

土 木 研 究 所 資 料

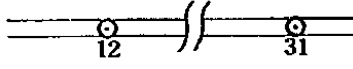
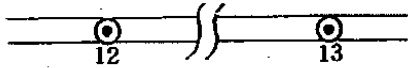
道 路 交 通 振 動 実 測 調 査 報 告 書

昭 和 52 年 2 月

建 設 省 土 木 研 究 所

地 震 防 災 部 振 動 研 究 室

土研資料第 1 1 5 5 号正誤表

頁	誤	正
1	7行 まだ実施されて	最近まで実施されて
1	9行 今年3月に	昨年3月に
1	11行 統一された適正な基準	統一された基準
2	13行に引き続いて	Aタイプ, Bタイプの説明は1.4に示す
3	図-1の 	
9	4行 オシログラス	オシログラフ
10	17行 車輪変易	車輪変位
23	図-10, 図-11 縦軸の交通量	総交通量
"	図-10の説明	図-10 —— (調査地点No 1 2)
"	図-11の説明	図-11 —— (調査地点No 3 1)
26	図-13の説明	図-13 —— (調査地点No 1 2)
"	図-14の説明	図-14 —— (調査地点No 3 1)
27	図-15の説明	図-15 —— (調査地点No 1 2)
"	図-16の説明	図-16 —— (調査地点No 3 1)
28	図-17の説明	図-17 —— (調査地点No 1 2)
"	図-18の説明	図-18 —— (調査地点No 3 1)
29	図-19の説明	図-19 —— (調査地点No 1 2)
"	図-20の説明	図-20 —— (調査地点No 3 1)
52	19行 予解と協力のもと	了解と協力のもと

目 次

まえがき	1
1. 調査概要	2
1. 1 調査地点	2
1. 2 調査項目	2
1. 3 測定方法	2
1. 4 測定点	5
1. 5 地盤振動の測定	7
1. 6 交通量の測定	7
1. 7 車両走行速度の測定	7
1. 8 交通騒音の測定	8
1. 9 路面プロファイルの測定	8
1.10 地形・地質の調査	8
1.11 使用計器	8
2. 測定データの分析手法と整理	10
2. 1 地盤振動測定データの分析手法	10
2. 2 路面プロファイル及び車軸振動加速度の分析方法	10
2. 3 測定データの整理	11
2. 4 地形及び地質	31
3. 道路交通振動の予測	39
3. 1 歩動外端における振動レベル	39
3. 2 距離減衰に関する予測式	50
4. ま と め	52

ま え が き

近年、道路を走行する車両が大型化し、交通量が増大すると共に、車両走行時に発生する振動が道路周辺の地盤に伝播して建物などの建造物を振動させ、住民の日常生活に影響を与えたりして問題視されるようになってきた。しかし、車両走行時に発生する振動は、車種、走行速度、路面状況、振動伝播機構（地質、地形条件）などの要因のほかに、人体の振動感覚という要因が含まれるため現象が複雑であり、いまだに解決されない問題が多く残っている。

公害としての振動に関する国の法規制は、まだ実施されておらず、各自治体によって異なる指導基準値が決められていたため、この問題を混乱させていた。このため環境庁では、法制化のための検討を中央公害対策審議会騒音振動部会に諮問し、同年3月に審議会の答申を受けた。これを基にして環境庁で振動規制法案を立案し、国会に提出していたが、5月末に可決成立し、6月10日に公布された。ここに、長い間除外されていた振動公害が国により統一された適正な基準で規制されることとなった。

本報告は、当研究所が昭和50年に実施した国道6号線松戸―柏間の33地点における道路交通振動実測調査結果をまとめたもので、振動規制法案に基づいた道路交通振動の実測値と交通量、車種、車速、路面状況および道路構造などの諸因子の影響の度合を調査し、またこの調査結果を基にして、各因子の影響度合を考慮した歩道外端における振動レベルの予測式および距離減衰の予測式などを求めた結果について、まとめたものである。

昭和52年2月

地震防災部

振動研究室

室 長

岩 崎 敏 男

“ ”

研究員

若 林 進

“ ”

高 木 義 和

“ ”

後 藤 勝 志

関東地建首都国道工事 事務所

堀 内 俊 一

1. 調査概要

車両走行により沿道地盤に伝播する振動は、走行車両の種類、車両走行速度、路面の平坦性、道路構造、地形あるいは地質条件などの多くの要因に影響されるが、まだこれらの関連について十分に解明されていない。従って、沿道地盤の振動の大きさを予測する場合には、一般には、似かよった地点の実測資料を基にして推測している。しかし、実際問題としてはそのような資料を調査しても実測例が少ないため、目的に合った資料が見つからないのが現状である。

本報告書は、関東地方建設局管内の国道6号線を対象として自然交通による路線方向および直角方向の沿道地盤振動の実測調査を行なったもので、調査結果を分析整理したものである。またこの実測結果を用いて要因分析を行ない、歩道外端における振動レベルの予測式あるいは、振動の距離減衰の予測式などを求めたので、その結果について記述するものである。

1.1 調査地点

自然交通による沿道地盤振動の実測調査を実施した地点は、国道6号線松戸—柏間道路延長約13km区間の33地点である。調査地点の位置と概要を図-1および表-1に示す。

1.2 調査項目

実測調査の項目としては、地盤振動加速度の他に、道路構造、路面平坦性、地形、地質、車線及び車種別交通量、車線別交通量および交通騒音をとりあげた。

1.3 測定方法

実測調査の測定方法を図示すると、図-2に示すような流れ図となる。図中の点線で囲った部分は、現地調査地点における作業である。実測調査対象地点33ヶ所のうち道路方向および道路直角方向に加速度計を設置し、内31ヶ所では、10分間連続測定を3回他の2ヶ所では正時および30分に測定を開始し、10分間の測定を行なうことを一昼夜(24時間)にわたって測定した。また同一時間帯の交通量、車両速度、交通騒音についても測定した。路面のプロファイルについては、車載型ラフネスメータを用いて測定をおこなった。

表1 調査地点の概要

地点 No.	路面状況	構造	タイプ	測点 数	測定回数	対象 車線	地点 No.	路面状況	構造	タイプ	測点 数	測定回数	対象 車線	地点 No.	路面状況	構造	タイプ	測点 数	測定回数	対象 車線
1	2(波)	高架橋	B	11	3回×10分	上り	12	2(波)	原地盤	B	9	48回×10分	下り	23	1(良好)	切土	A	8	3回×10分	下り
2	2(〃)	盛土	B	11	〃	〃	13	2(〃)	〃	B	10	3回×10分	上り	24	1(〃)	盛土	B	10	〃	〃
3	2(少段差)	〃	B	11	〃	下り	14	2(キレツ)	〃	B	11	〃	〃	25	1(〃)	〃	A	10	〃	〃
4	2(〃)	〃	A	10	〃	上り	15	2(波)	盛土	A	10	〃	下り	26	1(〃)	原地盤	B	11	〃	〃
5	2(キレツ)	〃	B	10	〃	下り	16	2(〃)	切盛境界	B	10	〃	〃	27	1(〃)	〃	B	11	〃	〃
6	2(少段差)	切土	B	11	〃	〃	17	2(〃)	盛土	A	10	〃	〃	28	2(波)	〃	A	8	〃	〃
7	2(〃)	盛土	B	9	〃	〃	18	2(〃)	切土	B	10	〃	〃	29	1(良好)	〃	B	11	〃	〃
8	1(良好)	切土	B	9	〃	〃	19	1(良好)	原地盤	B	10	〃	〃	30	1(〃)	〃	B	11	〃	〃
9	3(大波)	原地盤	B	11	〃	〃	20	1(〃)	〃	B	11	〃	〃	31	1(〃)	〃	B	11	48回×10分	〃
10	2(波)	〃	B	9	〃	〃	21	1(〃)	〃	B	11	〃	〃	32	1(〃)	〃	B	11	3回×10分	〃
11	3(大段差)	〃	B	10	〃	〃	22	1(〃)	切盛境界	B	10	〃	〃	33	3(大段差)	盛土	B	8	〃	〃

