

道 路 交 通 騒 音

A Study on the Noise of Traffic Vehicles on Roads

畠山 惇史* 門山 保彦** 馬場 道隆***

日本音響学会から道路交通騒音の中央値予測式が発表されている。しかし諸条件の違いにより、この式により求められた値と実際の値は一致しないことが多い。

特に積雪寒冷地では、積雪時には地表面が雪で覆われ、夏期とは異なる音の減衰様式を示したり、走行する車両が冬タイヤ（スノー、スパイク、タイヤチェーンなど）を使用し、騒音発生条件が異なるためその差は著しい。

そこで、道路研究室では積雪寒冷地の条件をふまえ、パワーレベルを左右する要因と地表面の騒音レベルへの影響について調査、研究を行ってきた。

本文は、これらの研究成果の一部と回折による音の伝播および騒音レベルの測定方法の改訂について述べるものである。

《環境対策；交通騒音；公害；騒音；道路環境》

目 次

まえがき

1. 騒音公害

1.1 騒音公害

1.2 騒音対策

1.3 道路交通騒音の評価法

2. 道路交通騒音の予測

3. パワーレベル (PWL)

3.1 タイヤ種別によるパワーレベル

3.2 舗装の種類によるパワーレベル

4. 地表面性状による騒音レベルへの影響

5. 回折による音の伝播

5.1 遮音塀による回折

5.2 遮音壁の効果

5.3 トンネル坑口付近の騒音

6. 騒音レベル測定方法 (JIS Z 8731) の改訂

6.1 概 要

6.2 等価騒音レベル ($L_{Aeq,T}$)

6.3 JIS と法規制の関係

7. ま と め

あとがき

参考文献

参考資料：雪面上における音の減衰

*道路研究室長 **同室主任研究員 ***同室員

まえがき

近年、自動車の普及は著しく、われわれの生活に最も身近な交通機関となり、その保有台数も年々増加の傾向にある。また、公共施設である道路は整備が進み、自動車専用道、高速自動車道の建設も着実に進められている。

一方、交通量の増大により、将来的に騒音が問題となる可能性を含む地域も増えつつある。こうした状況より、昭和46年には環境庁より道路交通騒音の環境基準が制定され、また日本音響学会からは道路交通騒音の予測式が発表されている。この予測式は、夏タイヤを基本としてつくられた式であるため、タイヤの種類および地表面性状などの諸条件が異なると、現実の値とは一致しなくなる。特に積雪寒冷地のように、季節により地表面や走行車両のタイヤの種類が異なるとその差は著しい。そこで道路研究室では、積雪寒冷地における環境条件の違いによる交通騒音を調査検討し、予測式 (L_{50}) の環境条件補正式を研究したので報告する。

1. 騒音公害

1.1 騒音公害

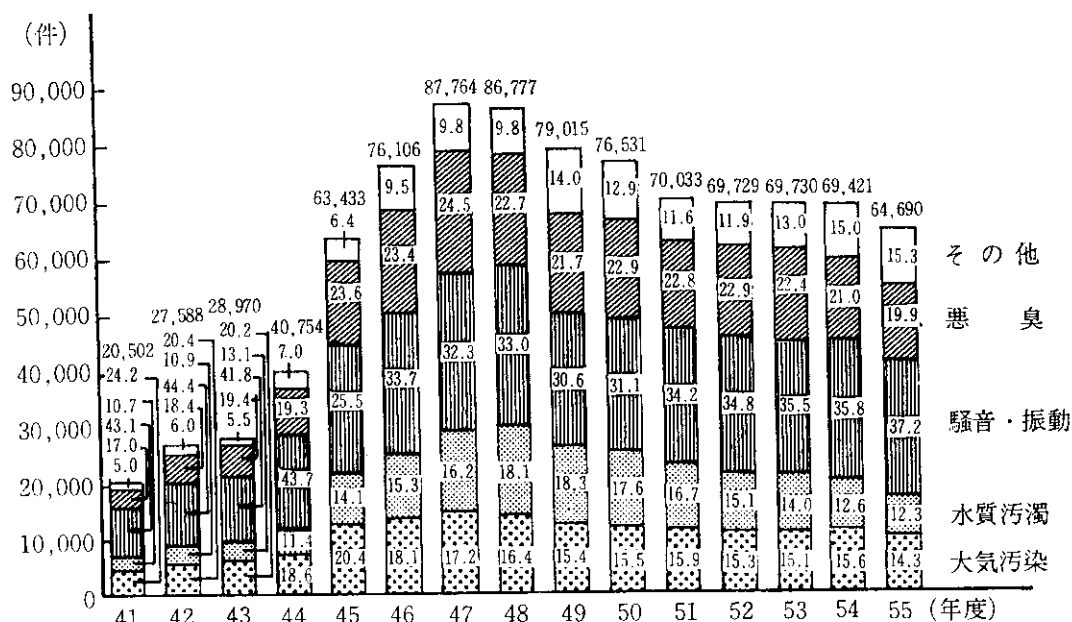
われわれが生活している周囲には種々雑多な音がある。工場、建設作業および交通機関から発生するやかましい音は睡眠を妨げたり、会話を妨害するなど快適な生活環境を損うため「好ましくない音」「ない方がよい音」である。このように、「好ましくない音」「ない方がよい音」を一般に騒音という。最近、公的および私的な

活動により、広い範囲にわたり地域住民に災害、悪影響を及ぼすことに対して、「公害」という言葉を使用している。

この騒音も日常生活に関係深い公害の1つであり、公害苦情発生件数は、全公害苦情件数のうちで最も多い。

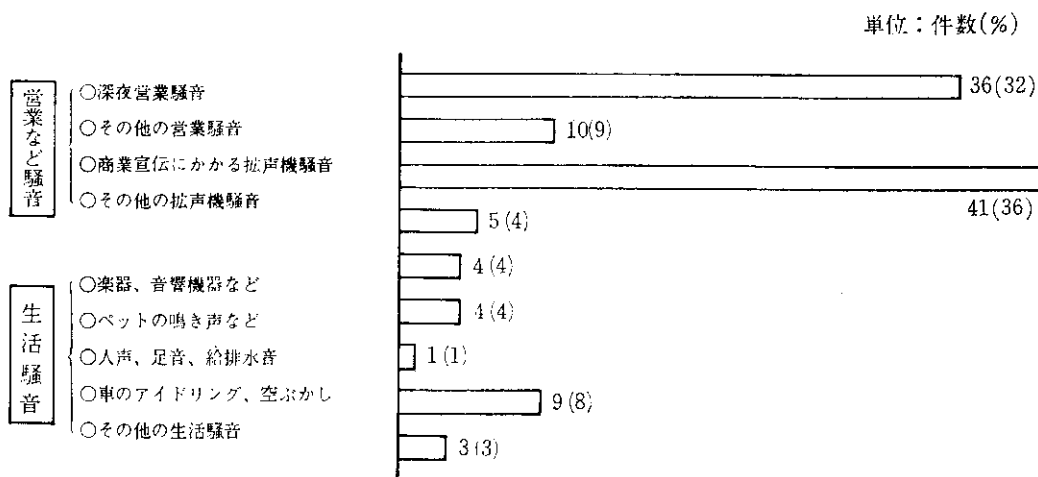
図-1 は環境庁の環境白書による公害の苦情件数の推移である。

さらに騒音公害の内容をみると、図-2 に示すようになる。



(備考) 1. 公害など調整委員会調べ
2. 昌頭の数字は総苦情件数である 環境白書昭和57年全国版より

図-1 公害苦情件数の推移および構成比 (%)



(注) 件数は営業など騒音(92件)およびその他の苦情のうち近隣騒音にかかる件数(21件)の内訳である。
環境白書昭和58年北海道版より

図-2 近隣騒音にかかる苦情

1.2 騒音対策

法令による騒音対策としては、規制法の制定がある。「公害対策基本法」第9条の規定に基づき、騒音にかかる環境上の条件について、生活環境を保全し人の健康の

保護に資するうえで、維持されることが望ましい基準として、表-1 に示す基準が定められ、特に道路に面する地域には表-2 に示す基準が定められている。

これらの値には、現在 L_{50} (中央値) が用いられている。

表—1 騒音にかかる環境基準の概要
(昭和 46 年 5 月 25 日閣議決定)

(a) 道路に面する地域以外の地域 (単位: ホン)

地域の類型	時 間 の 区 分		
	昼 間	朝 夕	夜 間
AA	45 以下	40 以下	35 以下
A	50 以下	45 以下	40 以下
B	60 以下	55 以下	50 以下

表—2 騒音にかかる環境基準の概要 (昭和 46 年 5 月 25 日閣議決定)

(b) 道路に面する地域

(単位: ホン)

地 域 の 区 分	時 間 の 区 分		
	昼 間	朝・夕	夜 間
A 地域のうち 2 車線を有する道路に面する地域	55 以下	50 以下	45 以下
A 地域のうち 2 車線を越える車線を有する道路に面する地域	60 以下	55 以下	50 以下
B 地域のうち 2 車線以下の車線を有する道路に面する地域	65 以下	60 以下	55 以下
B 地域のうち 2 車線を越える車線を有する道路に面する地域	65 以下	65 以下	60 以下

1.3 道路交通騒音の評価法

騒音を評価する方法として、90 パーセントレンジ (L_{95}), 80 パーセントレンジ (L_{10} , L_{90}), L_{50} , L_{eq} などがある。現在、日本では道路交通騒音は L_{50} が一般的であり、環境基準値も L_{50} で評価されている。 L_{50} とは、騒音レベルの中央値のことであり、変動的な騒音を測定する時に使用され、ある時間帯を考えた場合に、あるレベルを越える時間が 50% であることを意味している。

道路交通騒音には、このほかに L_{10} , L_{eq} が使用されることがある。 L_{10} とは 80% レンジ上端値であり、この値より大きな騒音を示す時間が全体で 10% あることを意味し、 L_{eq} とは等価騒音レベルであり、騒音をエネルギーに換算し平均化した値である。 L_{eq} は変動的な騒音を測定する場合、 L_{50} よりも大きな値を示す傾向にある。

2. 道路交通騒音の予測

騒音レベルの中央値 (L_{50}) を予測するために、日本音響学会から (1) 式⁶⁾ に示す予測式が発表されている。

$$L_{50} = \text{PWL} - 8 - 20 \log_{10} l + 10 \log_{10} \left(\pi \frac{l}{d} \tanh 2\pi \frac{l}{d} \right) + \alpha \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし

L_{50} : 騒音レベルの中央値 (dB (A))

PWL: 1 台の車から発生する騒音の A 特性による平均パワーレベル (dB (A))

- (備考) 1. AA を当てはめる地域は療養施設が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域とすること。
2. A を当てはめる地域は主として住居の用に供される地域とすること。
3. B を当てはめる地域は相当数の住居とあわせて商業、工業などの用に供される地域とすること。

l : 車線から受音点までの距離 (m)

d : 車頭間隔 (= $1000V/Q$) (m)

Q : 交通量 (台/h)

V : 速度 (km/h)

α : 補正值 ($\alpha_d + \alpha_i$)

α_d : 回折による補正值 (dB (A))

α_i : 地表面性状等による補正值 (dB (A))

なお、(1) 式は交通量が毎時 1,000 台以上で、走行速度が 30~100 km/h の定常走行の時に使うことができる。

この式から L_{50} を求めるには、PWL, l , d , α の値が必要である。PWL と α については、すでに日本音響学会などで予測式および α の実験調査報告が発表されている。

