 日本学術会議前交差点

路は幅員が狭く、一方通行の出口で交通量も少ない。

この交差点の車両停止線付近の道路端 (M₁) と、ここから西麻布方向へ約 30 m 離れた道路端 (M₂) で騒音測定を行なった。

一測定 15 分間、1 秒間隔のサンプリングでこれらの地点の騒音レベルの中央値 (L₅₀) と 80% レンジ (L₉₀, L₁₀) を求めた。この測定結果 5 例は表 1 のようで、交差点の騒音レベルが 30 m 離れた所に比べて中央値 (L₅₀) で平均 1.6 dB, L₁₀ (10% がこの値を越す) で平均 2.2 dB 大きい。また図 2 は交差点 (M₁) における騒音レベルの変化の一例で青信号の時のほうが赤信号のときより約 10 dBA レベルが大きい。

2.3 日本学術会議前交差点

この交差点は青山一丁目と西麻布の間にある図 3 のような変形丁字形交差点で、青山一丁目と西麻布を結ぶ道路の交通が主である。

この交差点についても停止線近くの道路端 (M₁, M₂) と

表 1(A) 日赤病院下交差点 M₁ と 30 m 西麻布寄り M₂ との騒音レベルの比較 (1 測定 15 分)

測定番号	M ₁			M ₂			M ₁ -M ₂		
	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀
1	65	72	79	65	72	78	0	0	1
2	66	74	79	65	71	78	1	3	1
3	66	72	81	66	71	78	0	1	3
4	67	73	82	66	71	78	1	2	4
5	67	74	80	66	72	78	1	2	2
平均	66.2	73	80.2	65.6	71.4	78	0.6	1.6	2.2

表 1(B) 日赤病院下交差点の交通量 (15 分間)

測定番号	通過方向				合計	図
	①	②	③	④		
1	301	311	24	190	736	
2	352	381	34	113	860	
3	339	385	35	89	848	
4	339	415	15	84	853	
5	360	430	29	85	904	

表 2 日赤病院下交差点における信号制御の有無による騒音レベル (dBA) (各測定共 15 分間、信号青のときのみの集計)

測定番号	信号制御の有無	L ₉₀	L ₅₀ (中央値)	L ₁₀
1	有	71	76	81
2	有	72	77	80.5
3	無	71	76.5	82
4	無	70.5	77	82.5
5	有	72.5	77	81.5

ここから約 200 m 離れた道路端 (M₃) について騒音測定を行ない。また学術会議の建物の 4 階と 6 階の窓外でも同時に測定し、交通状況を調べるためその建物の屋上から 1 秒毎に道路の写真撮影を行なった。

これらの測定結果は表 3 及び図 4 のようで、交差点の道路端 M₁, M₂ の中央値 (L₅₀) の各測定の平均値はそれぞれ 70.6 dBA, 68.7 dBA で 200 m 離れた M₃ では 67.8 dB であり、M₁ と M₃, M₂ と M₃ の差は 2.8 dBA と 0.9 dBA であり、これを平均すると 1.9 dB 交差点が騒音レベルが大きいことになる。

また学術会議 4 階と 6 階の道路側窓外の交通騒音レベルは数百米はなれた建設工事の騒音が混入したため、有効なデータは少いが 66~67 dBA で、地上の道路端にくらべて中央値で約 3 dB 静かであった。

表 3 学術会議前 M₃ 付近交通量
S 48.12.12 10:25 AM~11:30

		0~5分	5~10分	10~15分	0~15分
麻1	Q	69.5	77	49	65.2
	西麻布へ	88	90	75	84.3
	K	19.5	19.5	11.8	16.9
	西麻布へ	22.2	23.6	18.2	21.3
10:25	V	42.8	47.4	50.0	46.2
	西麻布へ	47.6	45.8	40.4	47.4
	大型車	3	3	6	12
	Q	5.6	71.5	64.5	64
麻2	西麻布へ	59.5	91.5	77	76
	K	14.3	18.6	17.0	16.6
	西麻布へ	17.0	28.3	20.7	22.0
	V	47.0	46.2	45.6	46.2
10:50	西麻布へ	42.1	38.8	44.6	41.5
	大型車	4	1	8	13
	Q	8.9	66.5	85	80.2
	西麻布へ	89	83.5	88.5	87
麻3	K	25.6	18.1	26.1	23.3
	西麻布へ	32.2	23.8	34.7	30.2
	V	41.7	44.1	39.1	41.3
	西麻布へ	33.2	42.1	30.6	34.6
11:30	大型車	1	8	4	8