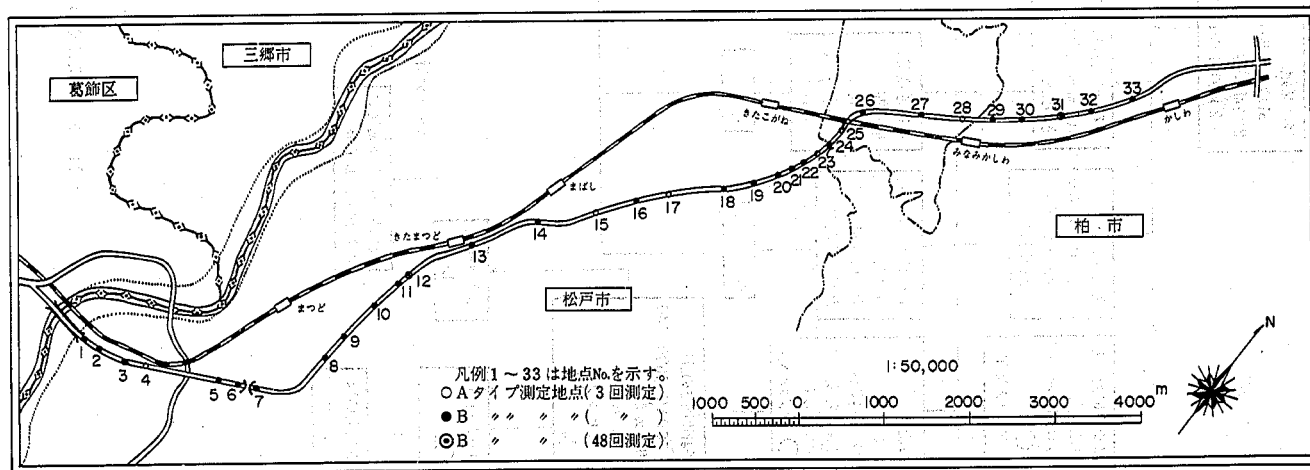


図1 調査地点位置図

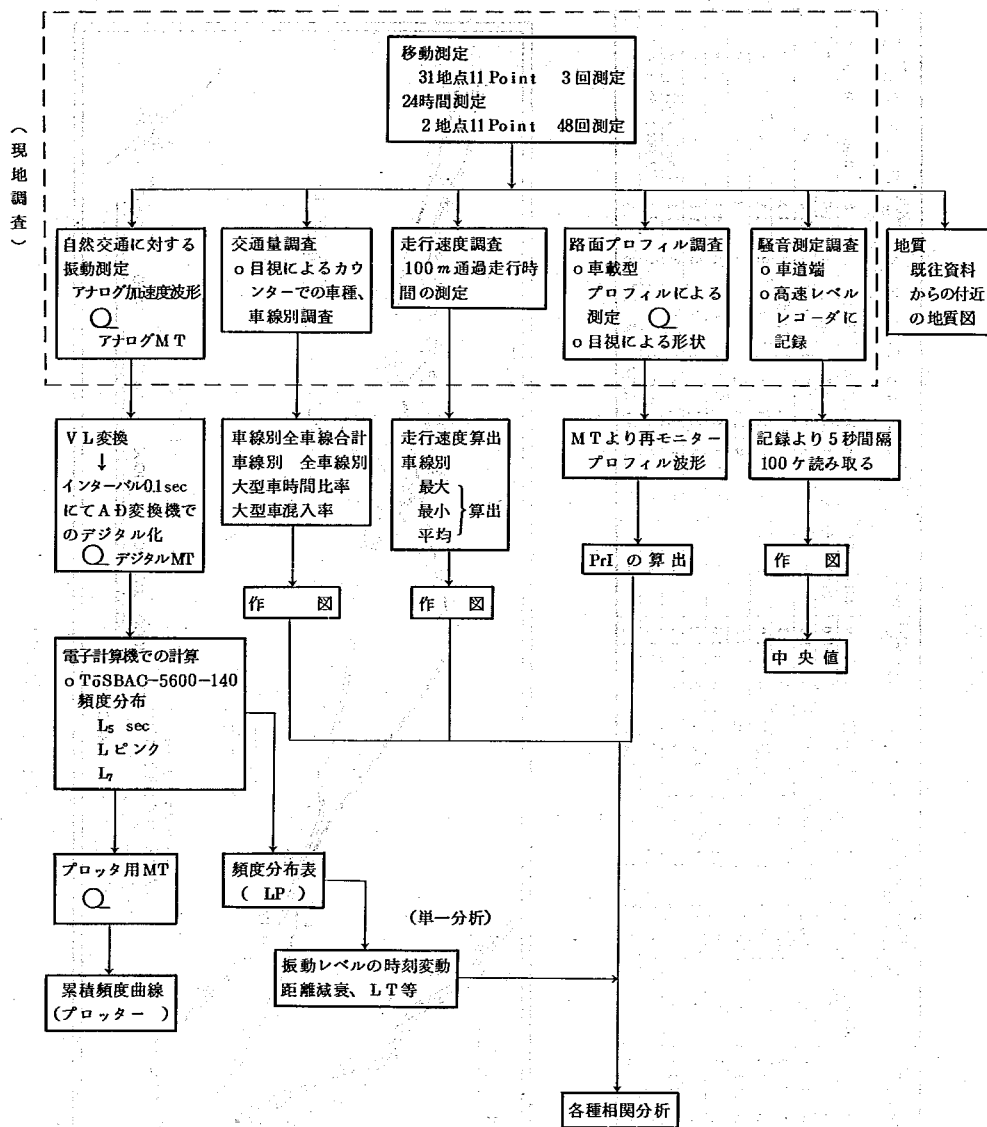


図 - 2 実測調査の流れ図

1.4 測 定 点

各調査地点における地盤振動測定で、換振器の配置方法は、AタイプとBタイプの2種類とし、Aタイプでは主に路線方向の振動分布を、またBタイプでは路線方向および路線直角方向の振動分布に注目して配置した。また測線は沿道の片側のみとした。測定点の配置を図示すると、図-3のようになる。地盤振動の成分方向は、鉛直方向が主であり、Aタイプの配置で一部水平成分(Y方向)の測定を行なった。図中 $P_1 \sim P_8$ の測定点は、路側または歩道外端としている。また $P_9 \sim P_{11}$ の測定点は、Aタイプでは、歩道外端、道路用地境界、および用地境界より10mの点の鉛直方向および水平方向の測定点であり、Bタイプでは、歩道外端より3、10、15、20、40、50mの鉛直方向の測定点とした。

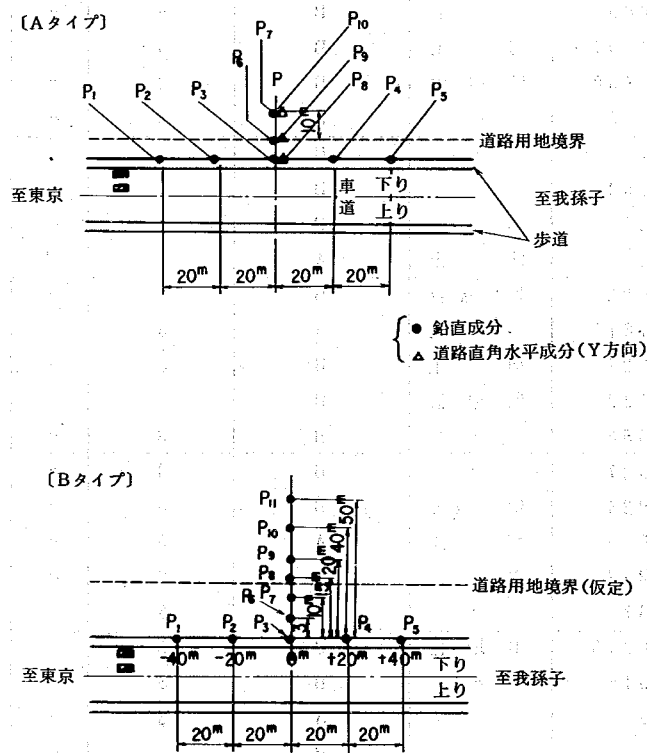


図-3 換 振 器 の 配 置

各調査地点の換振器配置タイプ及び道路用地境界の測定点の位置あるいは測定対象車線などを表-2に示す。

表-2 調査地点と換振器配置タイプ

測定地点 No	日本橋からの 累加距離(KM)	分 類	計器配置タイプ	道路用地境界 の Point No	対象 車線	備 考
1	14.71	高 架	B	6	上り	10 分 間 の 3 回 測 定
2	14.955	盛 土	B	7	"	
3	15.212	"	B	7	下り	
4	15.52	"	A	6	上り	
5	16.3794	"	B	6	下り	
6	16.5491	切 土	B	3	"	
7	16.809	盛 土	B	5	"	
8	17.5297	切 土	B	5	"	
9	17.9558	現 地 盤	B	3	"	
10	18.515	"	B	3	"	
11	18.797	"	B	3	"	
13	19.793	"	B	3	上り	
14	20.89	"	B	3	"	
15	21.4	盛 土	A	6	下り	
16	22.022	切盛境界	B	3	"	
17	22.181	盛 土	A	6	"	
18	22.727	切 土	B	3	"	
19	23.132	現 地 盤	B	3	"	
20	23.356	"	B	3	"	
21	23.537	"	B	3	"	
22	23.924	切盛境界	B	3	"	
23	24.05	切 土	A	3	"	
24	24.242	盛 土	B	6	"	
25	24.37	"	A	6	"	
26	24.8275	現 地 盤	B	6	"	
27	25.315	"	B	3	"	
28	25.8	"	A	3	"	
29	26.3	"	B	3	"	
30	26.7	"	B	3	"	
32	27.305	"	B	3	"	
33	28.0	盛 土	B	6	"	
12	18.955	現 地 盤	B	3	"	10分間48回 24時間測定
31	26.922	現 地 盤	B	3	"	

注) Point No とは測定点の P₁~P₁₁ までのいずれかである。

1.5 地盤振動の測定

地盤振動の測定法は、土木研究所が提案し、実施している道路交通振動調査A（一般測定）に準じて行なった。振動源は、自然交通を対象としたが、渋滞している時間帯は対象外とした。

測定成分は、鉛直方向の振動加速度が主で、Aタイプで一部水平成分を測定している。振動計は、サーボ型加速度計を用いた精密加速度測定装置を使用し、アナログ波形をデータレコーダに記録し、インク書きオシログラフをモニタとして使用した。振動測定装置の接続図を図-4に示す。

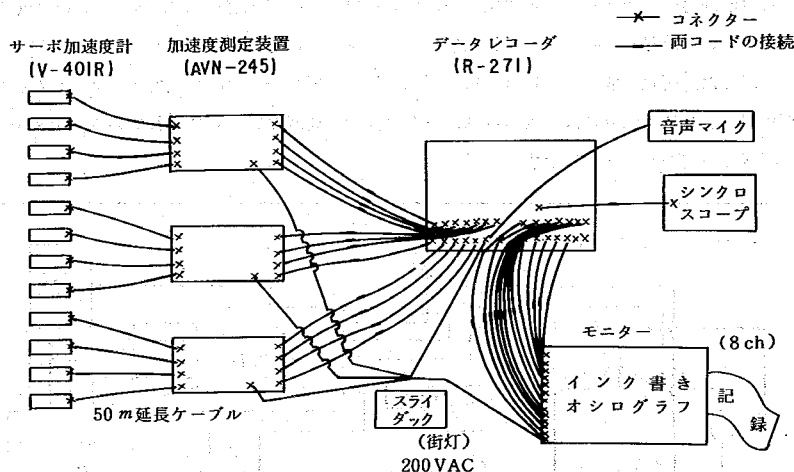


図-4 地盤振動測定装置の接続図

測定回数及び測定時間は、No12、No31の調査地点については、正時と30分毎に10分間の測定を一昼夜行ない、48回の振動を記録した。またNo12、No31以外の調査地点では、10分間の測定を3回行ない、1日に2～4ヶ所の振動測定を実施した。従って、測定時間帯は調査地点毎に一定していない。

1.6 交通量の測定

交通量の測定は、振動測定と同時に10分間の通過交通量を上り、下り別、車線別に大型車、小型車、乗用車の分類で集計した。調査地点No12およびNo31については、振動測定と同様に、同一時間で24時間、48回の交通量を測定した。

1.7 車両走行速度の測定

振動測定の時間帯に通過する車両の概略走行速度を測定した。速度の測定は、測定点P₂をはさむ100 m区間の通過所要時間をストップウォッチで測定し、換算した。測定対象車線の走行速度は10回、反対車線は参考程度に2～3回測定した。

1.8 交通騒音の測定

車道外端、(歩道内端)の地上12m高にマイクロフォンを設置し、振動測定と同一時間帯で10分間測定した。騒音計は普通騒音計を使用し、高速レベルレコーダにSLOWで記録した。騒音計の聴感補正特性は、A特性を使用した。

1.9 路面プロファイルの測定

路面プロファイルを調査するため車載型ラフネスメータを用いて測定を行なった。測定位置は測定車の構造上進路方向右車輪通過位置であり、測定対象車線の外側車線について測定し、測定区間は、測定点P₃をはさみ100m区間について記録した。測定値は、全てデータレコーダに記録し、モニターとしてインク書きオシログラフを使用した。測定回数は調査地点毎に2回測定し、良好な一方の値を使用データとした。なおデータレコーダに記録した測定成分には、後輪車軸の左右の振動加速度2成分も含まれている。車載型ラフネスメータの計測器の系統図を図-5に示す。

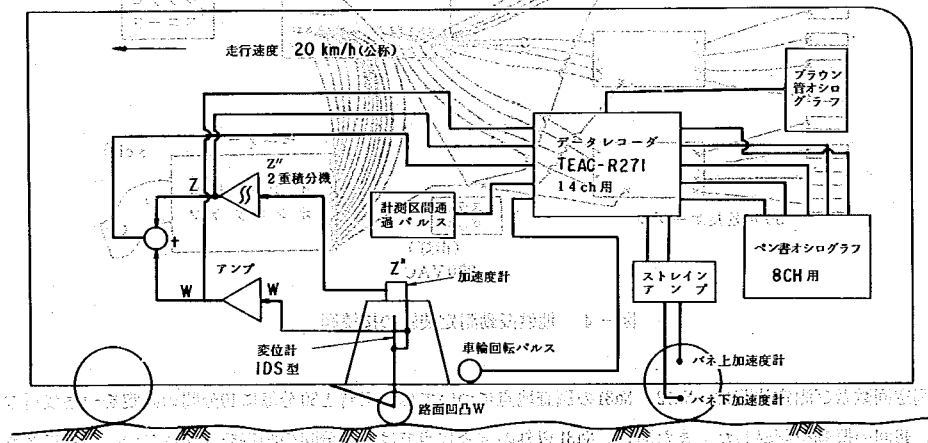


図-5 車載型プロファイルメータの系統図

1.10 地形・地質の調査

調査地点付近の地形状態を概略寸法で調査し、断面図を作成し、併せて写真撮影を行なった。地質については、特に調査は行なわず既存の資料を用いた。

1.11 使用計器

各種の測定に使用した測定器は以下の通りである。

1) 地盤振動測定

- (1)サーボ加速度計：11成分、最大1000gal、明石製作所(株)

(2) 加速度測定装置：11成分、 $0.03 \sim 1000g$ 、AVN-24 S、明石製作所(株)

(3) シンクロスコープ：1台、TYPE-323、ソニーテクトロニクス(株)

(4) データレコーダ：1台、14成分、R-271、ティアック(株)

(5) インク書き：1台、8成分、8 S 53型、三栄測器(株)

(6) スライダック：1台、1次側 200 V、2次側 $0 \sim 260$ V、15 A、

(7) 延長ケーブル：50 m ドラム巻き、11本

2) 交通調査

(1) カウンター：12基

(2) ストップウォッチ：2個

3) 路面プロファイル測定

(1) LDS 型変位計：1台、共和電業(株)

(2) サーボ加速度計：1台、 $3000g$ 、明石製作所(株)

(3) データレコーダ：1台、14成分、R-271、ティアック(株)

(4) シンクロスコープ：1台、TYPE-323、ソニーテクトロニクス(株)

(5) インク書き：1台、8成分
オシログラフ

(6) 2重積分器：1台、共和電業(株)

(7) ひずみアンプ：2台、共和電業(株)

(8) ひずみゲージ式：2台、5 G、共和電業(株)

(9) 加速度計

(9) ハイパスフィルター：1台、共和電業(株)



2. 測定データの分析手法と整理

2.1 地盤振動測定データの分析手法

データレコーダに記録した加速度波形は、鉛直振動補正加速度レベルに変換する信号変換器を介して、A-D変換器でデジタル化し、そのデジタル値を用いて下記の項目について解析処理を行なった。

1) 累積度数分布 (L 分布)