しかし、北海道のような積雪寒冷地では、積雪により地表面性状や使用するタイヤが夏とは異なり、既存の PWL 予測式では予測できなくなる。また α については、地表面が雪で覆われると通常の土、草地とは異なった距離減衰を示すと思われる。そこで、 L_{50} を予測する際に影響を与える要因を項目ごとに調査検討した。

3. パワーレベル (PWL)

単独車の PWL を予測する式として、日本音響学会より (2), (3) 式⁶⁾ が発表されている。

3 車種分類の場合は、

$$\text{PWL} = 0.2V + 85 + 10 \log_{10} (a_1 + 3.2a_2 + 16a_3) \quad \text{(dB (A))} \quad \dots\dots\dots (2)$$

表-3 道路交通騒音推定計算に用いる車種分類

2分類の場合	3分類の場合	対応するプレート番号
大型車類	大型車類	1, 2, 9
小型車類	小型貨物車類	4 (ライトバンを除く), 6, 3s, 6s, 8s, 二輪車
	乗用車類	3, 4 (ライトバンのみ), 5

注 (1) プレート番号の肩に添字sのあるのは、小型プレートを意味する。

(2) プレート番号8 (特種車) は実態により区分する。

参考 (1) プレート番号2 (バス) には大型バス以外にマイクロバスも含まれる。

(2) プレート番号1 (普通貨物) には、いわゆる大型トラック (200 PS 以上、総重量8トン以上、積重量5トン以上) 以外に200 PS 以下のトラックも含まれる。

2車種分類の場合は、

$$PWL = 0.2V + 87 + 10 \log_{10}(a_{1,2} + a_3) \quad (dB(A)) \dots\dots\dots (3)$$

ただし、

PWL: 1台の車から発生する騒音のA特性による平均パワーレベル (dB(A))

V: 速度 (km/h)

a_1, a_2, a_3 : 車種混入率係数 (乗用車類, 小型貨物車類, 大型貨物車類)

なお、この式の車種分類は表-3に示すとおりである。

3.1 タイヤ種別によるパワーレベル

PWLを決定する要因には、車種、走行速度および舗装の種類があるが、このほかに積雪寒冷地では、冬期間にスパイクタイヤなどの冬タイヤを使用するため騒音レベルが上昇するので、タイヤの種類も要因の1つと考えられる。

そこで、一般走行状態の単独車の騒音レベルを夏タイヤ使用時と冬タイヤ使用時に分けて調査し、同時に走行速度、車種も記録した。車種は表-4に示す3車種分類とした。

得られたデータより日本音響学会のPWL式に準じ、平均速度と車種構成よりタイヤの種別による単独車のPWL式を算出した結果(4),(5)式¹⁾のようになった。

夏タイヤ式

$$PWL = 0.2V + 84 + 10 \log_{10}(a_1 + 4a_2 + 20a_3) \dots\dots\dots (4)$$

スパイクタイヤ式

$$PWL = 0.2V + 95 + 10 \log_{10}(a_1 + a_2 + 3.2a_3) \dots\dots\dots (5)$$

ただし、

表-4 車種分類表

3車種分類	対応する車種
乗用車類	普通乗用車, 小型乗用車
普通貨物車類	普通貨物車, 小型貨物車, バイク
大型車類	大型貨物車*, 特殊車両*, バス

* タコメータ装備車

a_1, a_2, a_3 : 車種混入率係数 (乗用車類, 普通貨物車類, 大型貨物車類)

(4),(5)式から次のことがわかる。

1) 車種混入率係数を一定にして夏タイヤとスパイクタイヤのPWLを比較すると、乗用車類 ($a_1=1, a_2=0, a_3=0$) で11 dB(A)、普通貨物車類 ($a_1=0, a_2=1, a_3=0$) で5 dB(A)、大型貨物車類 ($a_1=0, a_2=0, a_3=1$) で3 dB(A)といずれの車種においてもスパイクタイヤの騒音レベルが高くなっている。

2) スパイクタイヤによる騒音の上昇は、貨物車類よりも乗用車類が著しい。これは、車両のもつ機械音、排気音などが大きい車両よりも、乗用車類のように車両自体から発生する機械音が小さい車両のほうが騒音全体に占めるスパイクタイヤ音の割合が大きいためである。

3) 乗用車換算による車種混入率係数は、スパイクタイヤの式で1 (乗用車類): 1 (普通貨物車類): 3.2 (大型貨物車類) となり、スパイクタイヤに関しては2車種分類で十分である。

3.2 舗装の種類によるパワーレベル

舗装の種類によるパワーレベルの違いを調べるために、アスファルト路面(As)とコンクリート路面(Con)を走行する車両の騒音レベル中央値を夏と冬(無積雪時)に測定した。図-3~6はその結果である。なお、表-5は

調査地点の交通状況である。

図-3～6の結果から次のことがわかる。

- 1) コンクリート路面の騒音レベルは、夏で 3～5 dB (A), アスファルト路面より高い (図-3 参照)。
- 2) 冬は受音点距離 3.5 m 地点を除いてコンクリート

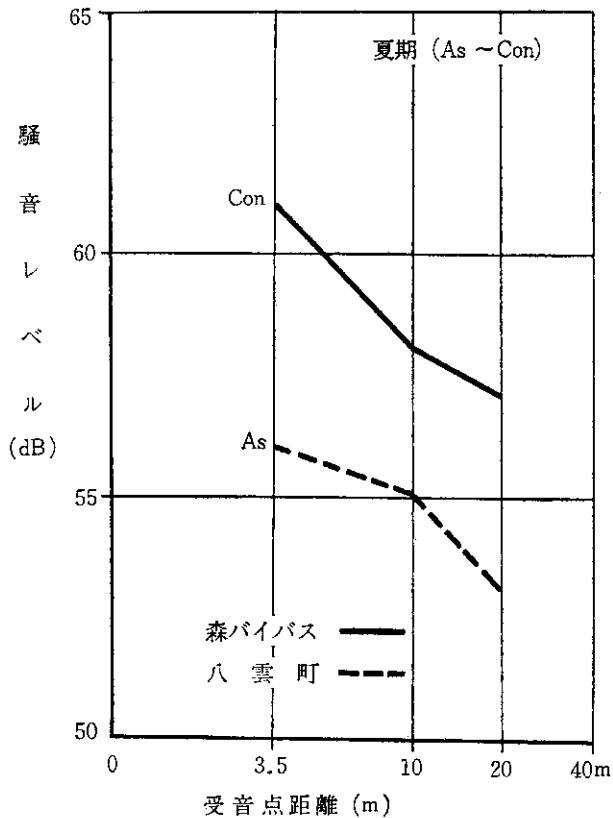


図-3 実測騒音レベル (中央値)

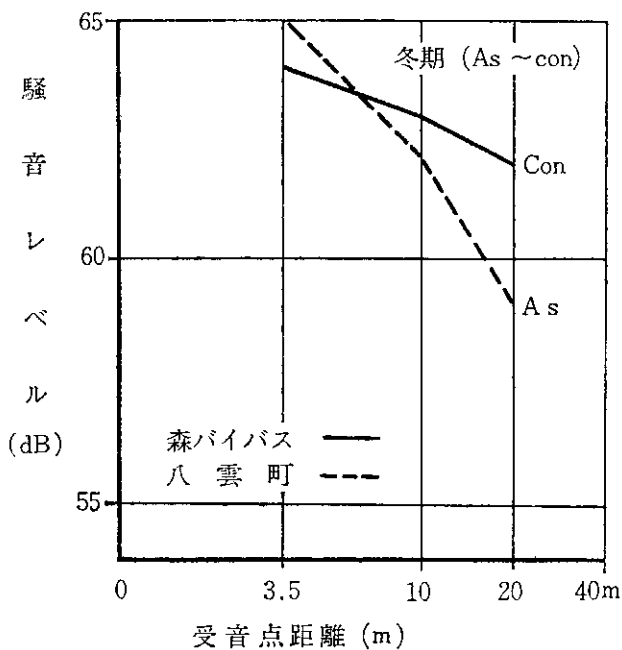


図-4 実測騒音レベル (中央値)

路面の騒音レベルが高いが、夏に比べその差は小さくなっている。これは低温のため、アスファルト路面の固さがコンクリート路面の固さに近づいたためと思われる (図-4 参照)。

3) コンクリート路面の夏期、冬期のレベルの違いは 9～12 dB (A) であるが、これは冬期間の車両が冬タイヤ (スパイク、チェーン) を装着しているためである (図-5 参照)。

4) アスファルト路面でもコンクリート路面と同様に、冬タイヤの影響で冬期の騒音レベルが高くなっている (図-6 参照)。

以上のことから、コンクリート舗装を走行する車両のパワーレベルは、アスファルト舗装の場合より大きく、その差は冬よりも夏において顕著であることがわかった。

次に周波数分析により、コンクリート路面とアスファルト路面で発生する騒音の音質の特色を調べることにした。分析には 10 分間測定データを用い、C 特性で周波

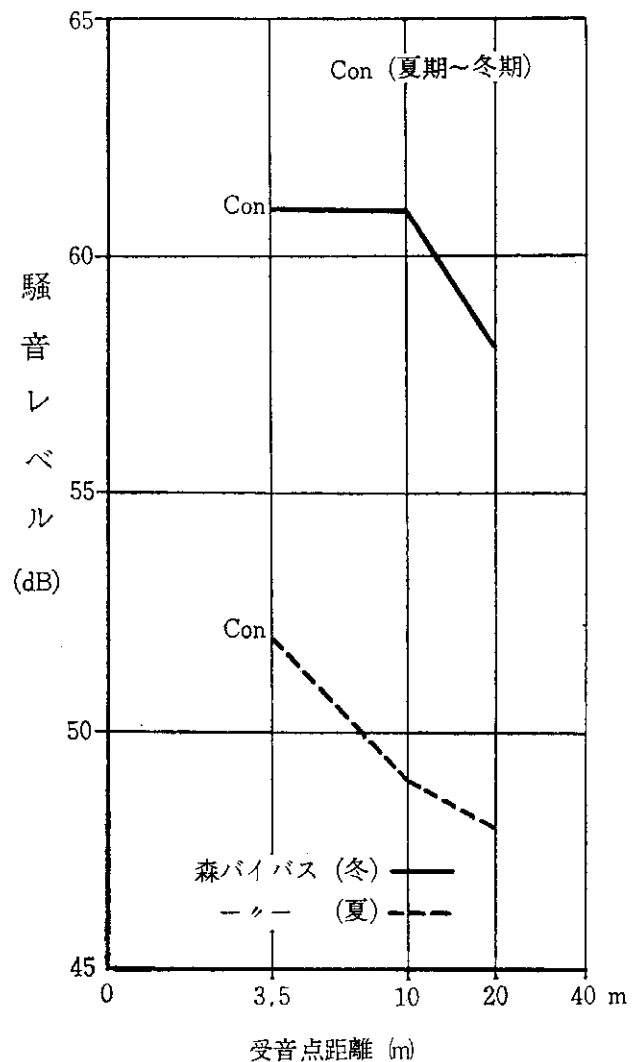


図-5 実測騒音レベル (中央値)