図 5 天現寺交差点

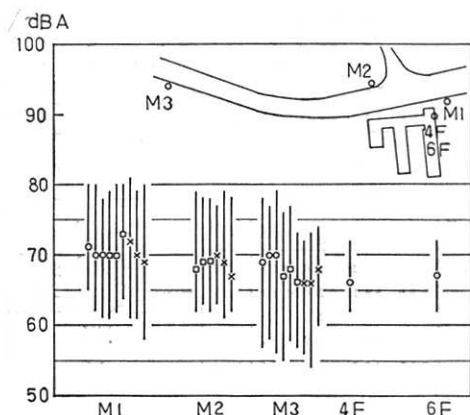


図 4 学術会議前交差点測定結果
S 48.12.12 10:25~11:30

2.4 天現寺交差点

図 5 に示すような天現寺交差点についてその四隅の道路端 (M₁~M₄) 及びここから約 100 m 離れた道路端 (M₅~M₇), 交差点に近接している都営アパートの 3 階, 6 階, 9 階, 12 階の交差点に面したバルコニー形の廊下で騒音測定を行なった。また交差点に設けられた歩道橋から道路各方向の写真撮影を行なって交通の状況を調べた。測定は連続 15 分を一単位として M₁~M₇ 点の同時測定を 2 回, M₁~M₄ 及びアパートの 3 階, 6 階, 12 階の同時測定を 3 回実施した。

この結果を 5 分単位で整理し中央値 (L₅₀) と 80% レンジ (L₉₀, L₁₀) を求めたものが図 6~7 であり, 交通状況の計測結果は表 4 のようであり, これを要約すると次のようになる。