10分間の測定データのデジタル値から、5秒間隔の振動レベル値 100 個のデータおよびピーク値 100 個の 2 種類のデータを抽出し、累積度数曲線を描いて 90% レンジ上下端値 (L_{95} 、 L_5)、中央値 (L_{50}) 及び 80% レンジ上下端値 (L_{80} 、 L_{10}) を読み取った。また各調査地点の 3 回の測定値の平均値を求めた。

2) 超過時間率分布 (T 分布)

ある評価レベル K (dB) を超過している時間と総測定時間に対する比率を計算し、分布曲線を描いて、90% レンジの上下端値 (T_{95} 、 T_5)、中央値 (T_{50}) 及び 80% レンジの上下端値 (T_{80} 、 T_{10}) を読み取った。なお評価レベルの分割は 1 dB 毎とした。L 分布と同様に各調査地点の 3 回の平均値を求めている。

2.2 路面プロフィール及び車軸振動加速度の分析方法

1) 路面プロフィール

路面プロフィールの測定には、車載型ラフネスメータを使用し、測定データとして、車輪変易、車体加速度換算変位、路面プロフィールを測定した。この路面プロフィールのデータから図-6 に示すような方法でプロフィールインデックスの計算を行なった。

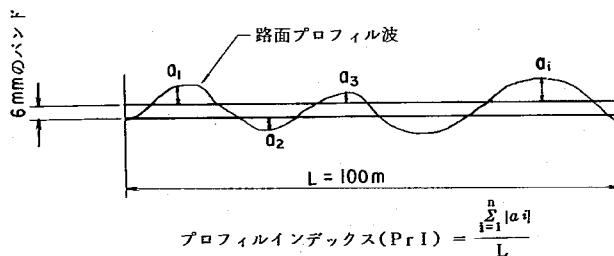


図-6 プロフィールインデックスの計算

2) 車軸振動加速度

車載型ラフネスメータ用車両の後輪車軸の左右に取付けた加速度計の記録について、測定区間 100 m 間における最大加速度を読み取った。また左右の測定値の平均を求めた。

2.3 測定データの整理

1) 歩道外端における振動レベル

33ヶ所の調査地点における歩道外端での鉛直振動補正加速度レベル(dB)(SLOW、80%レンジ上端値)を示すと図-7のようになる。各調査地点ともに、路線方向に測線を中心として前後20mの間隔で、4~5測定点に換振器を配置して測定した結果である。

図-7に示した値は、各調査地点での3回の測定の平均値である。これらの地点のうち歩道外端がほぼ用地境界になっている地点は、Na6、Na9~Na14、Na16、Na18~Na23、Na27~Na32の20地点である。他の13地点では、用地境界が道路より離れた位置にあり、境界点では道路外端に比べて一般に振動は小さくなっている。

図-7から、歩道外端での振動がある程度大きい地点は、Na1(高架橋上)、Na7、Na9、Na11、Na15、Na17、Na33の7地点である。

2) 路線直角方向の振動レベルの距離減衰(L分布)

路線直角方向の鉛直振動の距離減衰を全調査地点について示すと、図-8のようになる。横軸は歩道外端を基点とした距離、縦軸は、昼間の3回の測定の平均値(dB)(SLOW、80%レンジ上端値)である。調査地点Na1の0m測点突出しているのは、高架橋上の測点のためである。この図では用地境界を矢印で示している。図-8より一般には距離とともに振動が減衰することが判るが、一部逆の傾向もみられる。Na6の調査地点は、切土部であり、周辺地山表面の振動が歩道付近より大きくなった特異な例である。参考のために、90%レンジ上端値および中央値の距離減衰を図-9(1)~図-9(9)に示す。但し、この数値は、各調査地点の3回のうちの最初の測定値を示している。

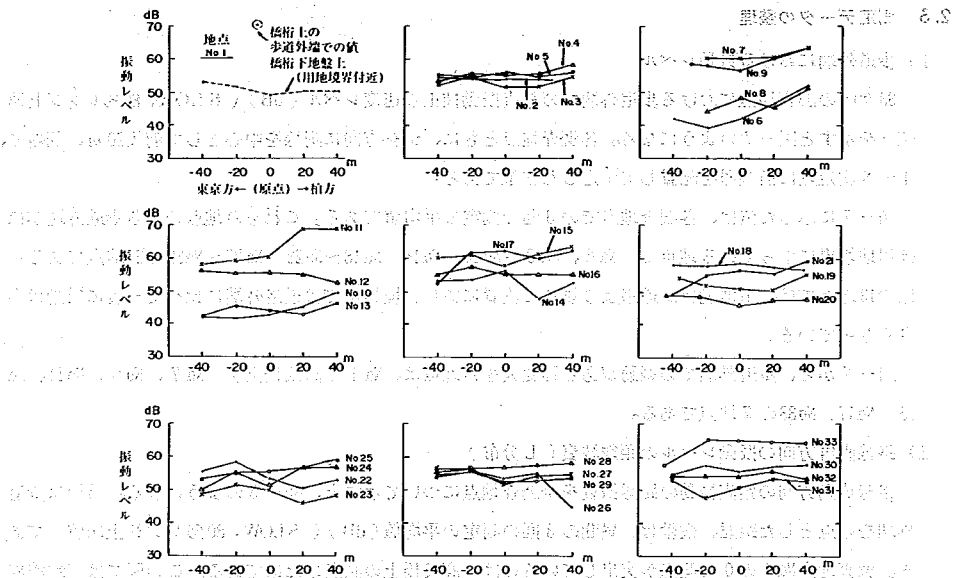


図-7 各地点における歩道外端の振動分布(鉛直振動成分)

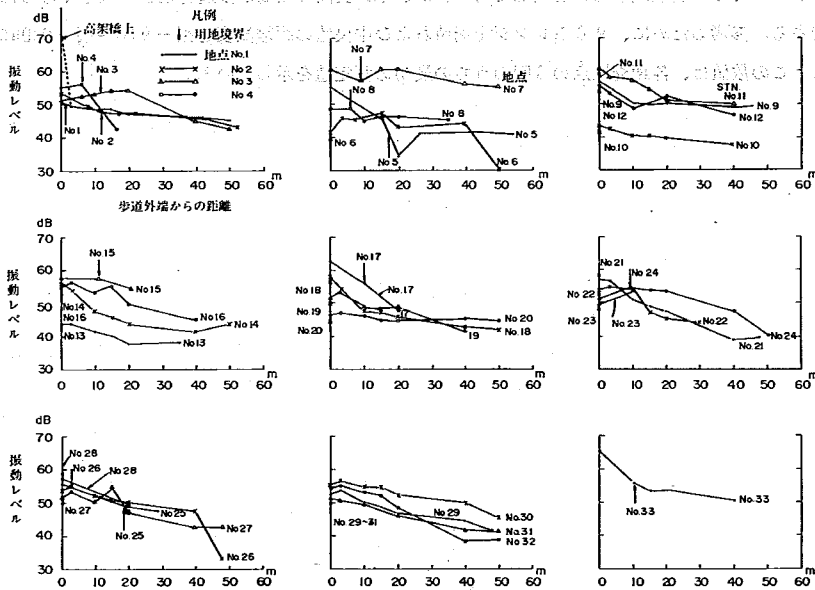


図-8 各地点における路線直角方向の距離減衰(鉛直振動成分)

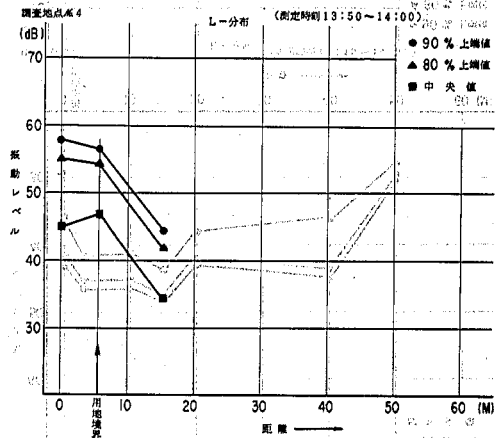
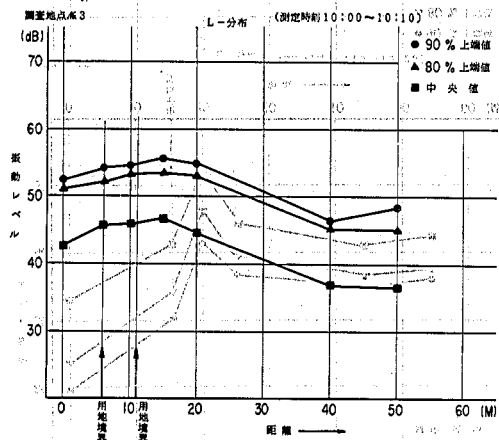
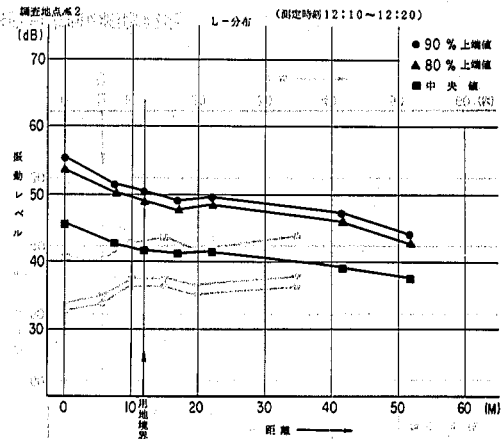
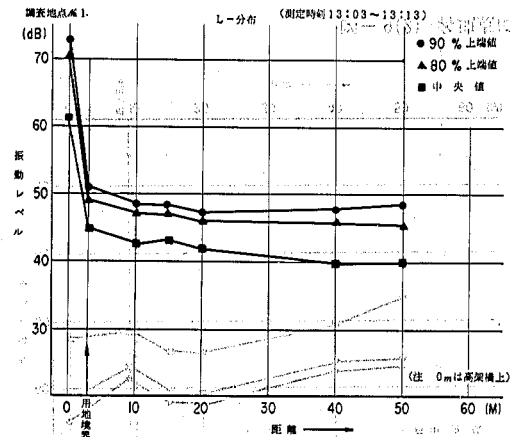


図-9(1). 各地点における道路直角方向の距離減衰

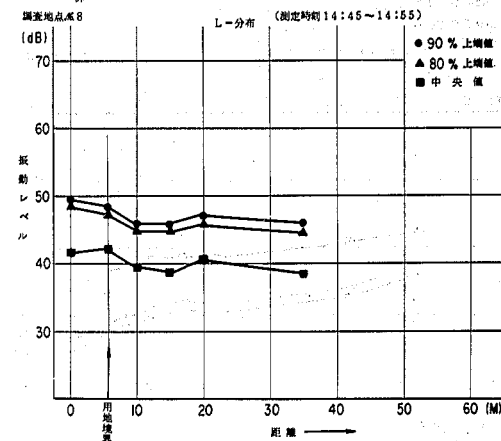
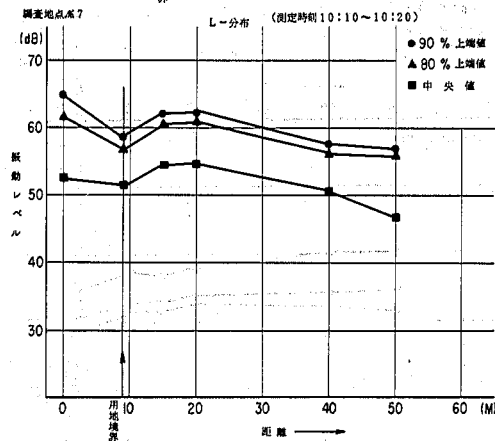
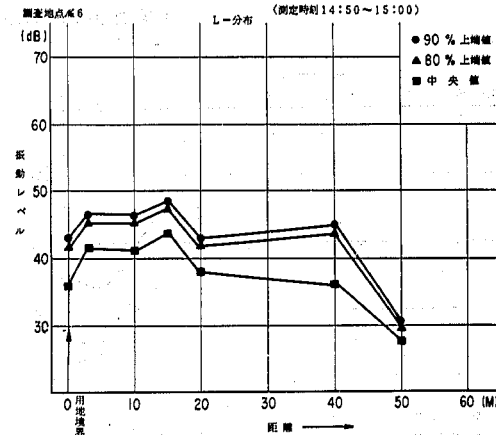
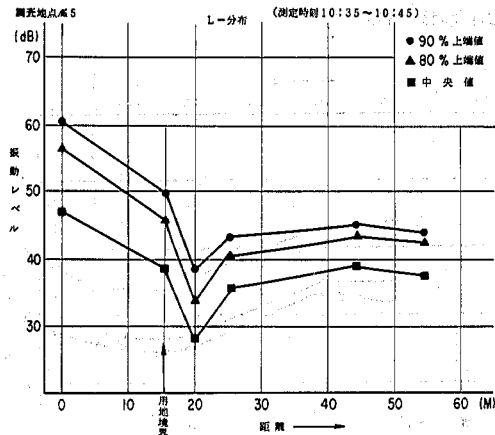