さく
の固
さ
る

い
は
イ
ヤ
(図-5

同
様
て
い

両
の
く
そ
た。
、
フ
に
し
周
波

表-5 交通調査総括表

測定地点	測定年月日	車線数	幅員	番号	速度 (km/h)	交通量 (台/10分)			
						乗用	普貨	大貨	計
八雲町鷺ノ巣 (As)	51. 9. 30	2	7.0	1-1	54	37	20	21	78
				-2	//	32	25	25	82
				-3	//	44	20	21	85
				-4	//	32	20	24	76
"	51. 11. 26	2	7.0	2-1	53	33	22	12	67
				-2	56	36	16	19	73
				-3	54	36	16	21	68
森町森バイパス (Con)	51. 7. 16	2	7.0	3-1	55	47	13	12	72
				-2	//	43	22	20	85
				-3	//	42	17	11	70
				-4	//	37	8	10	55
"	51. 11. 25	2	7.0	4-1	53	30	13	12	55
				-2	//	29	21	14	64
				-3	52	29	11	11	51
				-4	53	30	14	18	62

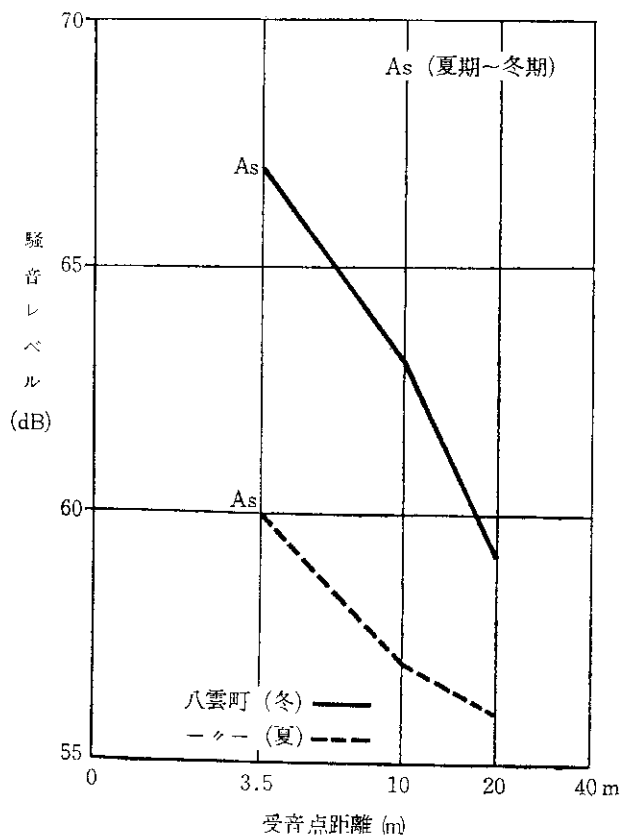


図-6 実測騒音レベル (中央値)

数ごとにピーク値を平均し使用した。図-7 に示すように、受音点距離 3.5 m では、125 Hz で 4 dB (C), 250 Hz で 5 dB (C), コンクリート路面が高い値を示し、500 Hz 以上についてはコンクリート路面とアスファルト路面は、ほとんど同じ値を示している (図-7 参照)。

受音点距離 10 m では、250 Hz 以外の周波数は 4~6 dB (C) コンクリート舗装の方が高い値を示している (図-8 参照)。

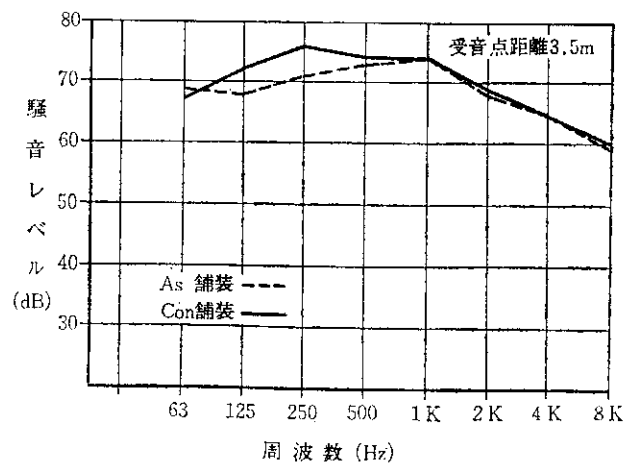


図-7 As 舗装と CON 舗装の周波数分析

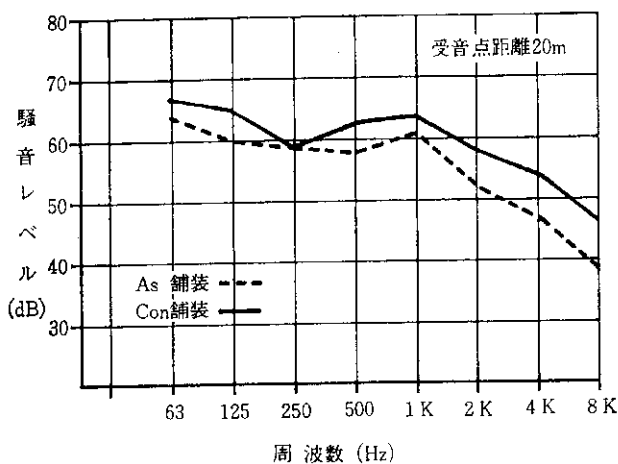


図-8 As 舗装と CON 舗装の周波数分析

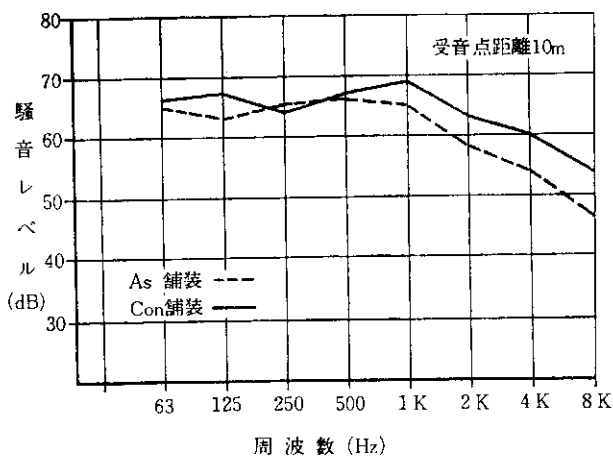


図-9 As 舗装と CON 舗装の周波数分析

受音点距離 20 m では、250 Hz 以外の周波数は 3~8 dB (C)、コンクリート舗装の方が高い値を示しており、10 m 地点と同様のことがいえる (図-9 参照)。

4. 地表面性状による騒音レベルへの影響

L_{50} 予測式の地表面性状などによる補正值 (α_i) を調べるために、実走行車両の騒音を測定した。図-10~12 はその測定結果をまとめたものである。なお、予測値は (1) 式を用い、補正值はないものとして計算した値である。この結果、音源から遠ざかるに従い予測値と実測値が一致しなくなり、地表面性状による影響があることがわかる。また積雪時 (ざらめ雪) には、実測値の方が予測値より高くなっているが、これは車両がスパイクタイヤを装着したためであり、他のデータと同一に考えることはできない。そこで音源を同一にするため、発電機のエンジン音を用いて距離減衰の実験を行った。

図-13 はその測定結果である。図-13 よりアスファルト路面以外の実測値は、予測値 (α_i を含まない) より小

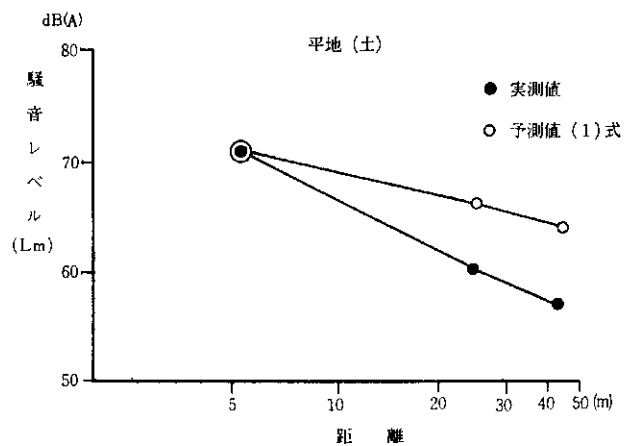


図-10 実測値と予測値の比較

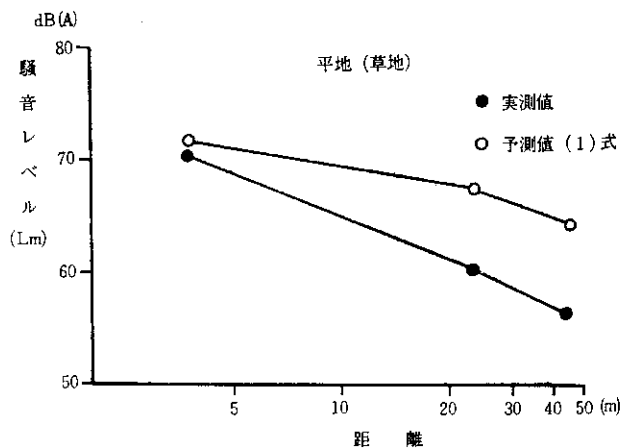


図-11 実測値と予測値の比較

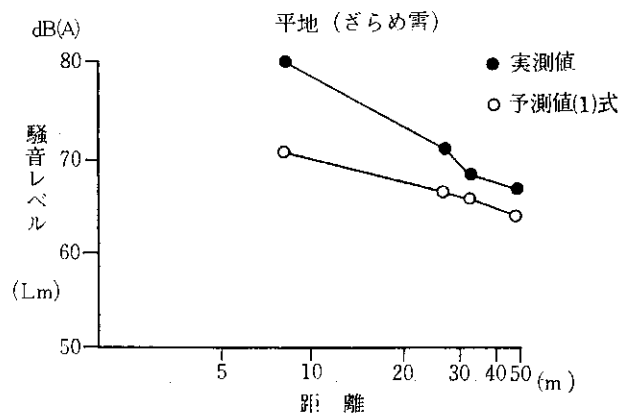


図-12 実測値と予測値の比較

さな値を示している。これは地表面が、完全反射体ではないため音が吸収された結果である。

そこで、地表面が完全反射体でない場合の距離減衰の式 (点音源) を考えると、(7) 式³⁾ のようになる。なお、(6) 式¹⁰⁾ は完全反射体の式である。

$$SPL = PWL - 8 - 20 \log_{10} L \quad (6)$$

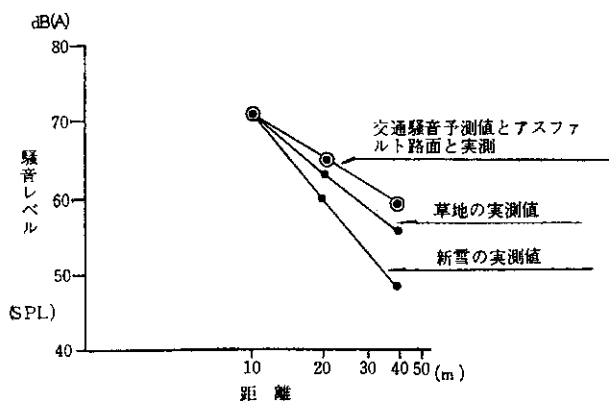


図-13 地表面性状別騒音レベル

$$\begin{aligned} \text{SPL}' &= \text{PWL} - 8 - (20 + K) \log_{10} l \\ &= \text{PWL} - 8 - 20 \log_{10} l - K \log_{10} l \dots\dots (7) \end{aligned}$$

ただし

l : 音源からの距離 (m)

PWL: 音源のパワーレベル (dB)

SPL: 地表面が完全反射体の場合の音源から距離 l はなれた地点の騒音レベル (dB (A))

SPL': 地表面が非完全反射体の場合の音源から距離 l はなれた地点の騒音レベル (dB (A))