(1) 同一交差点の四隅の騒音レベルのちらばりは 5 分単位集計の中央値で最大 3 dBA, 通常 1~2 dBA であった。

(2) 中央値の時間的変動は交差点を通過する車の交通量に関係する。



写真 1 天現寺交差点 1



写真 2 天現寺交差点 2

(3) 交差点とそこから約 100 m 離れた点との騒音レベルの中央値の差は約 4.5 dBA であった。

(4) 交差点の一隅に近いアパートの 3 階, 6 階, 9

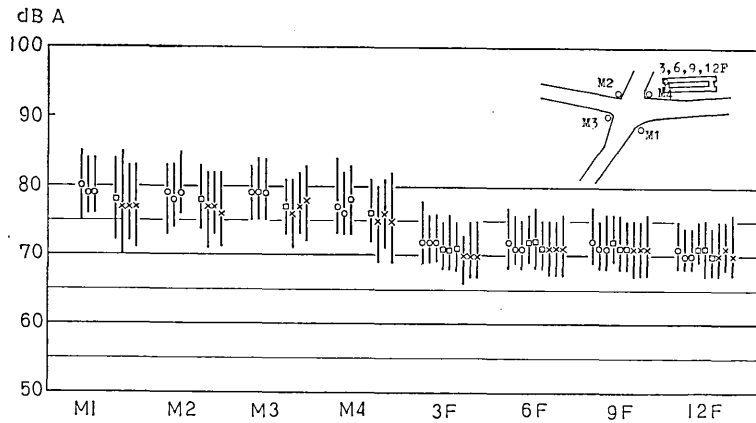


図 6 天現寺交差点の測定結果

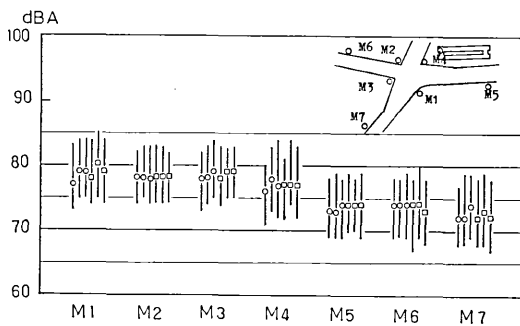


図 7 天現寺交差点の測定結果
S48.11.7 13:30~14:15

表 4 天現寺交通量 (15分) () 内大型車数
S48.11.7 11:00 AM~4:00 PM

交通方向	測定番号					交通方向	測定番号				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
↑市街 ↑市街 ↑市街	213 (9)	206	171	188	179	↓市街 ↓市街 ↓市街	191 (9)	210	155	181	214
↑市街 ↑市街	48 (1)	60	37	68	72	↓市街 ↓市街	24 (3)	25	13	26	23
↑市街 ↑市街	117 (20)	103	63	82	83	↓市街 ↓市街	68 (6)	54	39	52	50
↑市街 ↑市街	265 (4)	286	241	257	272	↓市街 ↓市街	318 (3)	319	249	302	257
↑市街 ↑市街	133 (8)	117	113	101	114	↓市街 ↓市街	61 (4)	37	37	55	56
↑市街 ↑市街	71 (2)	70	63	73	68	↓市街 ↓市街	60 (0)	65	50	80	50
↑市街 ↑市街	345	313	271	317	303	↓市街 ↓市街	378	369	271	338	334
↑市街 ↑市街	384	392	318	362	384	↓市街 ↓市街	283	289	207	259	287
↑市街 ↑市街	459	447	325	410	363	↓市街 ↓市街	439	421	336	436	369
↑市街 ↑市街	381	400	317	377	394	↓市街 ↓市街	469	473	417	431	454
↑市街 ↑市街 ↑市街 ↑市街 ↑市街	620 762 928 820	602 761 920 821	478 539 742 653	578 700 841 815	600 718 817 763	↑市街 ↑市街 ↑市街 ↑市街 ↑市街	1569 1552 1231 1466	1444			

階, 12階バルコニーでの各階相互の騒音レベルの中央値の差は, ほとんどなく 1 dB A 以下であった。

(5) 交差点の道路端とアパートのバルコニーとの差は平均約 6 dB A であった。

2.5 交差点騒音の検討

以上信号機のある交差点3ヶ所についての測定結果から交差点の騒音についてまとめると次のようになる。

(1) 交差する片方の道路の交通量が多く, 他方の交通量が少い交差点騒音の中央値は, 交差点から離れた交通量の多いほうの道路騒音にくらべて 1~3 dB A 大きい。(日赤病院下 1.6 dB A, 学会会議前 0.9 dB A, 2.8 dB A)

(2) 交通量の多い二つの道路の交差点騒音の中央値は交差点から離れた同じ道路の騒音にくらべて約 4.5 dB A 大きい。

(3) 交差点の近くにある建物各階の騒音の中央値は上階になってもほとんど低下しない。

以上の諸傾向について検討を加えると,

(1) 片方の道路の交通量が多い交差点の騒音, すなわち信号機で車を止めることによって生ずる騒音の中央値の増加量が 1~3 dB A であることは, 自動車の定常走行時と加速走行時との騒音レベルの差が 10 dB A 以上あることから予想される値よりはるかに小さい。この理由は交差点における車の挙動を観察すると, 信号が青になって加速状態で交差点を通過する車は, 信号待ちをしていた車全部ではなく, 相当数は交差点を通過する際にはすでに定常走行に近い状態になっていることが多いためと考えられる。特に大型車両が少なく, 乗用車が多い場合この傾向が見られる。

(2) 交通量の多い二つの道路の交差点では, 両方向の道路からの騒音の和と, 加速による騒音の増加とが加算されているものと考えられる。

(3) 交差点近くの建物各階の騒音は低い所では交差点からの騒音の影響を直接受けるのに対し, 高い所では

更に遠方の道路からの騒音の影響を受けるため、中央値には変化が現われないためと考えられ、この傾向は交差点に限らず、都市内高層建物での一般的な傾向である。

以上の諸点について共通して言えることは、これらがすべて中央値に対して言える傾向と考えられる点であり、我が国では現在 JIS 規格による交通騒音の測定のほか法的規制がすべてこの中央値によっているが、今後騒音の評価方法の検討と考え合せて他の評価値、例えばパワー平均値などで評価すれば異なった傾向が見られることが予想される。今回はすべて中央値を中心に検討しているが将来の問題として交通騒音の評価方法の研究が重要なポイントとなると考えられる。すなわち中央値より更に人間の“うるささ”に対する感覚に一致する計測値の研究が必要と考えられ、住民の交通騒音に対する反応と物理的な騒音の計測値とが一致するような計測と評価の方法を確立することが急務である。

3. 模型実験による交通騒音伝搬の検討

交通騒音伝搬の性状は複雑な交通状況と道路周辺の建物の影響を受けるためにその基本的な性質とは異なる結果が測定されることがある。そこで基礎的な検討を行なう一つの方法として単純な条件で模型実験を行なうことが賢明な方法とされている。今回の臨時事業による研究に於ても、本誌(昭 48.2)に報告した予備実験をもとに、高架道路からの騒音の伝搬と、市街地道路からその両側に建つビル内への騒音の伝搬について模型実験による検討を行なった。