図-9(2) 各地点における道路直角方向の距離減衰

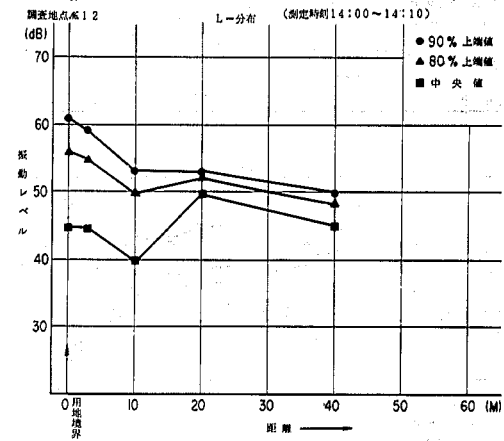
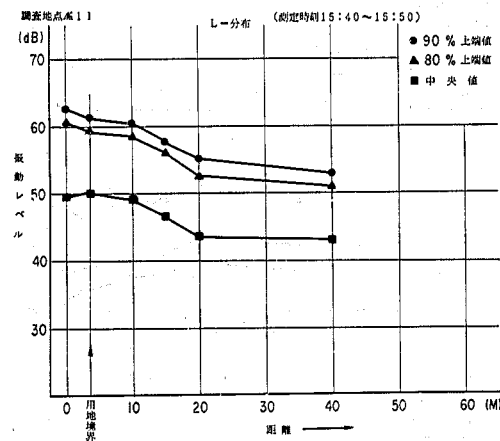
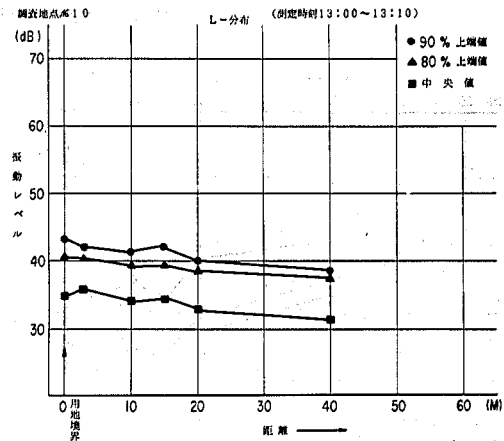
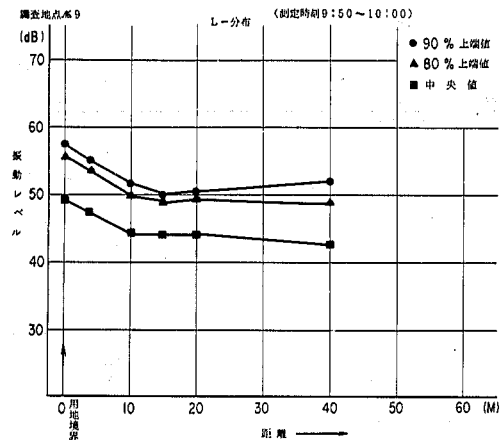


図-9(3) 各地点における道路直角方向の距離減衰

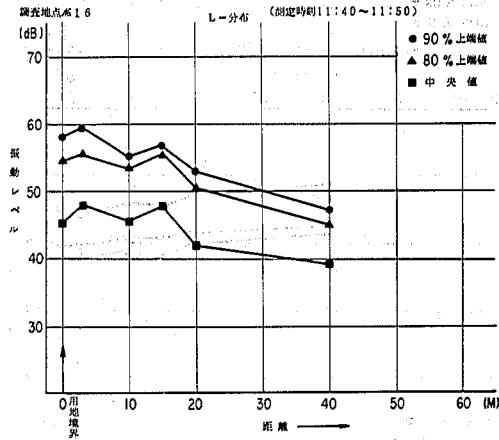
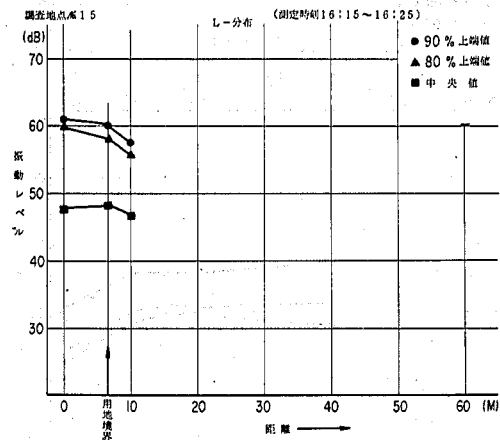
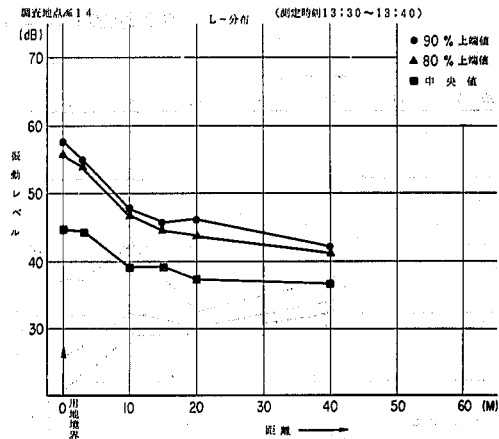
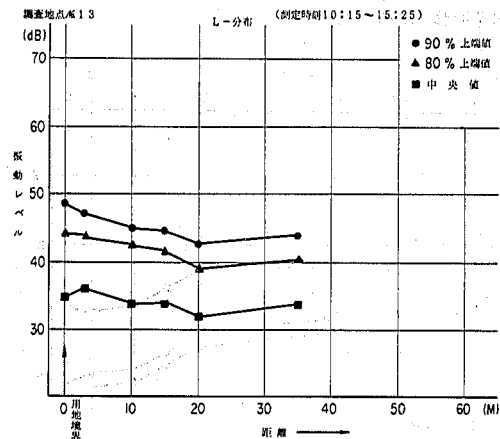


図-9(4) 各地点における道路直角方向の距離減衰

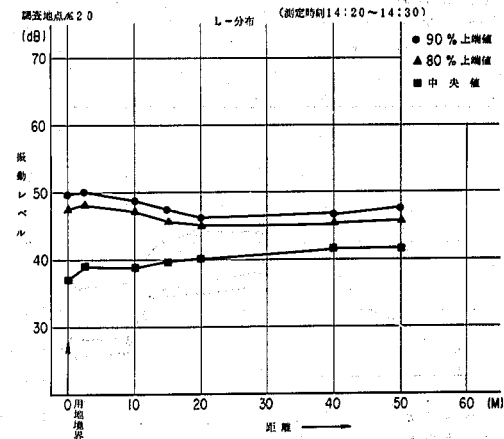
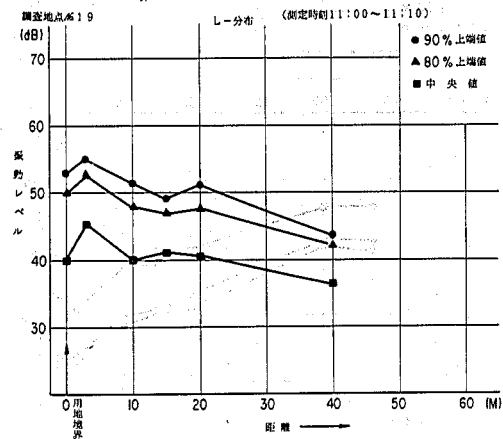
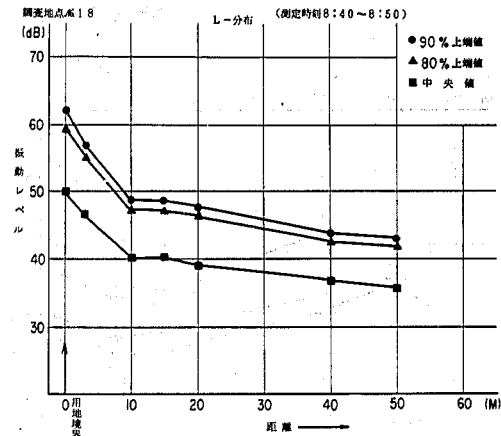
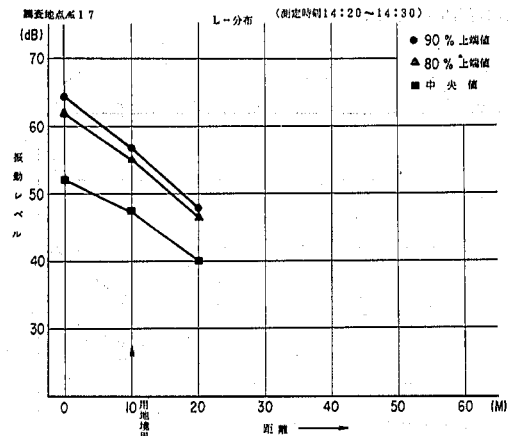


図-9(5) 各地点における道路直角方向の距離減衰

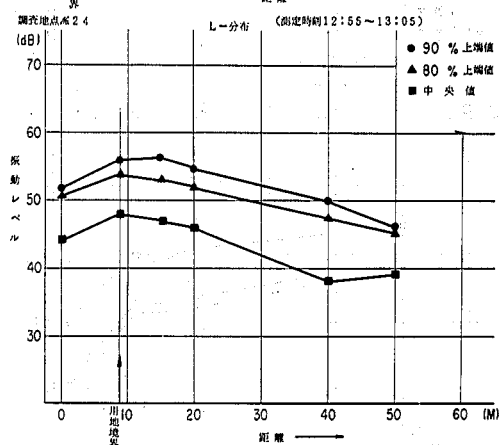
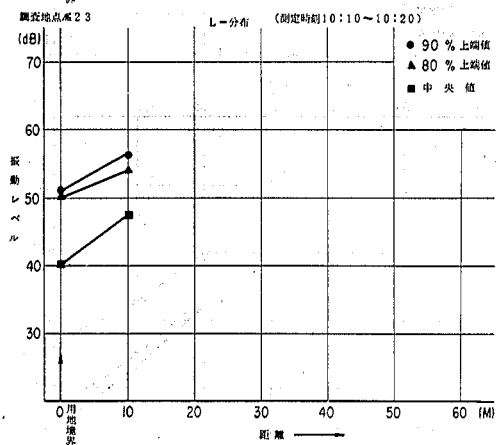
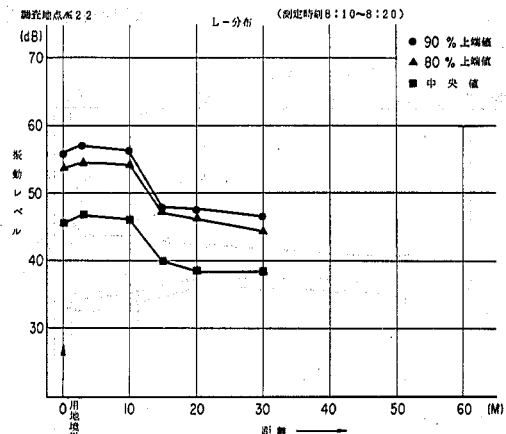
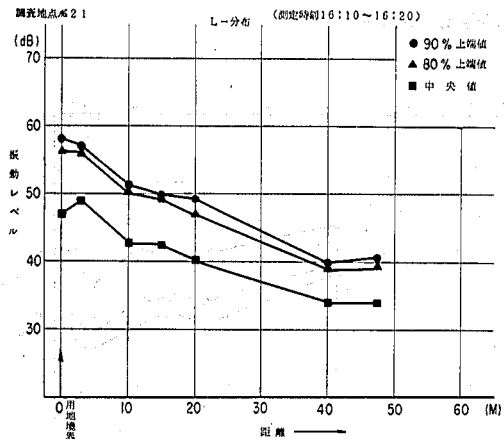