K : 地表面性状による減衰係数

(6)式と比べて(7)式には、 $(-K \log_{10} l)$ の項があり、これがすなわち地表面性状による減衰量である。そこで、地表面性状別の実測値の騒音レベルを従属変数、距離を独立変数として、(7)式を用いて最小自乗法で回帰した結果、 K の値は表-6に示すようになる。

表-6 減衰係数

草 地	草丈 15 cm 以上	$K = 5 \sim 7$
	草丈 15 cm 以下	$K = 3 \sim 5$
雪	新 雪	$K = 10 \sim 16$
	ざ ら め 雪	$K = 5 \sim 10$
土	畑のような軟い土	$K = 5 \sim 7$
アスファルト舗装	特に関係なし	$K = 0$

なお、 K の値を用いて減衰量を計算した結果を図-14に示す。

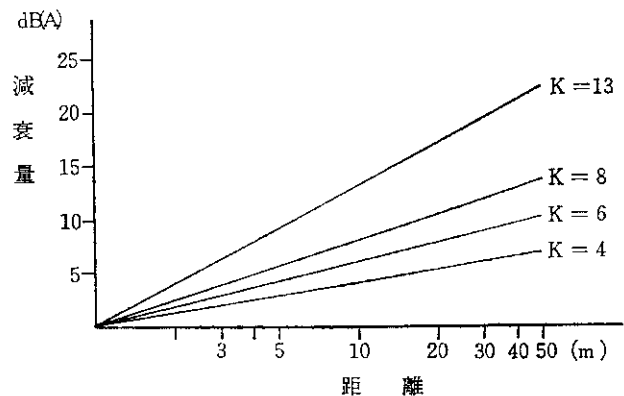


図-14 減衰係数 K と減衰量

5. 回折による音の伝播

5.1 遮音塀による回折

予測式の補正項のなかで、地表面性状のほかに遮音塀などの回折による減音効果が考えられる。遮音塀の減音効果については、建設省土木研究所から以下に示す減音効果推定式⁷⁾が発表されている。

$$\Delta L = -5 \log_{10} |N| - 2 \dots\dots (8) \quad (N < -0.1)$$

$$\Delta L = 30N + 6 \dots\dots (9) \quad (-0.1 < N < 0.1)$$

$$\Delta L = 6 \log N + 15 \dots\dots (10) \quad (0.1 < N < 1.5)$$

$$\Delta L = 10 \log N + 14 \dots\dots (11) \quad (N > 1.5)$$

ただし、

ΔL : 単音源の場合の遮音塀の減音値 (dB (A))

$$N = 2\delta/\lambda$$

$$\lambda = V_c/f \text{ (m)}$$

$$\delta = A + B - C \text{ (m)}$$

V_c : 音速 (m/sec)

f : 対象となる音の代表周波数 (Hz/sec)

A : 音源から塀の上端までの距離 (m)

B : 塀の上端から受音点までの距離 (m)

C : 音源から受音点までの距離 (m)

δ について図で表現すると図-15のような関係にある。なお、以上の式は点音源の減衰式であり、いずれも室内実験からのものである。

この式より求められる推定値と実際の塀による点音源の減衰効果を調べるために実験を行った。

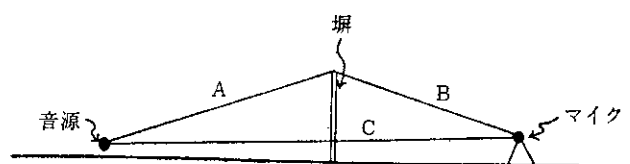


図-15 塀と音の伝播図

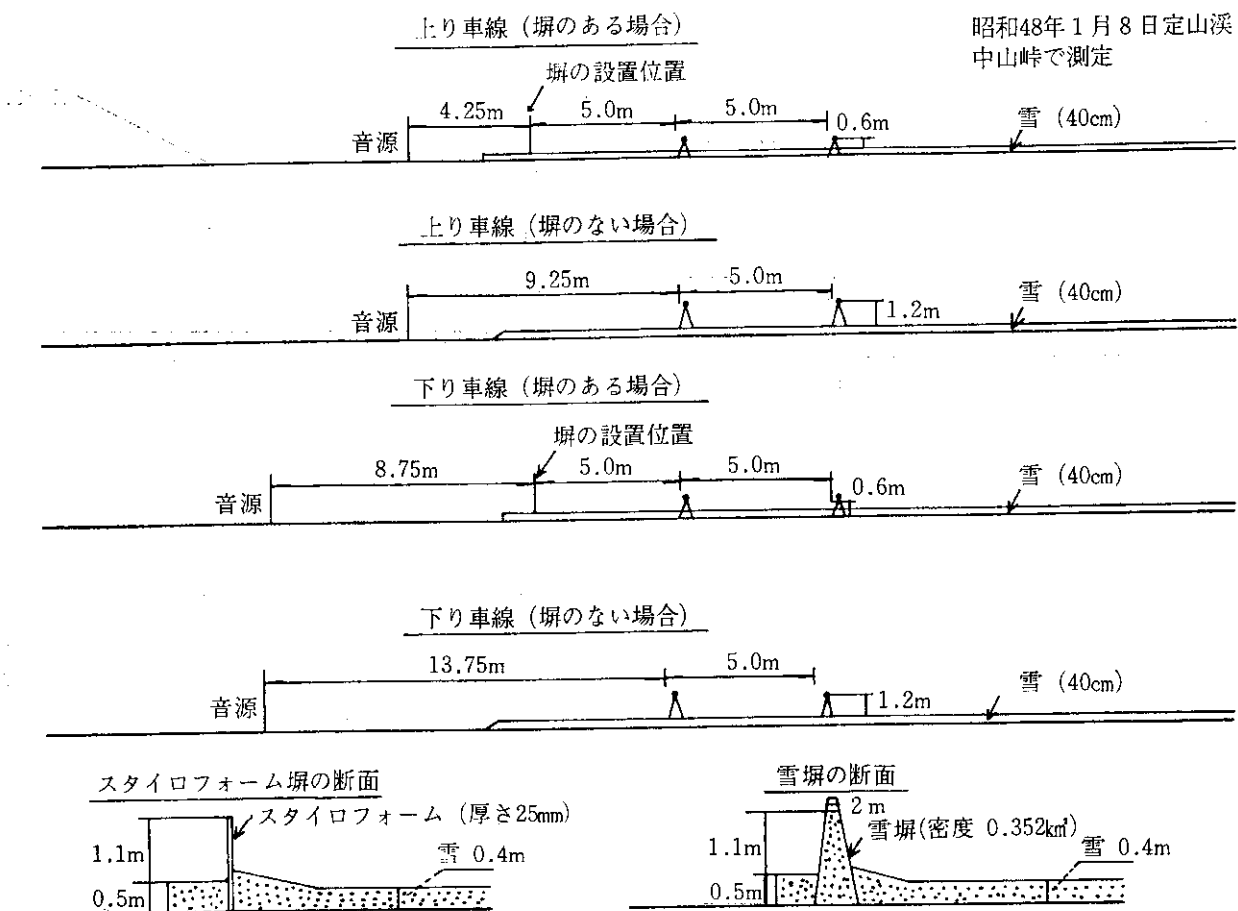


図-16 単音源の場合の塀による減音量測定状況図

実験は一般国道230号で音源として2.5t積トラックを使用し、速度を50km/hとして上り車線と下り車線に分けて走行させた。測定は塀のある場合と塀のない場合について行い、塀は高さ1.6m、長さ20mのスタイロフォーム塀と雪の壁を道路に沿って作った。図-16は測定状況図である。測定結果を図-17, 18に示す。

この結果をみると、上り車線では実測値と推定値はよく一致しているが、下り車線では実測値のほうが3~4dB(A)ほど小さな値となり、推定よりも減音効果が少なかった。また、上り線と下り線の実測値を比較すると、下り線の方が4dB(A)程度小さな値である。これは、音源と塀の距離が長くなると径路差が小さくなるため、減音量が小さくなるものと思われる。

次に複数音源の場合の塀の減音効果を調べるため実験を行った。実験は一般国道5号で音源には一般交通騒音を使用し、塀はブロック塀、なまこ鉄板塀、レンガ塀について行った。図-19は測定状況図である。測定結果を図-20~22に示す。

なお図中の推定値は、下記の複数音源の減音効果推定式より求めた値である。

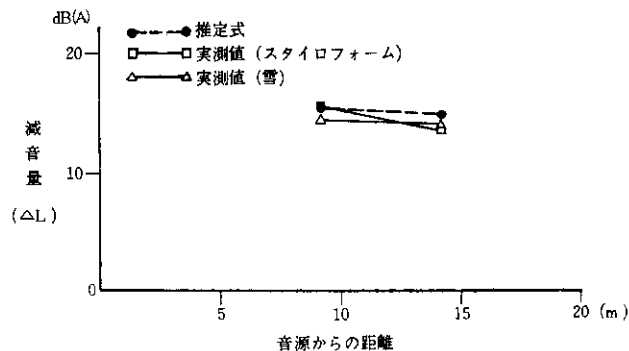


図-17 単音源の場合の塀の減音量 (上り車線)