3.1 高架道路からの騒音伝搬

都市内の高速道路などでしばしば用いられる高架道路からの騒音伝搬の基本的な性状を検討するために、通常の高欄の上に防音壁を設置した場合、さらにこの防音壁を吸音性にした場合について検討した。

3.1.1 実験方法 模型の縮尺は 1/40 で、音源を点音源と考えてその伝搬を調べ、また道路騒音を線音源とみなしてその伝搬特性を調べるために、点音源を等速移動させて、受音マイクロホンの出力を二乗積分する方法を用いた。点音源としては指向性を改善するために二つの

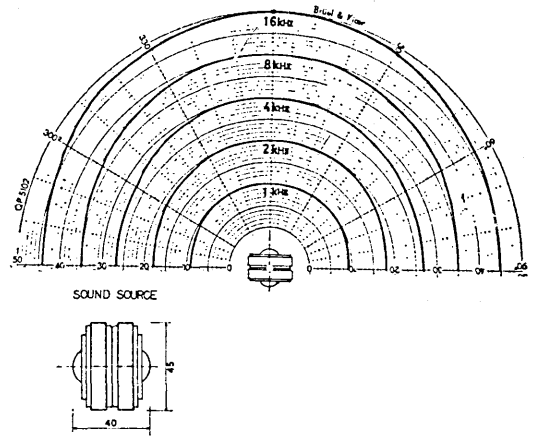


図 8 実験に用いた音源の指向性

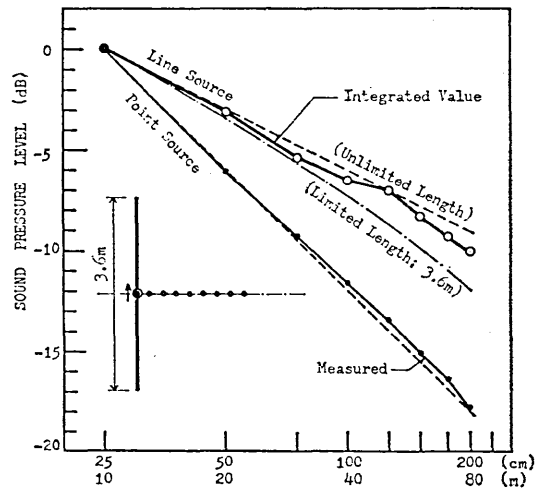


図 9 無響室内での音源の距離減衰

ツイータを背合せにし、夫々に無相関等パワーのオクターブバンドノイズを加えて使用した。その指向性を図 8 に示すが、この実験では中心周波数 10 kHz (実物換算 250 Hz) のバンドに限った。この方法による擬似線音源の無響室内における距離減衰特性は図 9 のようである。