図-9(6) 各地点における道路直角方向の距離減衰

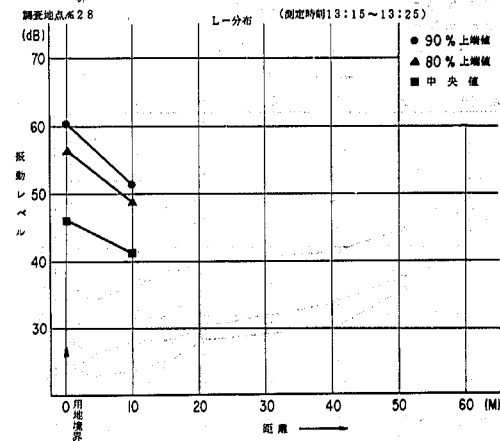
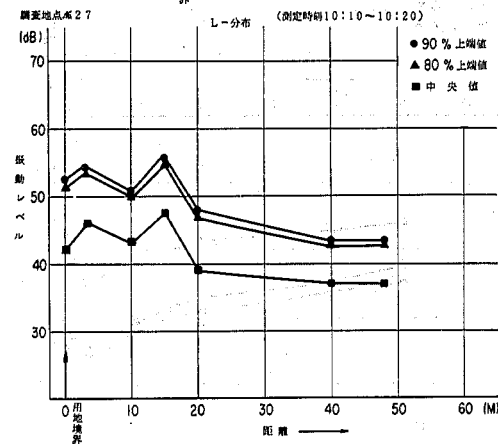
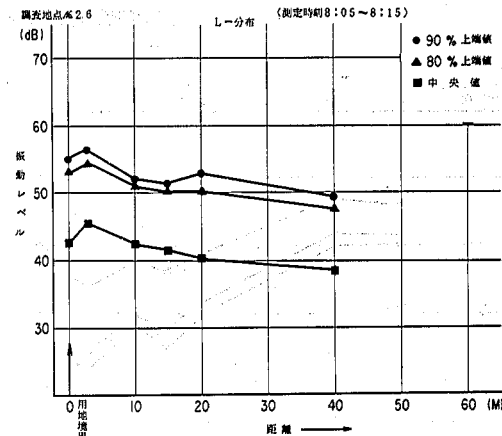
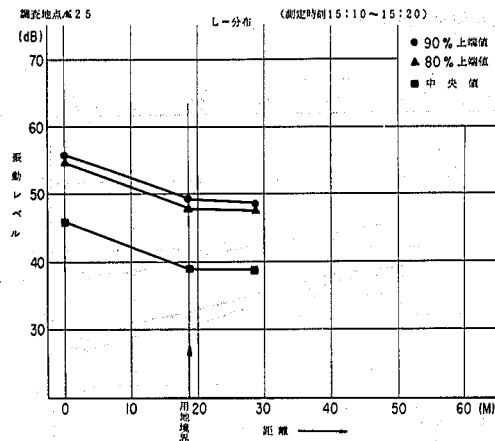


図-9(7) 各地点における道路直角方向の距離減衰

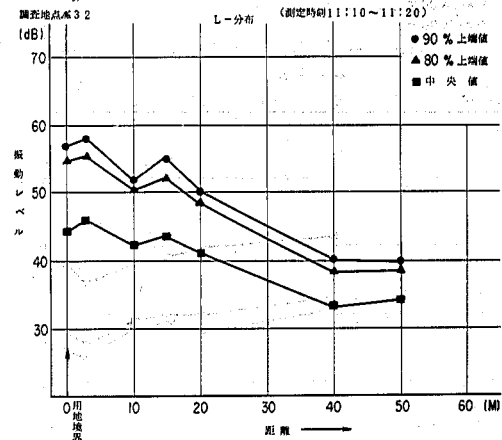
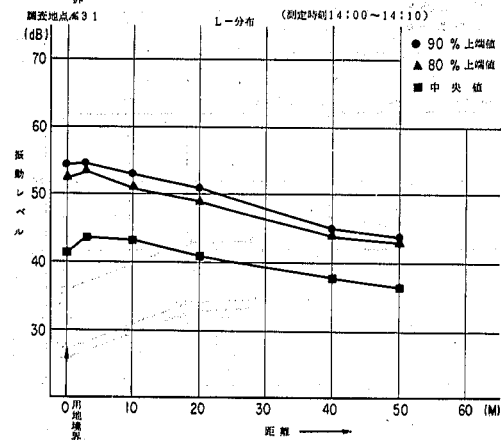
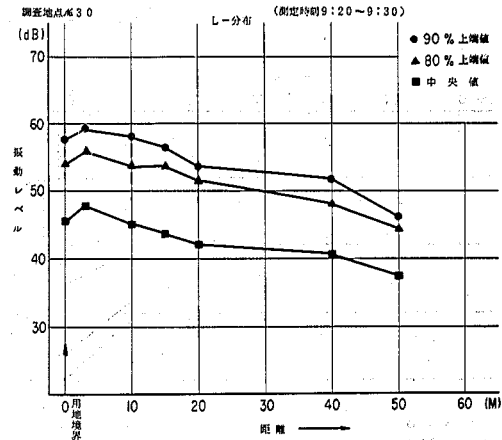
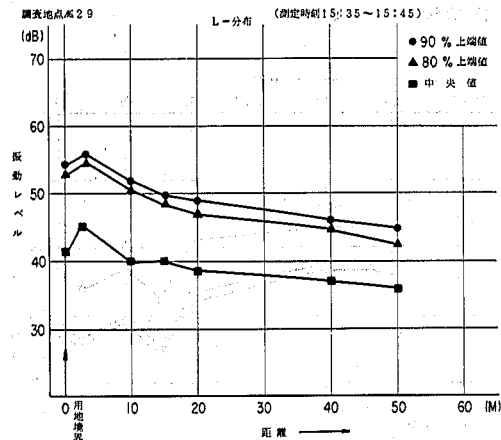


図-9(8) 各地点における道路直角方向の距離減衰

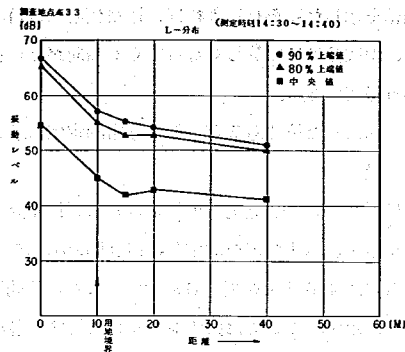


図-9(9) 各地点における道路直角方向の距離減衰

以上の測定値は全て上下動成分であるが、換振器の配置がAタイプの6地点では水平成分も同時に測定した。その結果を表-3に示す。

表-3 A-TYPEの道路直角方向における鉛直成分と道路直角水平成分の比較
(Z方向) (Y方向)
80%レンジ上端値(単位: dB)

測定地点 No	路 肩		用地境界		P 点		備 考
	Z	Y	Z	Y	Z	Y	
4	54.5	52.0	57.7	57.0	44.0	45.5	
			(6.25m)		(16.25m)		
15	60.0	57.3	58.3	58.5	55.7	51.8	
			(11.0m)		(21.0 m)		
17	62.0	50.5	55.3	53.0	47.2	47.0	
			(10.0m)		(20.0 m)		
23	50.0	49.0	—	—	53.8	53.5	路肩と 用地境 界共有
					(10.0 m)		
25	54.7	46.5	47.9	44.3	47.7	40.0	
			(18.6m)		(28.6 m)		
28	56.3	42.5	—	—	48.9	50.7	路肩と 用地境 界共有
					(10.0 m)		

注1) P点は、用地境界より10mの地点である。
2) () 内の数値は、路肩からの数値である。

測定値は、80%レンジ上端値を示した。それによれば、道路側近では鉛直成分の方がかなり大きい。直角方向に10m以上離れると、両成分はほぼ等しくなってくる傾向がみられる。しかし、水平成分が鉛直成分に比べて卓越するという程ではない。

上記の測定値は、L-分布から求めた値であるが、T-分布測定値は示さなかった。

3) 振動レベルの時間変化と交通量

調査地点No.12およびNo.31では、24時間連続測定（但し正時および毎30分から10分間測定）を行なった。この際振動レベルと同時に、交通量、車測などを測定し、相互間の関係を求めた。調査地点No.12の結果を図-10に、また調査地点No.31に対する結果を図-11に示す。また、時間別振動レベルの累積傾度曲線を測定地点No.31について図-12に示す。ここでは振動レベルに影響する各種因子のうち、総交通量、大型車交通量、大型車混入率、車速をとりあげた。道路構造、路面状況等の影響（これらについては次項でふれる。）が複雑に関係しているので、必ずしも良好な対応はみられていないが、大型車交通量が振動レベルとある種の相関のあることが認められる。しかし、総交通量、大型車混入率、あるいは車速と振動レベルとは単純には、関係づけられない模様である。図-10および図-11より、国道6号線のような幹線道路では深夜から早朝でも余り振動レベルが低下せず、1日の変化が少ないことが特徴である。

歩道外端の振動レベルと総交通量、大型車交通量、大型車混入率および平均走行速度などの関係を測定地点No.12およびNo.31において図示すると、図-13～図-20のようになる。この中で最も相関の高いと認められるのは図-15、図-16の大型車交通量と振動レベルの間には、速度が40km/h以上において、負の相関を持っていることが図-19、図-20より認められる。その他の総交通量、大型車混入率については振動レベルとは関係づけにくいことが図よりわかる。これは数少ない実測例であるため、今後同種の実測資料の増加を待って、交通量、速度と振動レベルとの間の関係をさらに明確にしていける必要がある。