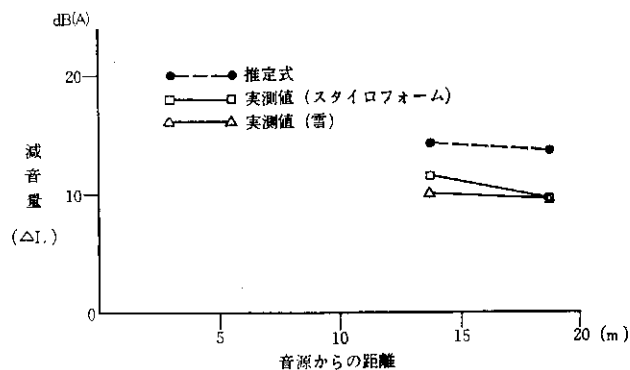
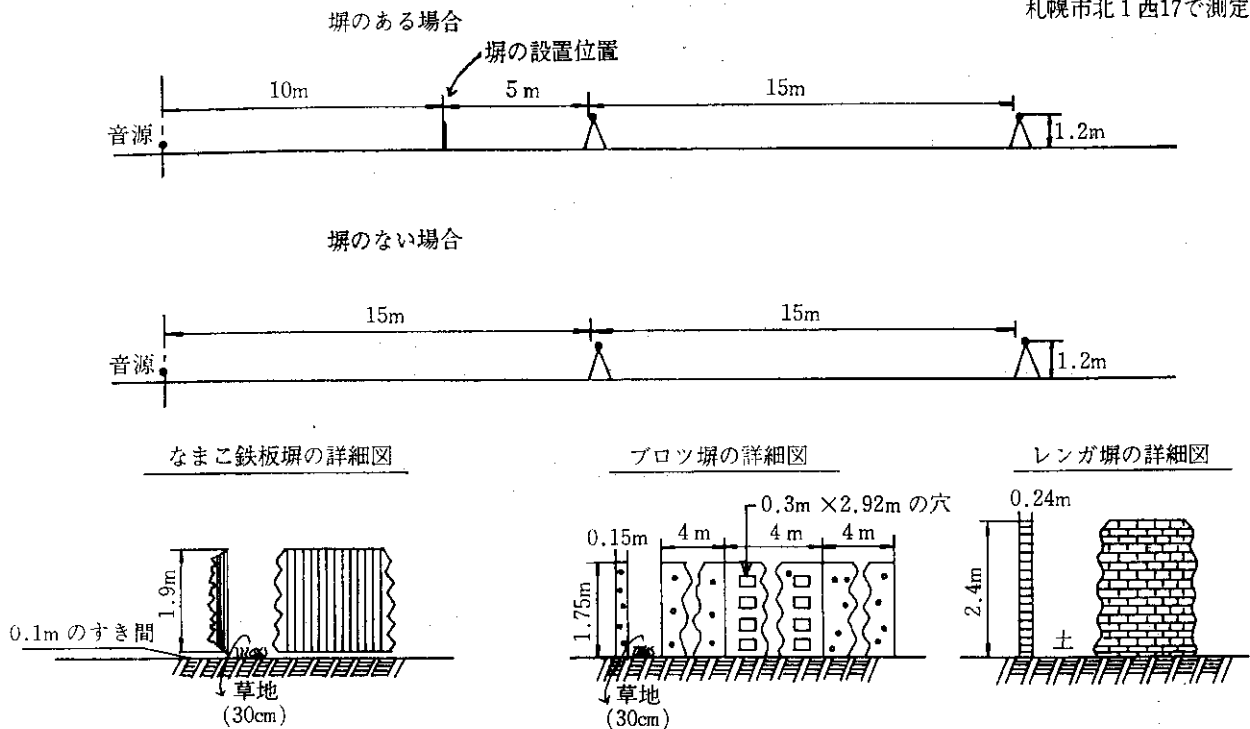
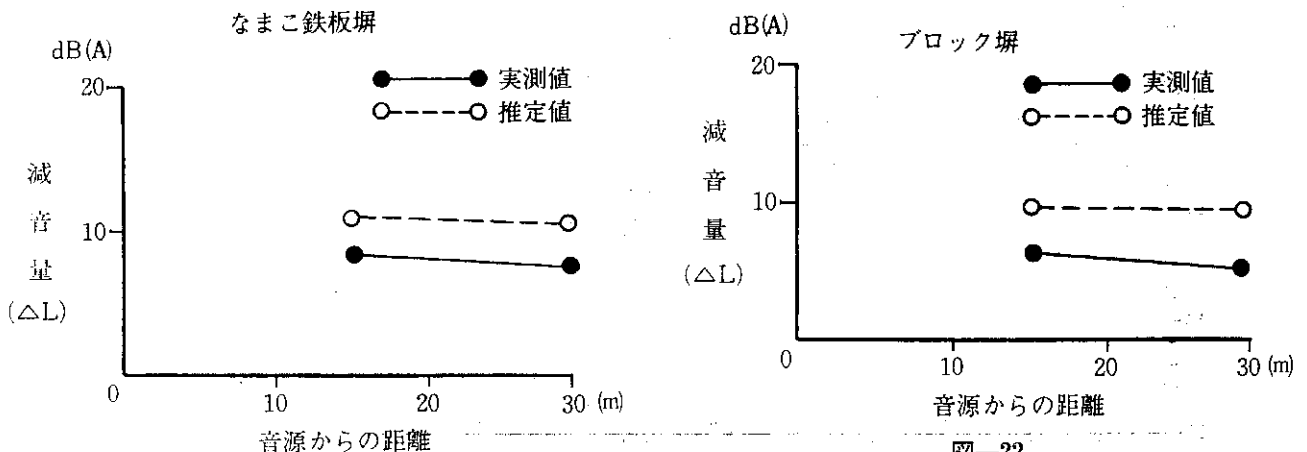


図-18 単音源の場合の塀の減音量 (下り車線)

昭和47年10月22日
札幌市北1西17で測定

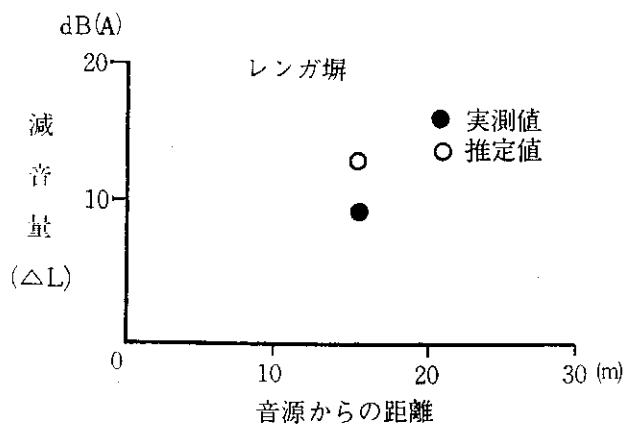


図—19 複数音源の場合の塀による減音量測定状況図



図—20

図—22



図—21

$$\Delta L = -5 \log_{10} |N| - 5 \dots (12) \quad (N < -0.1)$$

$$\Delta L = 30N + 3 \dots (13) \quad (-0.1 < N < 0.1)$$

$$\Delta L = 6 \log_{10} N + 12 \dots (14) \quad (0.1 < N < 1.5)$$

$$\Delta L = 10 \log_{10} N + 11 \dots (15) \quad (N > 1.5)$$

測定結果をみると、減音量は推定値の方が実測値より 3 dB(A) 程度高くなっており、実測では減音効果が推定値ほど期待できなかった。これは、予測式が室内実験の結果であるため、野外と環境条件が異なるためと考えられる。

5.2 遮音壁の効果

遮音壁の効果を調べるために、遮音壁が設置されてい

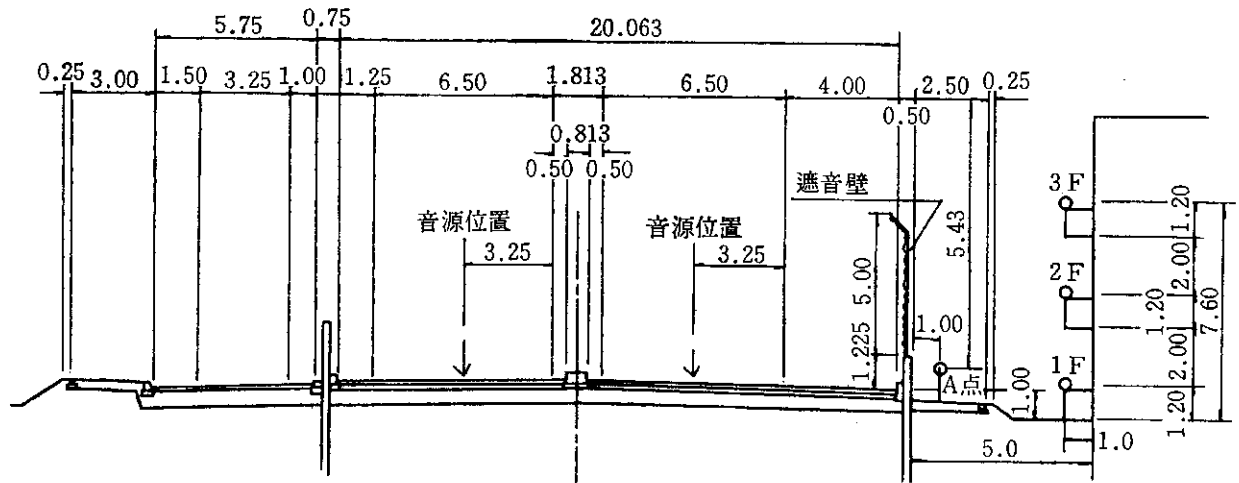


図-23 室蘭新道騒音測定箇所横断面図

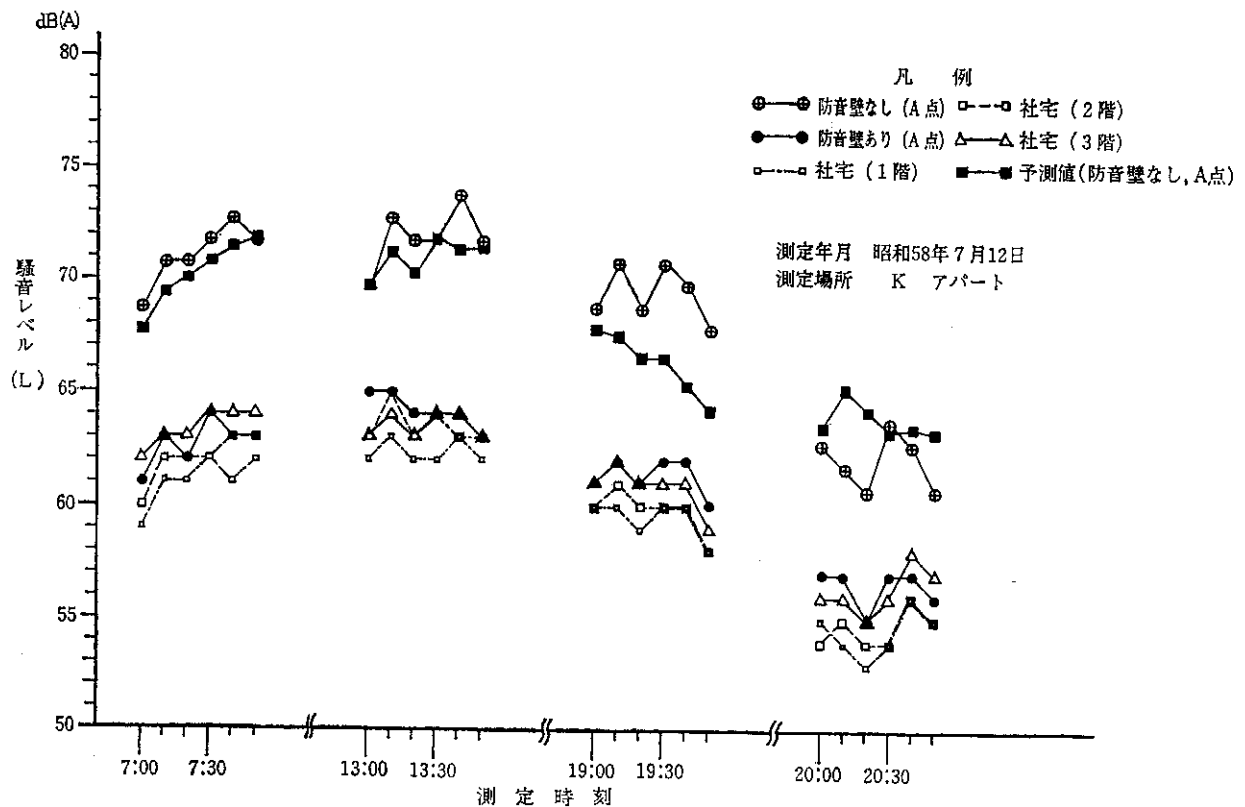


図-24 室蘭新道騒音調査

る室蘭新道において、交通騒音調査を行った。測定は遮音壁設置箇所と未設置箇所および住宅用アパートの各階に騒音計を図-23に示すように設定して行った。

その測定結果を図-24に示す。なお、表-7は10分間交通量である。なお図-24のなかの予測値は(1)式より求めた値である。

測定結果より次のことがわかる。

1) 路肩における遮音壁設置箇所では、日中で8 dB(A)、夜間で5 dB(A)程度、遮音壁のない個所に比べて騒音レベルが低かった。

表-7 室蘭新道 10分間交通量 (台/10分)

分	00~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60
7:00	284	407	585	605	591	551
13:00	327	414	399	394	364	388
19:00	319	328	287	257	241	201
20:00	198	220	188	184	173	170