3.1.2 道路模型と測定条件 実験対象とした 4 車線高架道路の断面形と地上測定位置の概略を図 10 に示す。

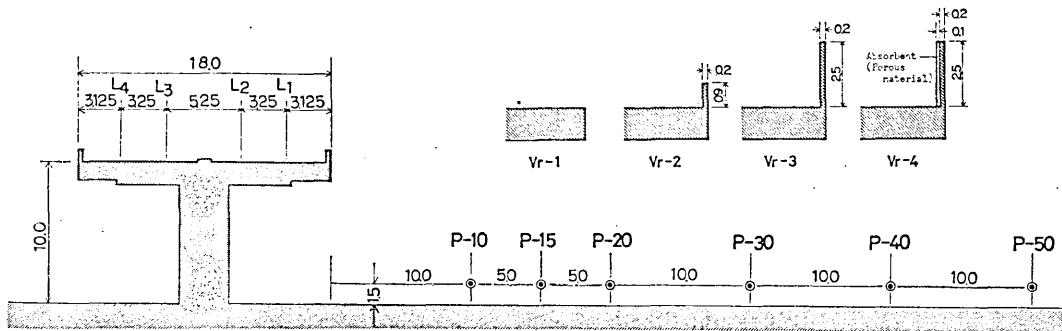


図 10 高架道路模型断面図

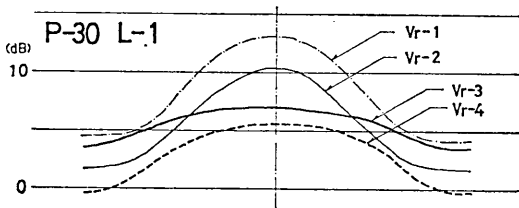


図 11 L₁ 車線を音源移動させたとき P 30 点の音圧レベルの変化

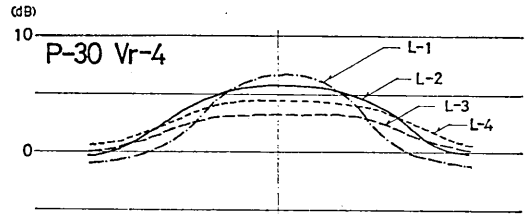


図 12 高架道路が Vr-4 型の場合各車線を音源移動させたとき P 30 点の音圧レベルの変化

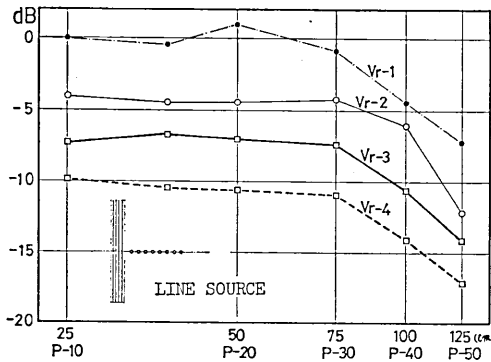


図 13 線音源のときの音圧レベルの距離減衰

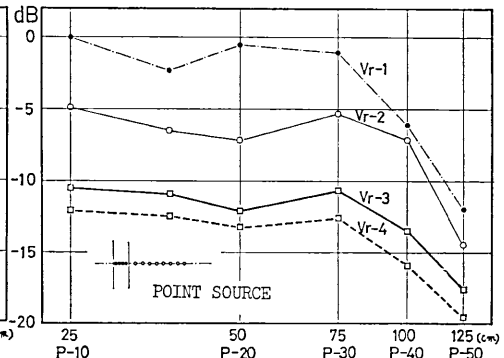


図 14 点音源のときの音圧レベルの距離減衰

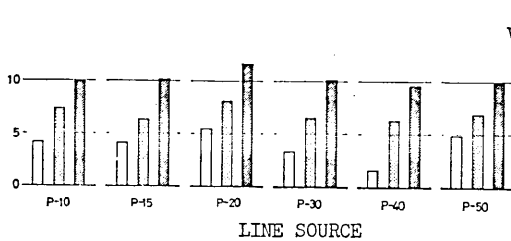


図 15 高架道壁の形による防音効果 (線音源のとき)

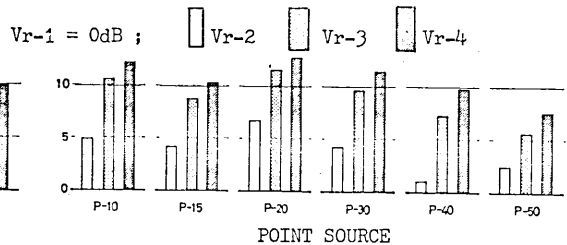


図 16 高架道壁の形による防音効果 (点音源のとき)

道路断面はこの図に示す 4 種 (Vr-1~4) としたが、特に Vr-4 は吸音性防音壁を設置した場合である。道路の総延長は実物に換算して 144 m、また音源中心の高さは路面上 1 m で、模型材料は主として塩ビ板を用い、吸音材には吸音率が 0.74 (8 kHz)、0.87 (10 kHz)、0.91 (12.5 kHz) の多孔質材料を用いた。

3.1.3 実験結果とその検討 測定はまず L₁ の車線上を音源が等速度で移動した場合の各測定点におけるマイクロホンの出力をレベルレコーダで記録すると同時に、二乗積分器に導いてエネルギー和を求め、線音源と考えた場合の測定点音圧レベルの相対値を求めた。この測定を L₁ から L₄ までの各車線について順次高欄などの条件を変えて実施した。図 11 は車線 L-1 を走行した場合の測定点 P-30 におけるレベル記録である。図 12 はこの測定点で Vr-4 の場合に、走行車線の違いによる変化を示している。これらによって点音源が移動した場合の動的な様子がわかる。つぎに 4 車線すべてを線音源と考えて、各車線走行の二乗積分値の和を求めて整理した結果

は図 13 のようである。

またこれとの比較として、道路中央の各車線に 4 つの点音源がある場合について求めた結果が図 14 である。図 15, 16 は、図 13, 14 について Vr-2, 3, 4 の音響的な効果を見るために、Vr-1 を基準 (0 dB) とした場合の減衰量を各測定点毎に整理したものである。