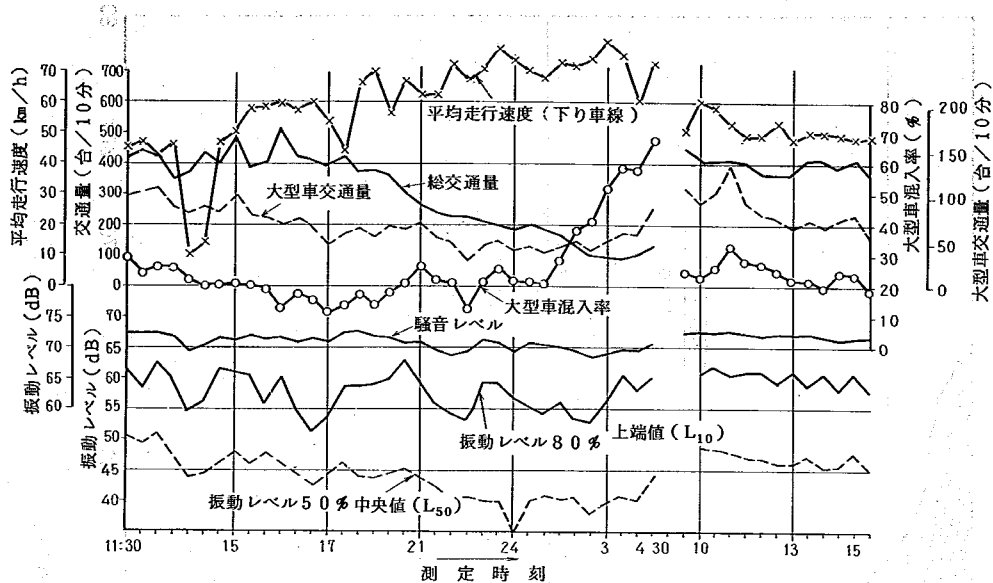


図-10 振動レベルと交通量の時刻変動

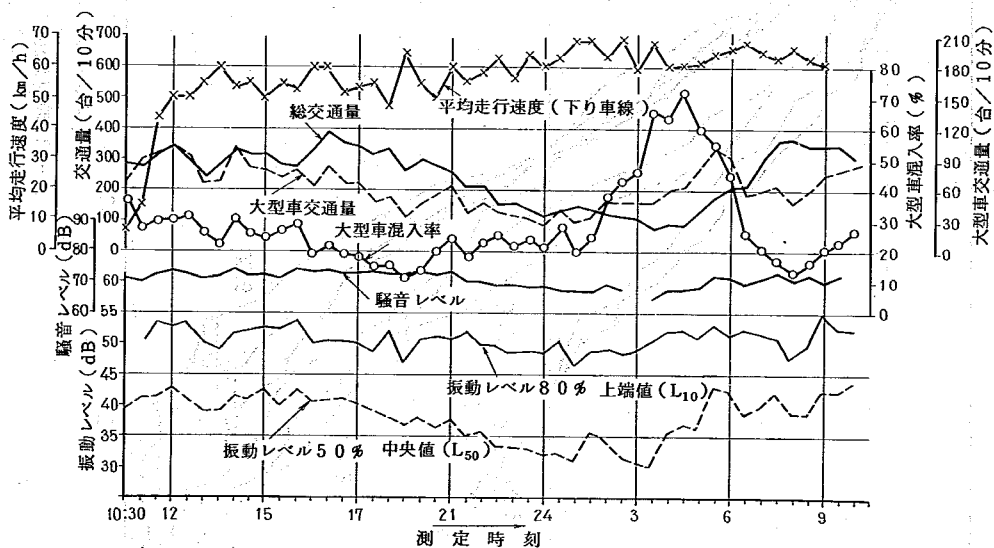


図-11 振動レベルと交通量の時刻変動

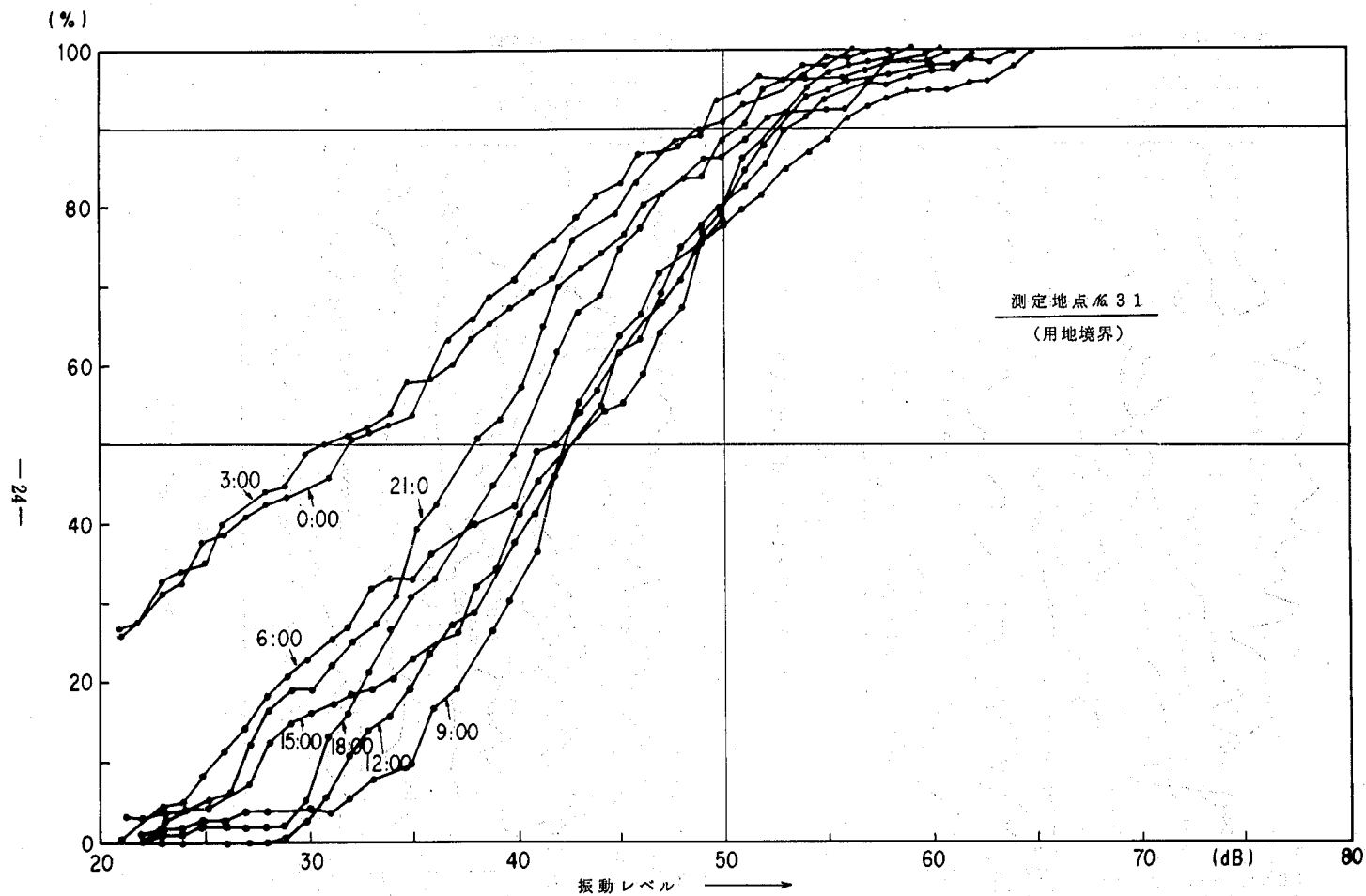


図-12 時刻別振動レベルの累積頻度曲線

表-4 33地点のプロフィルインデックスと振動レベル

測定地点 番号	地形分類	PrI	振動レベル(L) 歩道外端				振動レベル(L) 用地境界			交通量	大型車 混入率	
			80%上端	50%中央	L103回平均		80%上端	50%中央	L103回平均			
		(%)	(dB)	(dB)	(dB)		(dB)	(dB)	(dB)	(台/10分)	(%)	
1-3	高 架	62.5	49.7	44.2	49.1	6	49.7	44.2	49.1	6	399	21.8
2-2	盛 土	60.0	53.8	44.2	53.3	3	48.4	40.8	48.1	7	380	26.6
3-2	〃	58.8	52.3	42.6	51.4	3	54.0	47.0	53.5	7	419	24.3
4-1	〃	40.0	55.0	45.0	54.9	3	54.5	46.8	56.2	6	412	19.7
5-2	〃	17.5	54.0	44.2	54.9	3	45.3	37.9	45.1	6	546	21.2
6-1	切 土	54.7	41.6	36.0	41.6	3	41.6	36.0	41.6	3	553	21.3
7-2	盛 土	105.0	61.0	53.8	60.6	2	56.8	51.1	57.0	5	519	24.5
8-3	切 土	47.5	49.3	40.3	48.6	2	48.0	41.9	48.3	5	417	17.7
9-1	現 地 盤	45.0	56.0	49.0	56.8	3	56.0	49.0	56.8	3	451	22.2
10-2	〃	42.5	42.7	34.5	42.7	3	42.7	34.5	42.7	3	398	24.9
11-3	〃	92.5	59.0	50.4	60.2	3	59.0	50.4	60.2	3	419	20.0
12-12	〃	52.5	55.0	44.0	55.5	3	55.0	44.0	55.5	3	417	17.5
13-1	〃	45.0	44.3	34.9	43.9	3	44.3	34.9	43.9	3	460	22.2
14-1	〃	82.5	56.3	44.7	56.1	3	56.3	44.7	56.1	3	539	19.3
15-2	盛 土	97.5	57.0	46.5	57.7	3	58.0	48.4	57.4	6	450	20.2
16-3	切盛境界	67.5	55.0	44.9	55.1	3	55.0	44.9	55.1	3	441	28.6
17-2	盛 土	47.5	61.3	52.0	62.4	3	55.3	46.8	55.8	6	474	19.8
18-3	切 土	72.5	58.0	49.2	58.1	3	58.0	49.2	58.1	3	415	23.9
19-3	現 地 盤	50.0	53.7	43.0	51.2	3	53.7	43.0	51.2	3	419	28.9
20-3	〃	17.5	45.6	38.4	46.1	3	45.6	38.4	46.1	3	386	26.4
21-3	〃	72.5	56.3	46.3	56.6	3	56.3	46.3	56.6	3	400	17.0
22-3	切盛境界	75.0	53.3	43.6	53.5	3	53.3	43.6	53.5	3	395	20.0
23-1	切 土	17.0	50.0	40.3	49.5	3	50.0	40.6	49.5	3	390	30.8
24-3	盛 土	100.0	52.3	40.2	50.9	3	56.3	46.0	54.3	6	378	24.9
25-3	〃	52.5	57.0	42.5	55.6	3	50.3	39.8	49.0	6	377	23.3
26-2	現 地 盤	40.0	54.5	40.7	53.6	3	55.6	43.5	54.7	6	382	17.8
27-1	〃	32.5	51.6	42.3	51.6	3	51.6	42.3	51.6	3	398	23.1
28-3	〃	12.5	56.8	46.8	57.0	3	56.8	46.8	57.0	3	388	18.3
29-2	〃	7.5	51.3	40.0	52.4	3	51.3	40.0	52.4	3	409	17.8
30-1	〃	35.0	54.0	45.4	55.2	3	54.0	45.4	55.2	3	348	23.6
31-14	〃	57.5	51.0	41.0	50.8	3	51.0	41.0	50.8	3	390	21.3
32-2	〃	17.5	54.0	43.6	54.1	3	54.0	43.6	54.1	3	312	29.2
33-1	盛 土	107.5	65.3	54.7	65.1	3	55.0	45.0	55.6	6	334	26.9