* 昭和58年7月12日測定

表-8 遮音壁による減衰量予測値

受音点位置	音源位置	音源から壁までの距離 A (m)	壁から受音点までの距離 B (m)	音源から受音点までの距離 C (m)	径路差 δ (m)	音速 V_c (m/s)	周波数 c (Hz)	N	dB (A) 減衰量 予測値 $4L$	dB (A) 減衰量 (上下線平均)
A点	上り	17.0	5.8	17.0	5.8	330	600	21.1	27.2	27.8
	下り	10.2	6.2	8.8	7.6	〃	〃	27.6	28.4	
1F	上り	17.0	7.6	20.2	4.4	〃	〃	16.0	26.0	26.8
	下り	10.2	7.8	12.0	6.0	〃	〃	21.8	27.4	
2F	上り	17.0	5.2	20.4	1.8	〃	〃	6.5	22.1	23.5
	下り	10.2	5.4	12.4	3.2	〃	〃	11.6	24.6	
3F	上り	17.0	5.8	21.0	1.8	〃	〃	6.5	22.1	22.8
	下り	10.2	5.8	13.6	2.4	〃	〃	8.7	23.4	

* 上りとは室蘭方向, 下りとは苫小牧方向である。

2) アパートの各階の騒音レベルは, 3階では平均 61 dB(A) であるが, 2階では 60 dB(A), 1階では 59(A) と階が低いほど小さい値であった。これは, 遮音壁により音が回折するからであると思われる。

3) 予測値と実測値の違いをみると, 7時と13時の時間帯ではほぼ一致しているが, 交通量の少ない20時では一致しなくなる。これは予測式の仮定が一列等間隔で車両が走行し, かつ交通量が1,000台/h以上を条件としているため, この条件と異なる時には予測値と実測値は一致しなくなるからである。

次に遮音壁の減衰量を(11)式を用いて計算してみると表-8となる。表より遮音壁による減衰量は, 遮音壁より1mの地点(A点)では, 27.8 dB(A), 1Fでは26.8 dB(A), 2Fでは23.5 dB(A), 3Fでは22.8 dB(A)となった。しかし, この値は実測値の5~8 dB(A)の減衰量と比べて大きな値である。この原因は, 遮音壁に用いられてい

る材料が完全な遮音材ではなく, 透過性の材料であったため音が透過したためと思われる。また(11)式は点音源の式であるが, 実際の交通騒音は厳密には点音源ではないためである。

5.3 トンネル坑口付近の騒音

トンネル内を走行する車両は, トンネルの壁面により音が反射され, 騒音レベルが大きくなる傾向にある。そこで, トンネル内を車両が走行しているときのトンネル坑口付近の騒音を調査した。調査は単独車による場合と一般交通の騒音測定と2とおりを行った。

単独車による調査は, 大型トラック(6t積み)を速度50 km/hの一定速度でトンネル内の道路中央部を走行させ, 車両がトンネルに入ってからでの騒音レベルを記録したものである。なお, 図-25は測定地点の状況図である。

測定結果を図-26~29に示す。測定結果のなかの減衰

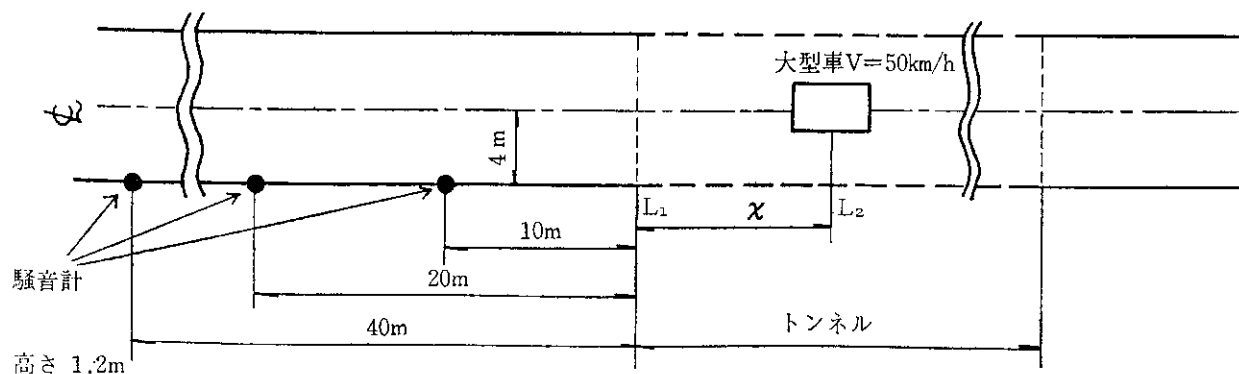


図-25 測定状況図(単独車)

札文トンネル

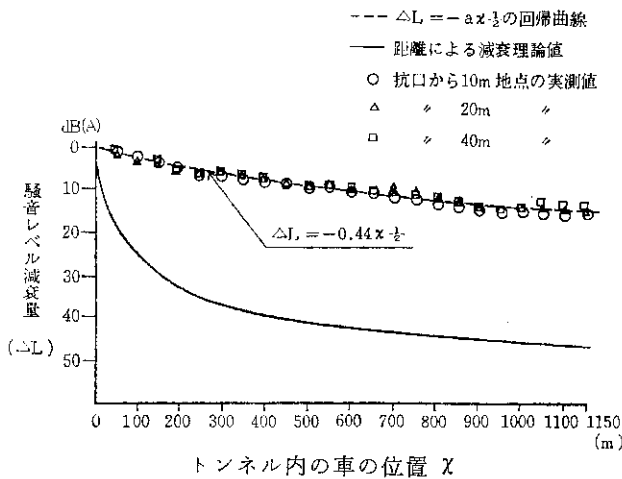


図-26 トンネル内の騒音レベル

静狩トンネル

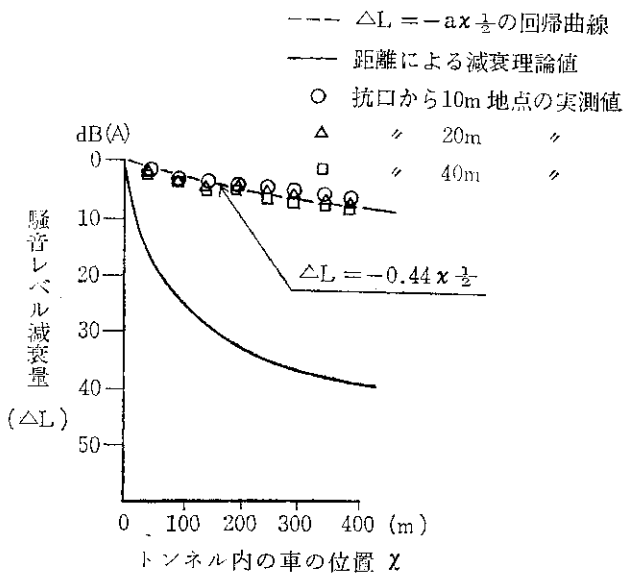


図-27 トンネル内の騒音レベル

理論値は次の式⁵⁾で求めた。

$$\begin{aligned} \Delta L &= \text{SPL}_1 - \text{SPL}_2 = (\text{PWL} - 8 - 20 \log_{10} l_1) \\ &\quad - (\text{PWL} - 8 - 20 \log_{10} l_2) \\ &= -20(\log_{10} l_1 - \log_{10} l_2) = -20 \log_{10} l_1 / l_2 \end{aligned} \quad (16)$$

ただし、

ΔL : 距離による減衰理論値 (dB(A))

SPL_1 : 音源から受音点までの任意の距離における騒音レベル (dB(A))

(本実験では、4 m 地点の SPL を用いて、この値を基準の値とした)

SPL_2 : 音源から受音点までの任意の距離における

豊泉トンネル

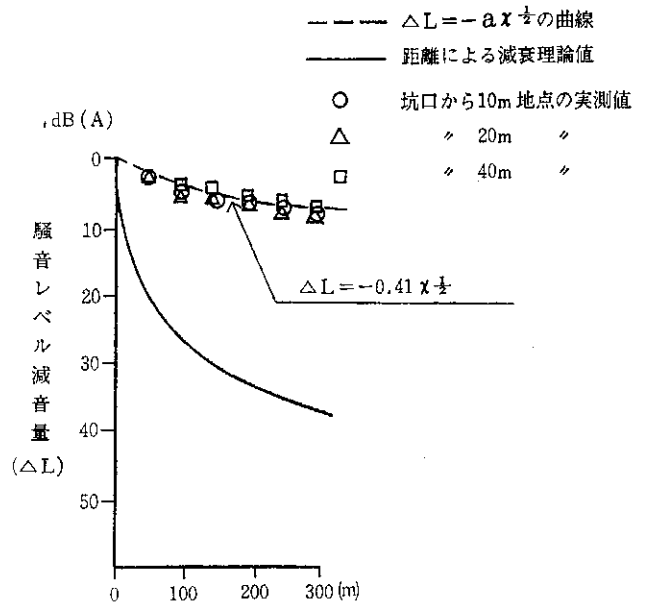


図-28 トンネル内の騒音レベル

忍路トンネル

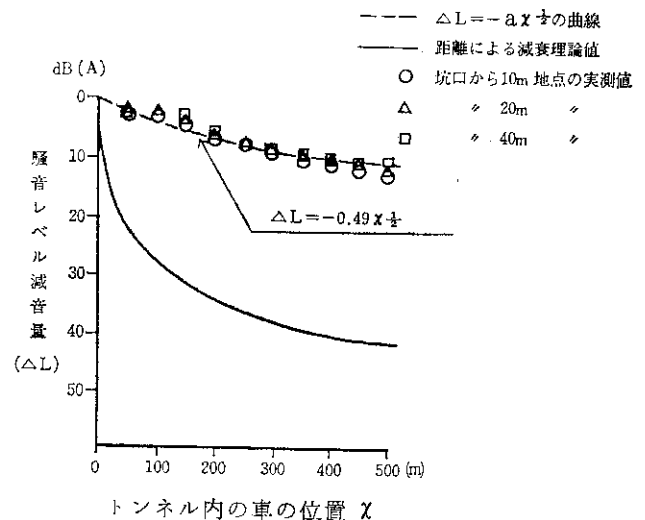


図-29 トンネル内の騒音レベル

騒音レベル (dB(A))

PWL: 音源のパワーレベル (dB(A))

l_1 : 音源から受音点までの任意の距離 (本実験では 4 m を用いた)

l_2 : 音源から受音点までの任意の距離 (m)

測定結果から、トンネル内では実験車が受音点から遠ざかるに従い騒音レベルは減衰していくが、距離減衰理論値と比べて非常に小さい。これはトンネル壁面により音が反射合成されたためと思われる。

なお、測定結果からトンネル内を 1 台の車が走行する

時の距離減衰量を予測する意味で(17)式⁵⁾を考えた。

$$\Delta L = -aX^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (17)$$

ただし、

$0 \leq X \leq X$ とすると、

X : 坑口から音源(実験車)までの距離(m)

X : トンネルの長さ(m)

ΔL : トンネル内の音源(実験車)の位置による騒音レベルの減衰量(dB(A))

a : トンネルによる定数

(17)式の a の値、トンネルの断面積、形状、トンネル内装材料により決まる値であり、これを減衰係数と呼ぶことにする。なお、この実験では調査結果に基づいて a を決定したので、その値を図-26~29にあわせて示した。