以上の測定結果から、自動車交通騒音を線音源と仮定した場合、250 Hz 程度の騒音に対する吸音性防音壁 (高さ 2.5 m) の減音効果は、道路端から 50 m 位までの範囲では一般に用いられている高さ 90 cm の高欄のみの場合にくらべて地上 1.5 m では 5~8 dB 程度であり、同じ高さの吸音なしの壁では 3~4 dB 程度であることが予想される。

3.2 市街地道路からその両側に建つ建物内への騒音伝搬

都市内の騒音問題の一つの課題として市街地道路の両側に建つ建物に対する交通騒音の影響について模型実験による検討を行なった。

ここでは条件を単純化して図 17 のように 6 車線道路

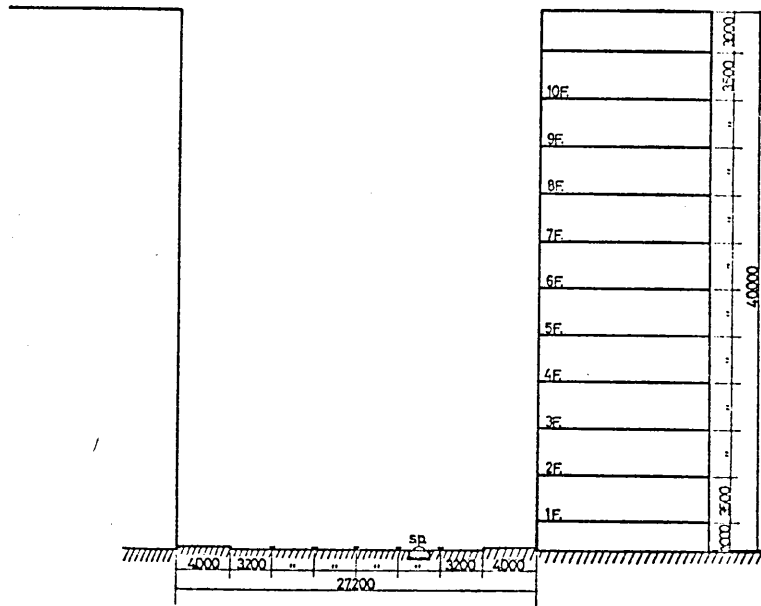


図 17 道路建物模型断面図

をはさんで両側にビルが対向している場合と、片側が開放されている場合とを実験条件とし、また窓外部のテラスの有無などファサードの変化についても防音的效果を検討した。

3.2.1 実験方法 模型の縮尺を1/20とし、無響室内に道路と建物の模型を設置した。道路は市街地における一般的な6車線(実物幅員19.2m)とし、総延長72mとした。

測定対象とした建物の一室は、幅6m、奥行6m、天井高2.7mで、これに図18のような幅4m、高さ2mの窓開口をもつ場合を想定した。室内は天井全面を吸音

仕上げとして、残響時間を一般の実物建物の室内とほぼ等価になるようにした。その測定結果は図19のようである。窓材料は実物の気密性サッシ(ガラス6mm厚)を想定して、0.3mm厚アルミ板を用いた。図20はこの実験に用いた模型窓の透過損失の測定結果と実物気密性窓のデータとを比較したものである。

音源には高音用のドーム型ツイータを36cm間隔に10ヶ直線配列とし、各スピーカにはホワイトノイズジェネレータ10chから無相関等パワーの信号を供給した。この音源列の列と直角方向の指向性は図21のようである。実験はこの音源列を一車線毎順次に移動して各車線