注) ○ No.1 は高架下の道路用地境界を採用

○ No.12 (11、12、13)、No.31 (13、14、15) の3回平均を採用

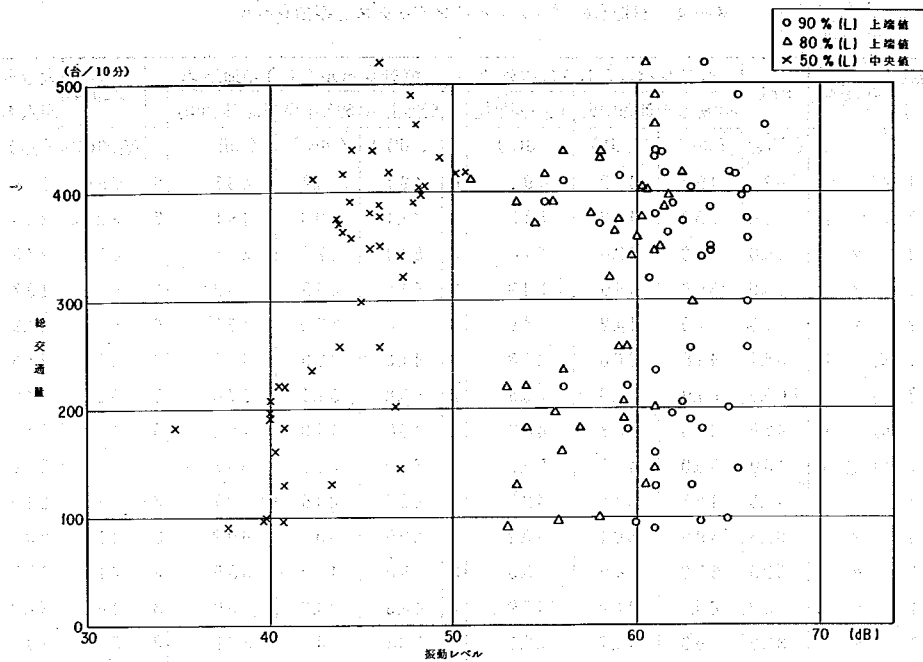


図-13 総交通量と振動レベルの相関

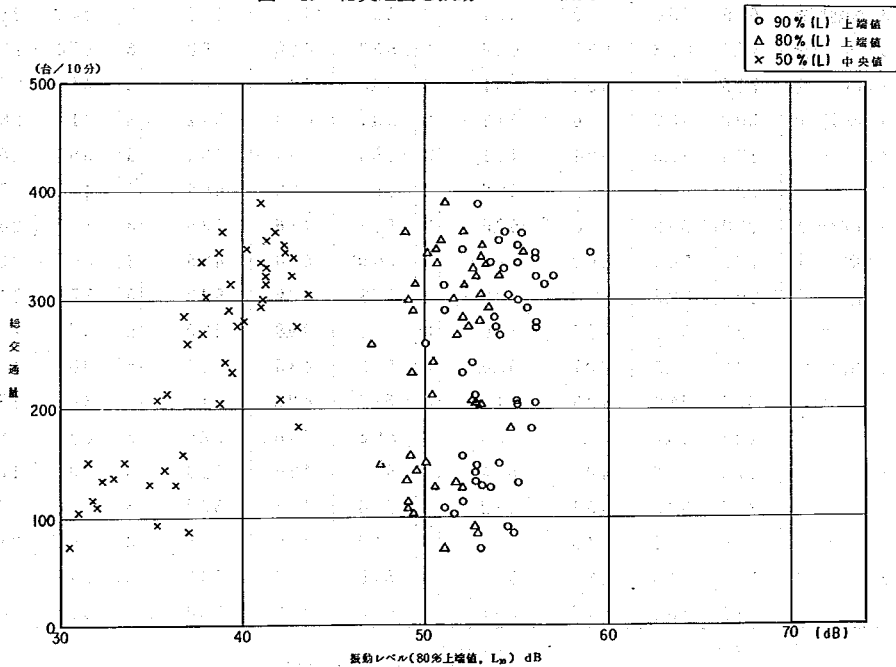


図-14 総交通量と振動レベル

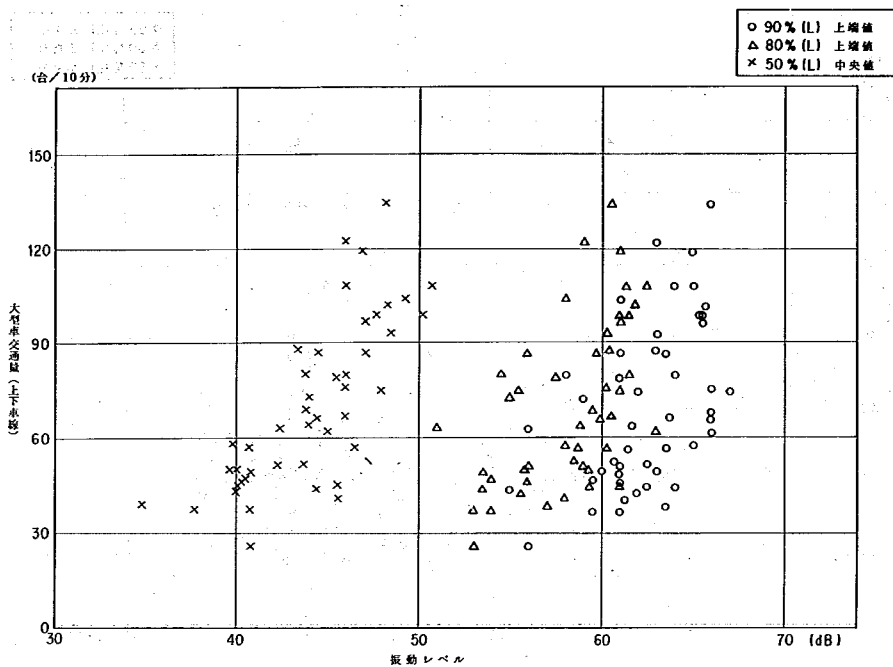


図-15 大型車交通量と振動レベルの相関

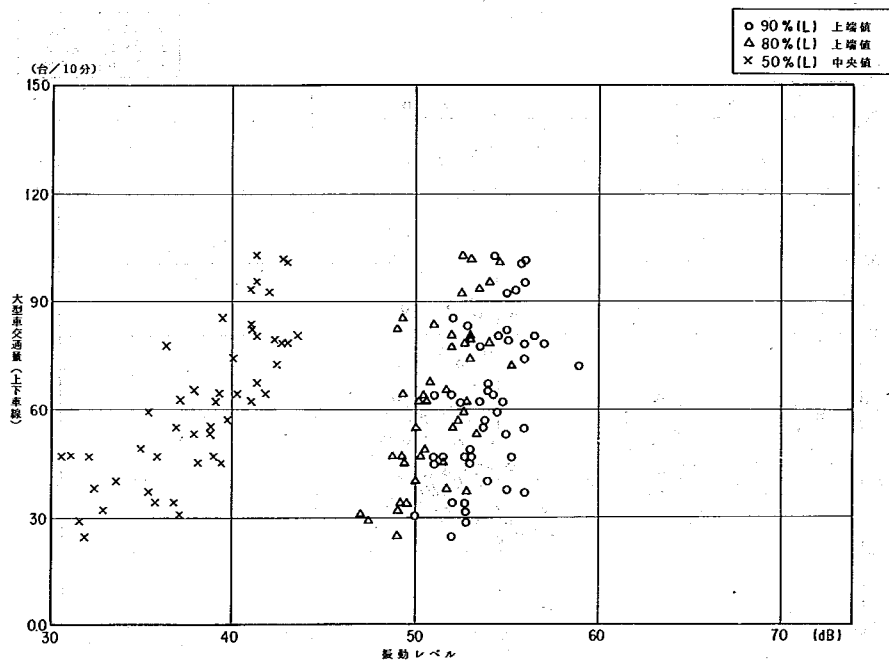


図-16 大型車交通量と振動レベルの相関

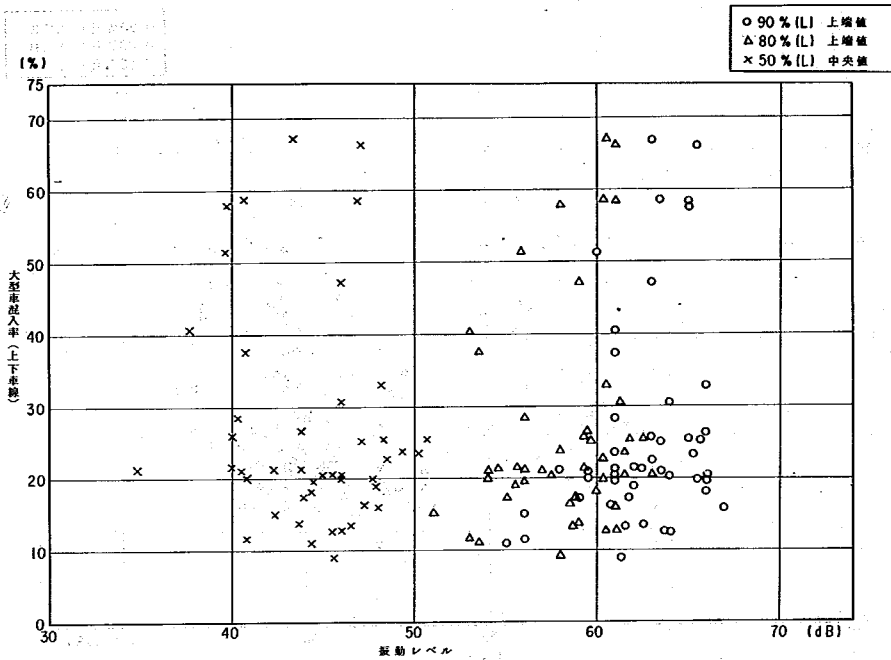


図-17 大型車混入率と振動レベルの相関

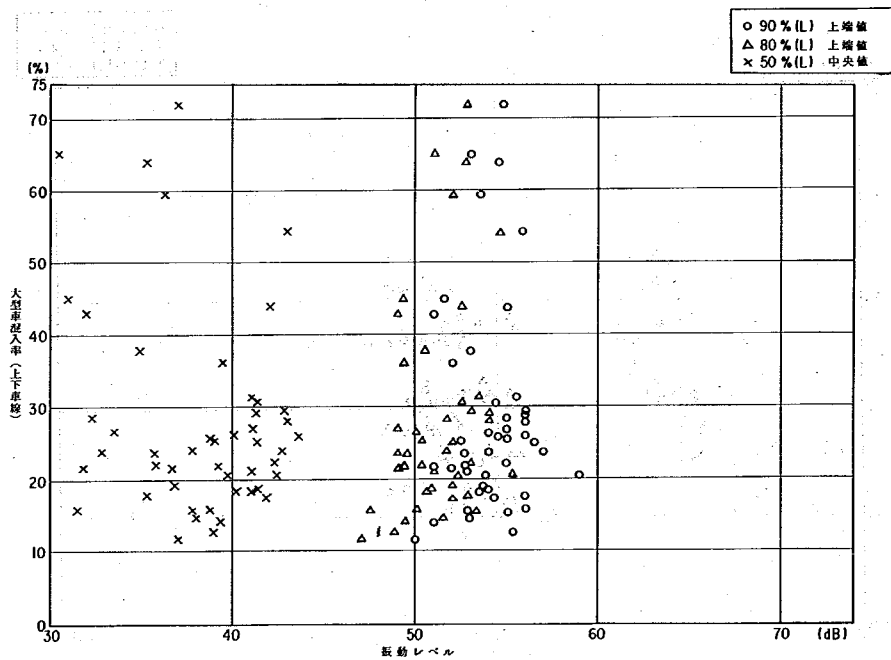


図-18 大型車混入率と振動レベルの相関

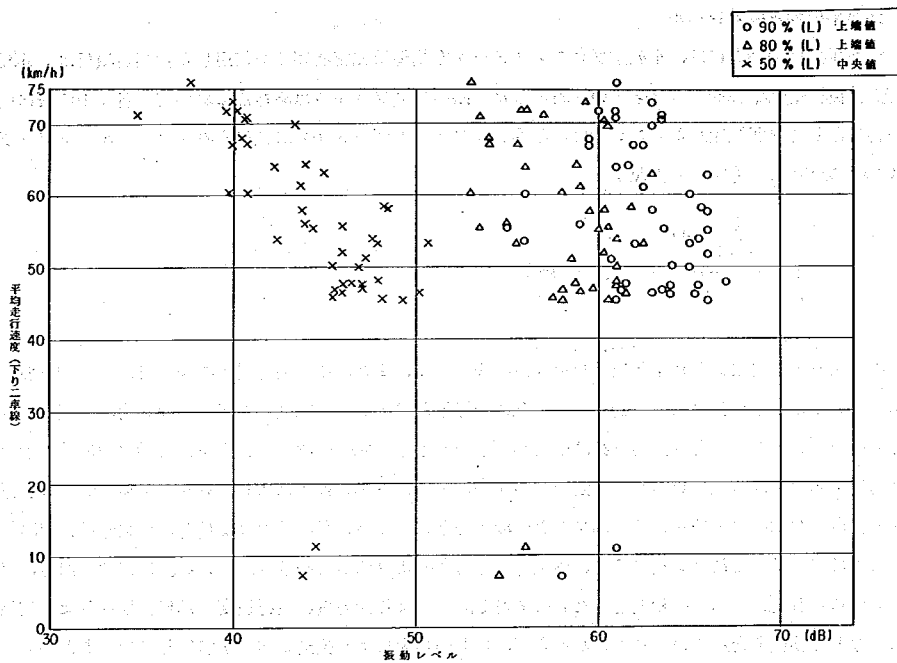


図-19 平均走行速度と振動レベルの相関

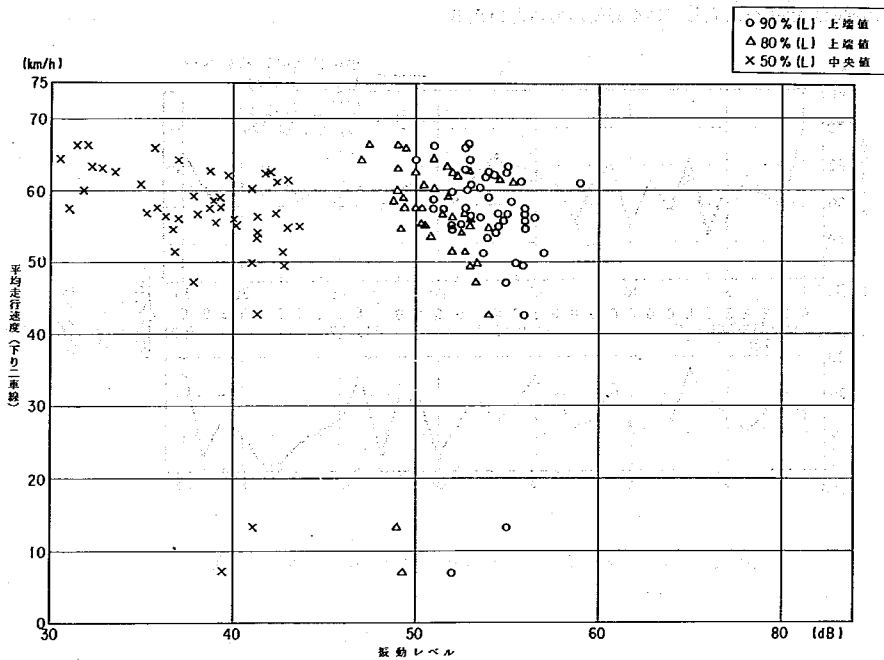


図-20 平均走行速度と振動レベルの相関

4) 路面平坦性と振動レベル

路面平坦性の調査には、車載型プロファイルメータ（構造研究室所属）を使用した。測定項目は、車輪変位、車体加速度、路面プロファイルの3者とした。路面プロファイル波は33地点において、各々100m区間を対象として2回測定した。ここでは、路面プロファイルのデータから次式によりプロファイルインデックス PrI を求めた。（図-6参照）

$$PrI = \frac{\sum_{i=1}^n |a_i|}{L} \quad (cm/km)$$

このようにして求めたPrIと振動レベル値を表-4に、また、その対応関係を図-21および図-22に示す。ここに示した33地点の振動レベルは互に交通量がほぼ等しい総交通量400～500台、大型車100台前後の場合のものである。図-21は横軸が測定地点番号（No.1～33）で、上図の縦軸は歩道外端および用地境界における振動レベル（3回の L_{10} の平均値）、下図の縦軸はPrIである。両図を比べるとある程度良好な対応が認められる。両図の間の横軸の下にあるB、C、EおよびGなどの記号は、道路構造の略号で、それぞれ高架橋、切土、盛土（高さ m ）および原地盤を意味している。次に図-22は、直接的にPrIと振動レベルの相関をみたものである。これより交通量、走行速度、地形、地質および道路構造などの要因を含んでいるにもかかわらず、PrIの増大により振動レベルが増加していることが判る。これより、路面平坦性は、振動レベルを支配する重要な要素であること、従って、振動を考慮した路面平坦性の測定法を確立していく必要があるといえる。