一般交通の調査は、実験車を用いた時と同様に騒音計を設定し、車種別交通量と平均速度を記録した。測定結

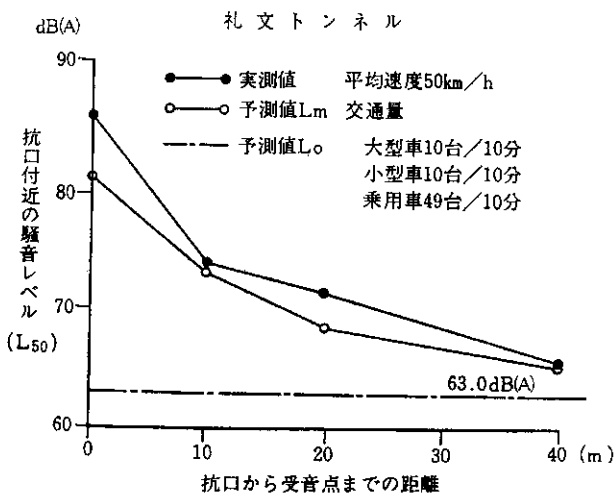


図-30 トンネル内の騒音レベル

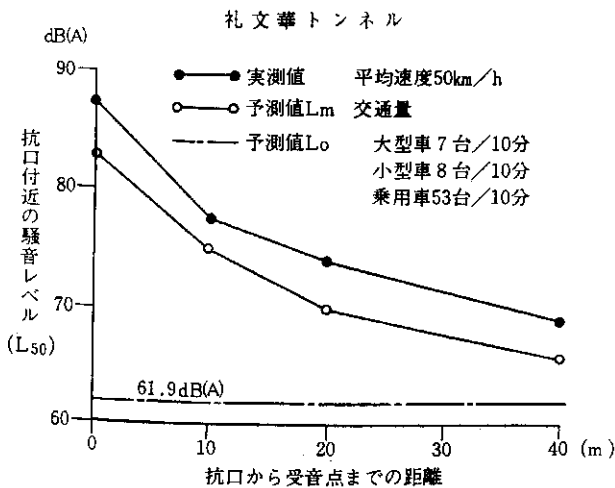


図-31 トンネル内の騒音レベル

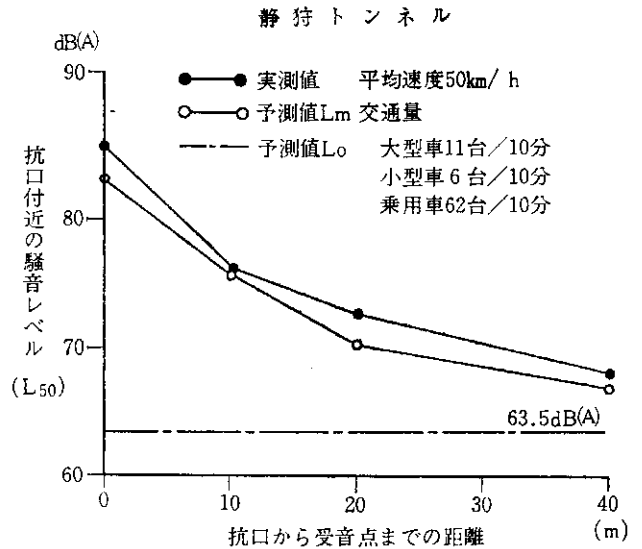


図-32 トンネル内の騒音レベル

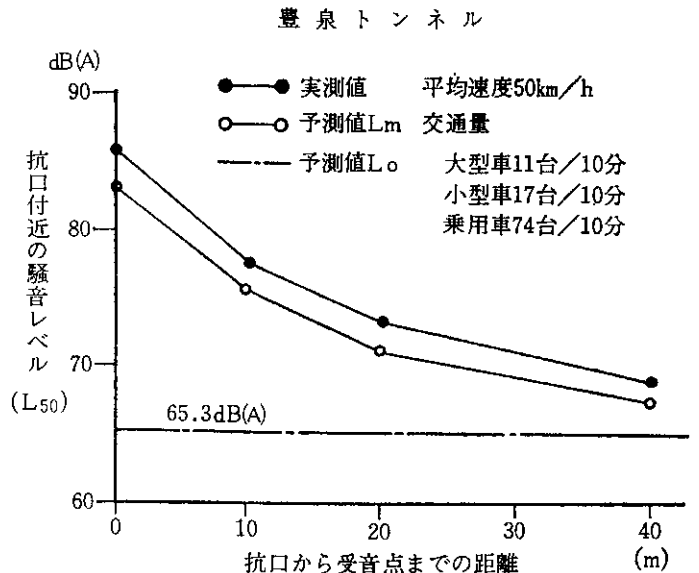


図-33 トンネル内の騒音レベル

果を図-30~33に示す。

図-30~33にある予測値 L_m と予測値 L_0 について説明する。

図-34に示すように、トンネル坑口付近のC点ではトンネル内を走行する車両と、トンネル外の道路を走行する車両の騒音が、合成されたものであると考えることができる。

トンネル内を走行する一般車両の騒音は、(18)式⁵⁾で表わすことができる。

$$L_T = 94 + 10 \log_{10} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{SPL_i - a \left\{ \frac{d}{2} + (i-1)d \right\}^{\frac{1}{2}} - 94}{10}} \dots\dots\dots (18)$$

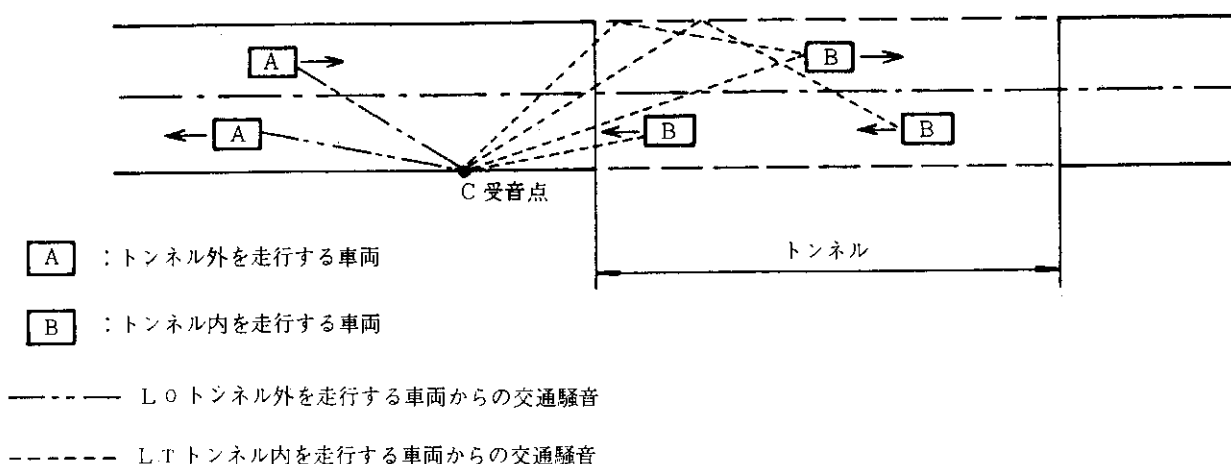


図-34 トンネル坑口付近の騒音の伝播経路

ただし

L_T : トンネル内を走行する車両から受ける騒音レベル (dB(A))

94: 音圧 1N/m^2 のときの騒音レベル

SPL: 音源から受音点までの任意の距離における騒音レベル (dB(A))

a : トンネルの形状による減衰係数

d : 平均車頭間隔 (m)

i : ある時点におけるトンネル内走行車両台数

また、トンネル外の道路を走行する車両からの騒音レベルは、(1)式から(19)式⁶⁾のように表わすことができる。

$$L_0 = \text{PWL} - 8 - 20 \log_{10} l + 10 \log_{10} \left(\pi \frac{l}{d} \tanh \cdot 2\pi \cdot \frac{l}{d} \right) \dots \dots \dots (19)$$

L_T と L_0 を合成し、整理すると(20)式のようになる。すなわち、これがトンネル坑口付近での交通騒音(中央値)の予測式⁵⁾である。

$$L_M = 94 + 10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_0 - 94}{10}} + 10^{\frac{L_T - 94}{10}} \right) \dots \dots \dots (20)$$

ただし、

L_M : トンネル坑口付近での交通騒音(中央値) dB(A)

L_T : トンネル内を走行する車両からの交通騒音(中央値) dB(A)

L_0 : トンネル外の道路を走行する車両からの交通騒音(中央値) dB(A)

図-30~33の測定結果から実測値と予測値を比較すると、どのトンネルにおいても予測値の方が1~3 dB程度

小さい値となっている。これは坑口付近の地形が切土であり、音が切土のり面に当たって反射音場を作りだしたと思われる。

6. 騒音レベル測定方法(JIS-Z 8731)の改訂

6.1 概要

わが国における騒音測定に関する規格としては、JIS Z-8731「騒音レベル測定方法」が昭和32年度に制定され、その後昭和41年の改正以来、永年にわたり用いられてきた。しかし、その後の環境騒音問題の変化、国際的動向などから内容の見なおしが行われ、昭和54年に日本音響学会に改訂作業委員会が組織され、4年の改訂作業の後、改訂規格が発表された。

この規格は、騒音の評価量として従来の時間率騒音レベル(L_{50} , L_{10} など)のほかに、等価騒音レベル(および単発騒音暴露レベル)がISO規格にならって新しく導入されており、これを今後の環境騒音の評価量として用いていこうというのがこの規格の主旨である。

一方、時間率騒音レベルについては、行政において各種格規、法律で現に用いられていることを考慮し、当分の間使用されることとなった。

騒音レベルの単位はデシベルを使用し、その正式記号は“dB”とし、従来慣習的によく用いられ、A特性音圧であることを示した“dB(A)”についても使用を認めることとした。ただし、これまで用いられてきたホンは、ラウドネスレベルの単位である“Phon”と混同されやすく、誤解される恐れがあるので使用しないこととなった。等価騒音レベルの記号は、ISO規格と同じく $L_{Aeq,T}$ としているが、混同の恐れがない場合は L_{Aeq} または L_{eq} としてもよいこととしてある。なお、添字の T は測定時間を表示するために付記したものである。

6.2 等価騒音レベル ($L_{Aeq,T}$)

等価騒音レベルとは、騒音レベルが時間とともに変化する場合、測定時間内でこれと等しい平均二乗音圧を与える連続定常音の騒音レベルであり、(21)式⁸⁾で定義できる。なお、図-35は実測値 $L_A(t)$ と等価騒音レベル L_{Aeq} を示したものである。

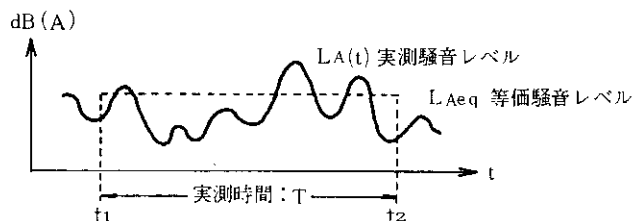


図-35 等価騒音レベル L_{Aeq} の意味

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right] \dots\dots (21)$$

ただし

$t_2 - t_1$: 実測時間

$P_A(t)$: A 特性音圧

P_0 : 基準音圧 ($20 \mu Pa$)

また、測定値が有限個である場合は、(22)式⁹⁾のように近似することができる。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \left(10^{\frac{L_{A1}}{10}} + 10^{\frac{L_{A2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{An}}{10}} \right) \right] \dots\dots (22)$$

ただし、

$L_{A1}, L_{A2}, \dots, L_{An}$: 騒音レベルの測定値

n : 測定値の総数

等価騒音レベルの求め方には、以下に示す2つの方法が規定されている。

(1) A 特性音圧の2乗積分による方法

実測時間 T にわたって A 特性音圧を2乗積分し、 T で割り平均してレベル表示するという(21)式の定義どおりに演算する方法である。この方法は、積分型騒音計の使用を前提としている。