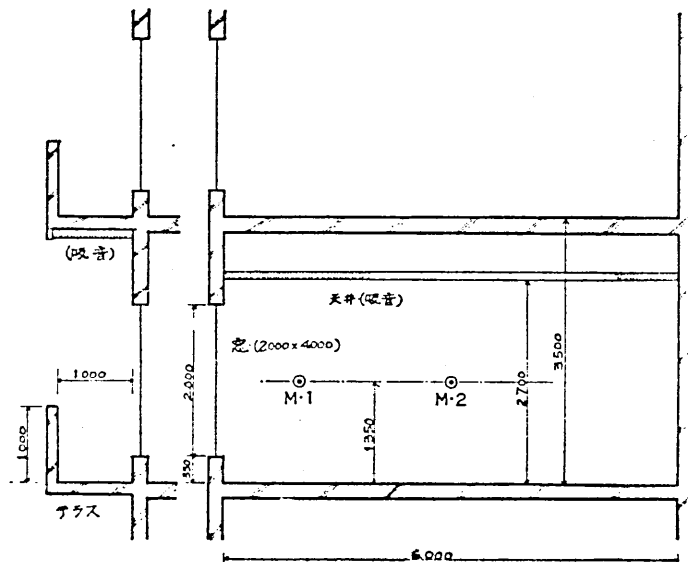


図 18 建物の室模型断面図

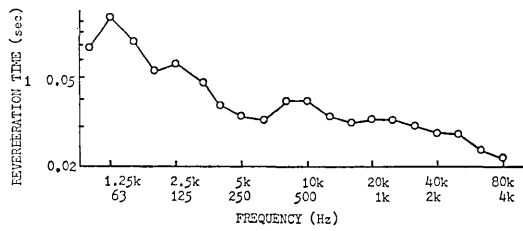


図 19 模型室内残響時間

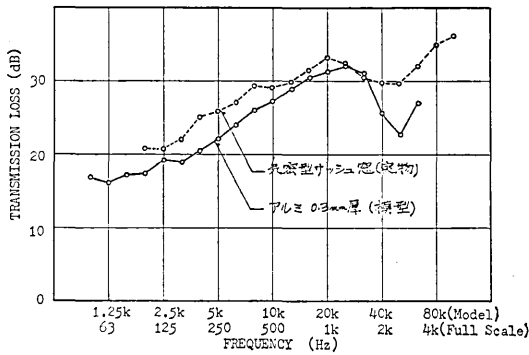


図 20 実物・模型窓の透過損失

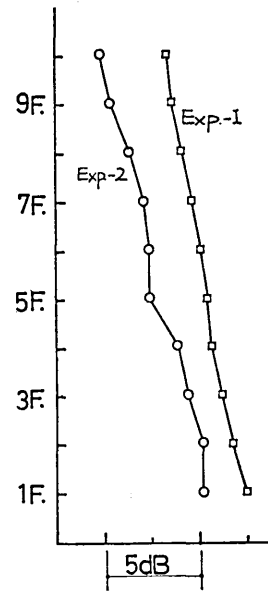


図 22 窓外音圧レベルの垂直分布
EXP-1 対向建物あり
EXP-2 対向建物なし

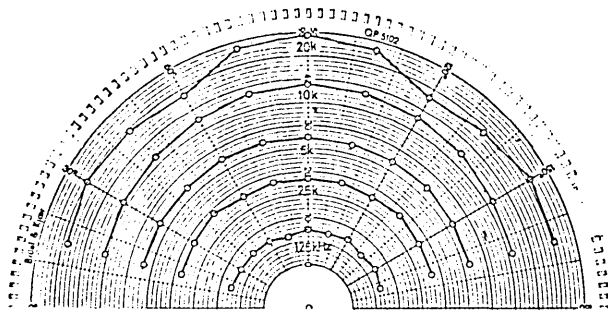


図 21 音源列の指向特性(断面方向)

毎に、マイクロホンを設置した測定点の音圧を読みとり、そのエネルギー和から4車線からの騒音を求めた。

測定点は建物外部では窓外1m、室内では窓内1mと室中央の点とし、室内はこの2点の測定値のエネルギー平均値を求めた。使用したマイクロホンは室外は直径6mm、室内は感度のよいことが必要なので直径12mmのいずれもコンデンサ型である。

3.2.2 実験結果とその検討 建物に沿った垂直方向の窓外音圧分布を1kHz~20kHz(実物換算50Hz~1kHz)の帯域雑音について求めた結果は図22のようであった。対向建物の有無による差(Exp-1とExp-2の差)は全体として2~3dB程度である。また高さ方向の減衰は1階から9階の間で対向建物がない場合に約5dB、ある場合は4dB程度であった。

つぎに建物のファサードの条件を、(1)テラスなし(A)、(2)テラスあり(B)、(3)上階テラスの下部(軒天)を吸音(C)、のように変えて対向建物の有無につい

て、3階、5階、9階における室内外の音圧レベル差、すなわち窓の実効的な遮音度を求めた結果は図23~図28のようである。

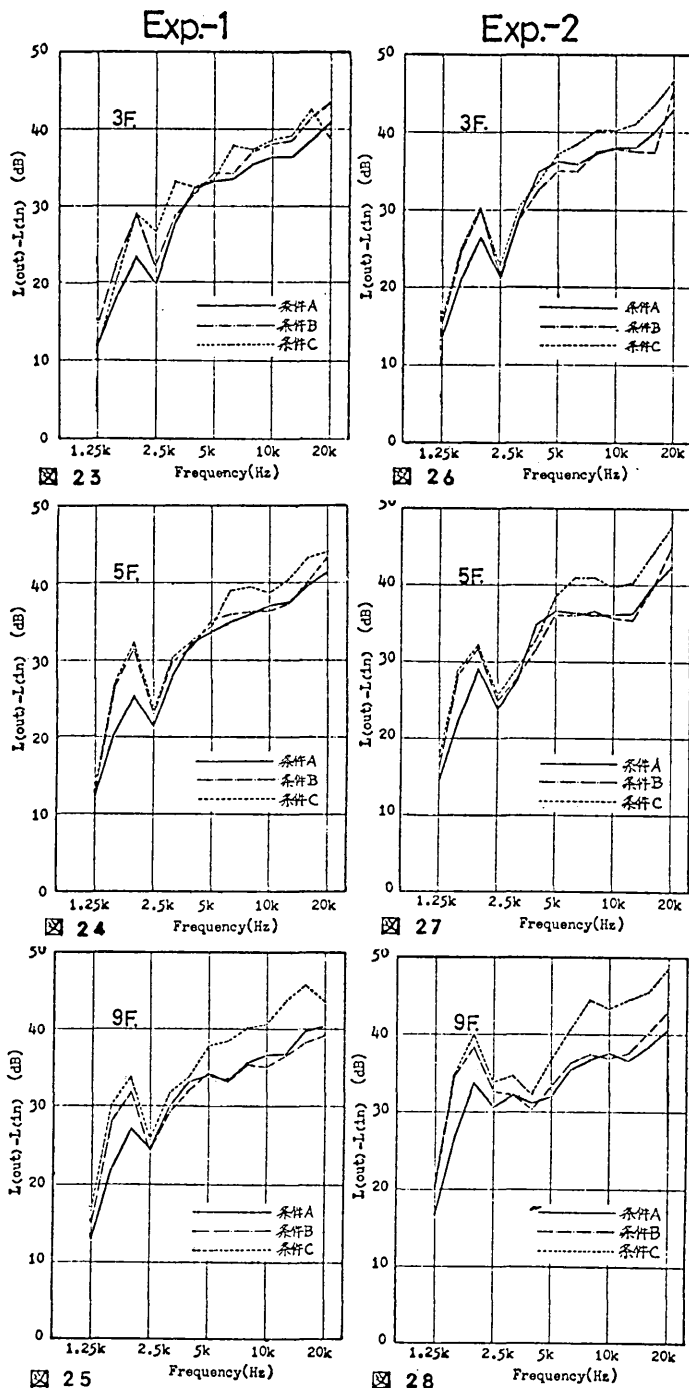
この結果から、まず窓外のテラスの音響的效果としてA(テラスなし)とB(テラスあり)とを比較すると1.6kHzと2kHz(実物で80Hz、100Hz)でBの場合のほうが遮音度が大きくなっているが、他の周波数ではほとんど差が認められない。そこでこの原因が上階テラスの下部(軒天)による反射であると考えて、この部分に多孔質吸音材料を張った結果、A、Bの場合にくらべて高音域で見掛けの遮音度が大きくなることになった。またその傾向は上階にゆくほど顕著になり、9階では10kHz、20kHz(実物で500Hz、1kHz)で5dB程度の効果が認められた。

また対向建物があり(Exp-1)、テラスのない場合(A)について、階の高さによる窓の遮音度の違いを1~10階について検討したが、大きな変化は認められなかった。

4. おわりに

以上が昭和48年度末までに実施した臨時事業による研究である。臨時事業としての研究は年度末で終わった訳であるが、交通騒音に関する研究は継続して行なっており、特に交通騒音の予測について検討を進めている。

すなわちコンピュータモデルによるシミュレーションを行なって、各種交通流からの騒音の建物内までの伝搬についての予測を研究しており、コンピュータモデルによる解析の困難な複雑な地形と道路構造のものについては、縮尺模型による実測データをコンピュータに記憶さ



条件A:テラスなし 条件B:テラスあり 条件C:テラスあり断天吸音処理

図 23~28 テラスの各条件による窓外(テラスなし)と室内の音圧レベル差

せる方法を取り、またアナログシミュレータにより伝搬して来た騒音と等価なものを作り出し、これを実際に聴

取して評価する研究にまで発展させようとしている。

(1974年9月2日受理)