(2) 騒音レベルのサンプリングによる方法

実測時間全体にわたって一定時間隔ごとに騒音レベルを測定(サンプリング)し、その結果のエネルギー平均値として(22)式によって求める方法である。

6.3 JIS と法規制の関係

等価騒音レベルが他の評価量に比べて優れている点は、多種多様な騒音について、そのいかなる場合におい

ても整合のとれた評価量であることである。例えば道路交通騒音においては、夜間交通量が少なくなったときに大型車両通過による騒音が中央値に反映されない問題がある。

この種の問題は、等価騒音レベルの導入により改善されることは確かである。

しかし、従来の評価量をもとに設定されている法令などを改訂するためには、法令に含まれる評価値の変更が必要であり、それには慎重な検討が行われなければならない。そこで、今後評価値の変更が行われるまでは、現在の評価値(中央値)が用いられ、特に定めがある場合には指定された評価値(等価騒音レベル、単発騒音暴露レベルなど)を用いることとなった。

測定器については、現在 IEC において積分型騒音計の規格が審議中であり、JIS に取入れられるのも数年先になると考えられる。測定器に関する規定では、「測定は JIS-C-1505 に定める精密騒音計もしくは JIS-C-1505 に定める普通騒音計、またはこれと同等以上の性能をもつ機器を用いて行わなければならない」とある。したがって、等価騒音レベルを求める方法は、原則として現在の騒音計の出力からサンプリングによって求めることとした。

なお、規定のなかで「これらと同等以上の性能をもつ機器」と示されているのは、近い将来に積分型騒音計が正式規格となり、それに基づいた測定器が市販されることが確実視されている。

7. ま と め

積雪寒冷地における道路交通騒音の問題として、スパイクタイヤの装着による騒音レベルの上昇がある。

また、地表面性状が夏と冬では大きく異なるため、予測値と実測値が一致しない。

本報文では、騒音の予測に関する実験と考察を述べたが、それらの成果をまとめると次のようになる。

1) 平均速度と車種構成より、夏タイヤ装着時とスパイクタイヤ装着時のパワーレベル式をそれぞれに算出した。この式を日本音響学会の中央値予測式のパワーレベルの項に代入することにより、スパイクタイヤ装着時における中央値を求めることができるようになった。

2) 走行する路面の舗装の種類により車両のパワーレベルが異なり、その差は冬期よりも夏期において顕著であることがわかった。

3) 地表面性状の違いによる音の減衰量を測定することによって、減衰係数が得られたので、地表面性状別に単音源の場合の音のおおよその減衰量を求めることがで

きる。

あ と が き

都市交通量の増加と住宅地域の拡大とともに、道路交通騒音がさらに問題化しつつあるなかで、道路計画者、管理者は、環境問題という立場から騒音の予測と対策を考えていかねばならない。

道路研究室では、予測という立場から積雪寒冷地という地域特性をふまえ、調査研究を行ってきた。

本報文は、その総括として個々の文献を項目別にまとめるとともに最新の試験研究成果をも含めて集成了。

また、騒音レベル測定方法 (JIS Z-8731) の改訂により、騒音の測定、評価方法は従来の中央値 (L_{50}) から等価騒音レベル ($L_{Aeq,T}$) に見なおされつつあるので、JIS改訂の概要についても付記したので、道路交通騒音を知ろうえでの一資料として参照されるならば幸いに思う。

参 考 文 献

- 1) 馬場道隆, 畠山惇史, 門山保彦, 和田芳明; 冬期交通騒音と特性について, 第26回北海道開発局技術研究発表会論文集, 昭和58年10月。
- 2) 赤代恵司, 彼谷 潔, 奥平 聖; 道路舗装面が交通騒音に及ぼす影響について, 第20回北海道開発局技術研究発表会論文集, 昭和52年8月。
- 3) 小泉重雄, 高橋 毅, 関谷 強, 佐藤馨一; 道路の交通騒音について, 第16回北海道開発局技術研究発表会論文集, 昭和48年10月。
- 4) 赤代恵司, 阿部芳昭, 馬場道隆; 雪面上における音の距離減衰について, 第25回北海道開発局技術研究発表会論文集, 昭和57年10月。
- 5) 高橋 毅, 関谷 強, 小泉重雄, 島谷 浩; トンネル坑口付近の交通騒音について, 第17回北海道開発局技術研究発表会論文集, 昭和49年8月。
- 6) 騒音, 振動対策ハンドブック; 日本音響材料協会, 1982年1月。
- 7) 土木研究所資料; 道路用遮音壁の現場実測調査 (第924号), 建設省土木研究所, 昭和49年2月。
- 8) 日本音響学会誌; 日本音響学会, VOL. 39 No. 3 1983年。
- 9) 音響技術; リオン株式会社, VOL. 12 No. 3 1983年。
- 10) 金安公造, 金泉 昭; 新版交通公害, 技術書院。

参 考 資 料

道路研究室で実施した雪面上における音の減衰について、実験とその結果を紹介する。

雪面上における音の減衰

積雪寒冷地のように地表面が雪で覆われると、音は通常の草地、裸地とは異なる距離減衰を示す。そこで雪面上における音の減衰量を定量的に求めるため、模型実験を行った。なお、本実験は音の物理的性質に重点をおき、周波数も分析しているのでデータはすべてC特性を用い、A特性補正は行わなかった。C特性とは、きわめて低いか、きわめて高い周波数を除けば平坦な周波数特性であり、その指示値は音圧レベルにほぼ等しく、周波数を分析する時には一般的にこの特性が使用される。

A特性とは、人間の耳の特性に合わせて電氣的に補正された特性であり、騒音レベルを測定する際に用いられる。

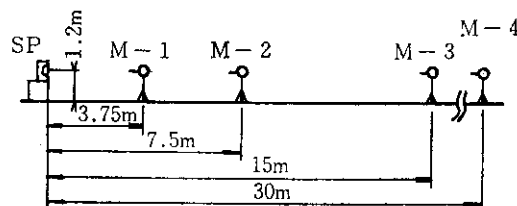
実験にあたり雪面上における騒音レベルの減衰の要因として、音質、距離、周波数、音源の高さ、雪密度を取りあげ、各要因の水準は表-9に示すように設定した。

測定は図-36に示すように、雪面上に音源 (スピーカー) を置き、等倍距離にある騒音計でレベルを記録

表-9 因子およびその水準

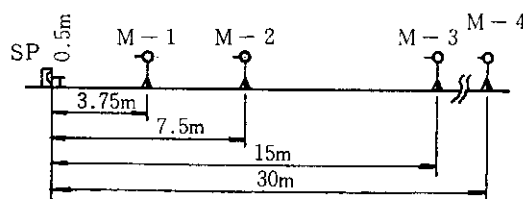
要 因	水 準 1	水 準 2	水 準 3
距 離 (m) A	7.5	15.0	30.0
音 質 B	純 音	ホワイト ノイズ	ピンク ノイズ
周波数 (Hz) C	80	315	1250
スピーカ高 D (m)	0.5	1.2	0.5
密度 (g/cm) E	0.3 以下	0.3~0.4	0.4 以上

スピーカ高1.2mの場合



スピーカ高0.5mの場合

マイクロホン高地上1.2mの場合



M: マイクロホン
SP: スピーカ

図-36 受 音 点 位 置 図

表-10 分散分析表

要因 記号	要因の説明	偏差平方和 S	自由度 ϕ	分散 V	F_0	プーリング	F'_0	寄与率 (%)
A	距離	940.94	2	470.48	271.90**		327.83**	86.8
B	音質	19.86	2	9.93	5.74*		6.92**	1.6
AB	AとBの交互作用	6.34	4	1.59	0.92		—	
C	周波数	82.38	2	41.19	23.80**		28.70**	7.4
AC	AとCの交互作用	13.46	4	3.37	1.95	$S'_e = 21.53$	2.35	0.7
D	音源高	2.41	1	2.41	1.39	$\phi'_e = 15$	1.68	0.1
AD	AとDの交互作用	1.22	2	0.61	0.35	$V'_e = 1.44$	—	
E	雪密度	1.85	2	0.92	0.53		—	
e	誤差項	12.11	7	1.73	—		—	3.4
計		1080.57	26					100.0

A)	$F(2, 7; 0.01) = 9.55$	$F(2, 15; 0.01) = 6.36$	** : 1% 有意
	$F(2, 7; 0.05) = 4.74$	$F(2, 15; 0.05) = 3.68$	* : 5% 有意
AB)	$F(4, 7; 0.01) = 7.85$		
	$F(4, 7; 0.05) = 4.12$		
AC)		$F(4, 15; 0.01) = 4.89$	
		$F(4, 15; 0.05) = 3.06$	
D)	$F(1, 7; 0.01) = 12.25$	$F(1, 15; 0.01) = 8.68$	
	$F(1, 7; 0.05) = 5.59$	$F(1, 15; 0.05) = 4.54$	

した。

騒音計を等倍距離に設定したのは、音の物理特性である距離減衰が等倍距離に比例するからである。また発生音の周波数は、自動車のタイヤ音が100 Hz～1000 Hz程度といわれているので、80 Hz, 315 Hz, 1250 Hzを取りあげた。

なお、ホワイトノイズ、ピンクノイズとは周波数とレベルを定量化した音で、いずれも人工的につくられた音の一種である。

得られた実験データをもとに、分散分析を行った結果表-10が得られた。この結果より次のことがわかる。

1) 距離の影響が最も大きく、次いで周波数・音質の順となる。

2) 距離(A因子)、音質(B因子)、周波数(C因子)の寄与率の合計は95.8%となり、音への減衰効果は3因子でほぼ説明される。

得られた3因子より、雪面上における音の距離減衰予測式を作成し(23)式⁴⁾を得た。なお、この式はデータの関係上、3.75 m地点のレベルを基準とした時の l m地点の減衰量を表わしている。

$$\Delta L = 24.91 \log_{10} l + 45.70 \log_{10} F - 9.37 (\log_{10} F)^2 - 67.86 \lambda_1 - 68.42 \lambda_2 - 69.42 \lambda_3 \dots (23)$$

ここで、

ΔL : 雪面上の距離減衰 (dB(C))

l : 距離 (m)

F : 周波数 (Hz)

λ_1 : ダミー変数 (純音を使用したときは $\lambda_1=1$, 使用しないときは $\lambda_1=0$)

λ_2 : ダミー変数 (ホワイトノイズを使用したときは $\lambda_2=1$, 使用しないときは $\lambda_2=0$)

λ_3 : ダミー変数 (ピンクノイズを使用したときは $\lambda_3=1$, 使用しないときは $\lambda_3=0$)

(8)式は重相関係数 $r=0.977$, 寄与率 $r^2=95.4\%$, 標準誤差 $S_e=1.58$ dB(C)となり、予測値と実測値の全体的なあてはまりがよいことがわかる。

また、予測値と実測値の適合性について周波数を80～1250 Hz, 距離を7.5～30 m, 音質を純音, ホワイトノイズ, ピンクノイズの3種類として検定した結果, 寄与率が85.42%, 標準誤差が $S_e=2.92$ dB(C)となり, この範囲においては予測式の精度がよいこともわかった。ただし, 距離が大きくなると暗騒音, 風などの影響により予測式は適合しなくなるので, これら影響がないときにこの予測式は使用できる。