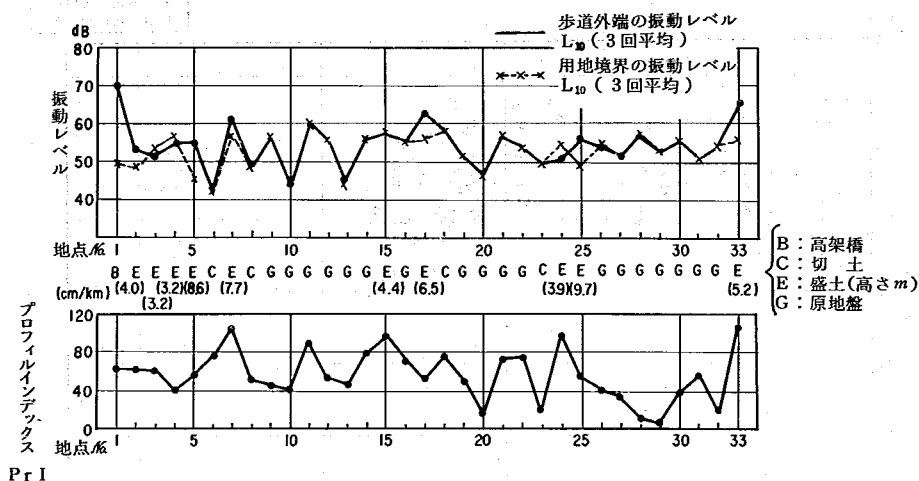


図-21 プロファイルインデックスと振動レベル（地点No.1～33）

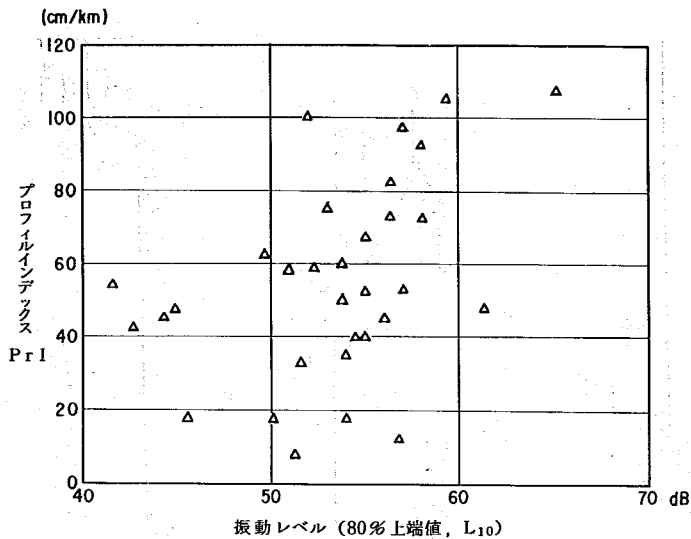


図-22 プロフィールインデックスと振動レベル

また、図-21の道路構造に注目すると、歩動外端における振動レベルは、B（高架橋部）およびE（盛土部）で大きく、C（切土部）およびG（原地盤部）で小さい傾向がみられる。しかし、用地境界の振動レベルは道路構造のみならず、路面平坦性、路肩から用地境界までの距離等が関係してくる。これらの因子の他に、当然の事ながら、交通量（特に大型車交通量）、地形、地質、路床、路盤の剛性なども影響してくる。これら各種要因が振動レベルに与える影響については、今回の測定および今後の測定の結果を解析することによって定量的評価を行っていく必要がある。

2.4 地形および地質

各測定地点の断面を図-23(1)～図-23(6)にまとめた。各断面図は下り方向に向って作図したものであり、P₀以後の（ ）内の数値は、P₀地点からの距離（m）であり、Z、Yは、それぞれ鉛直方向、水平方向（道路軸直角方向）の成分の測定を示している。なお、水平方向の測定はAタイプのみである。また、図の中には、用地境界および測定対象車線の路面状態を明記している。

地質については、測定地点での土質柱状図はほとんどないので、全国都道府県地質分布図より図-24に示すように現地付近を引用するにとどめた。

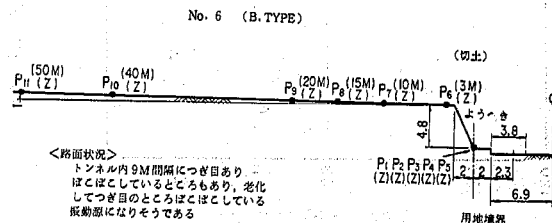
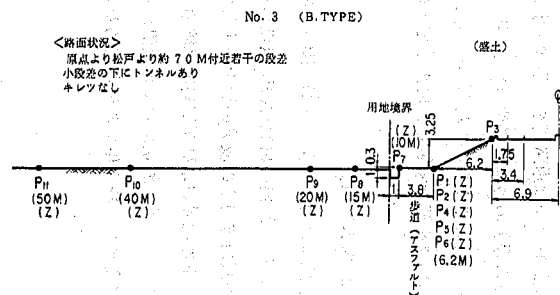
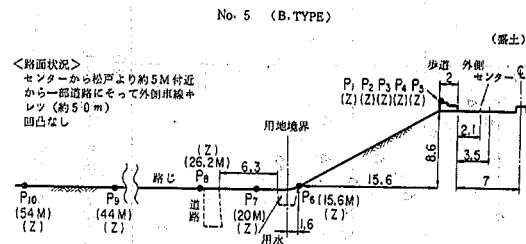
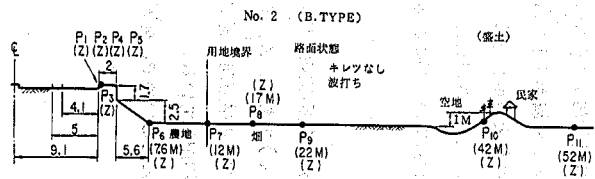
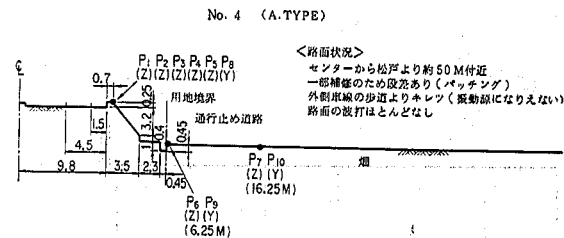
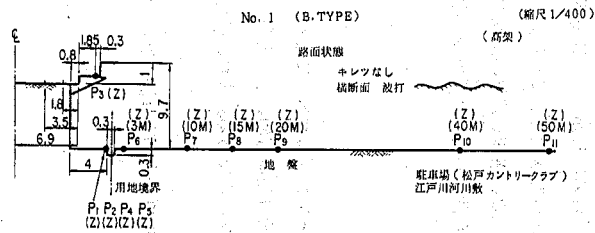


図-23(1) 各測定地点の地形 (断面図)

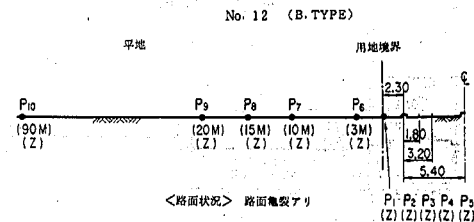
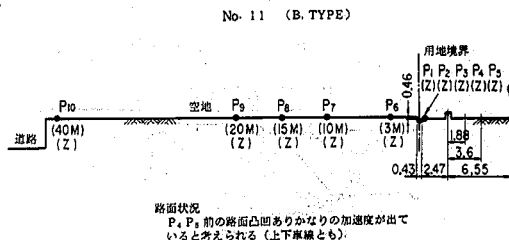
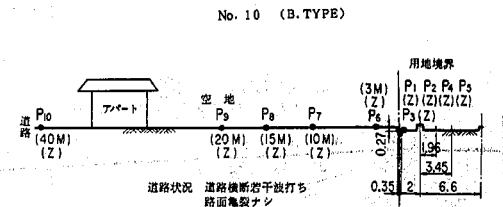
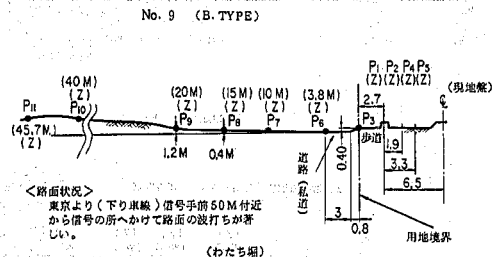
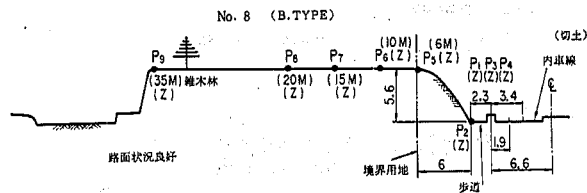
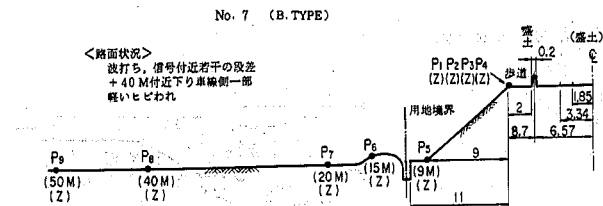
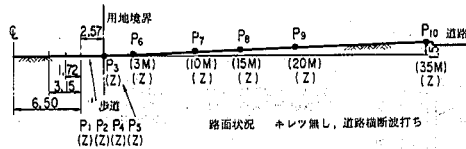
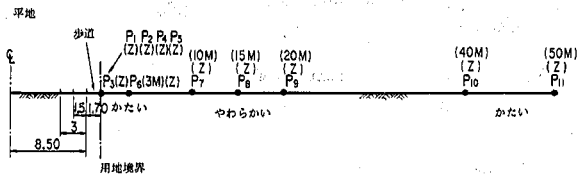


図-23(2) 各測定地点の地形(断面図)

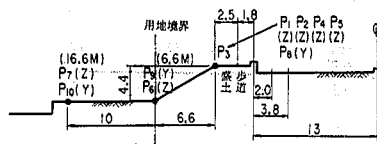
No. 13 (B. TYPE)



No. 14 (B. TYPE)

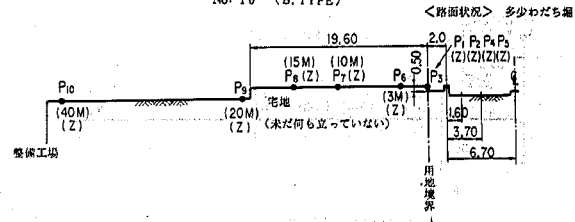


No. 15 (A. TYPE)

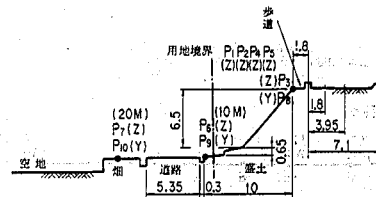


<路面状況> 段差アリ
波状

No. 16 (B. TYPE)



No. 17 (A. TYPE)



No. 18 (B. TYPE)

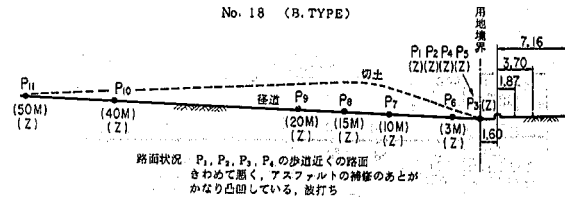
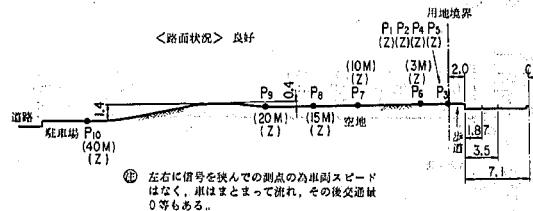
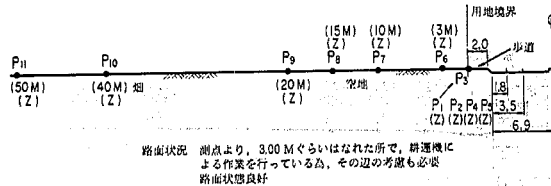


図-23(3) 各測定地点の地形(断面図)

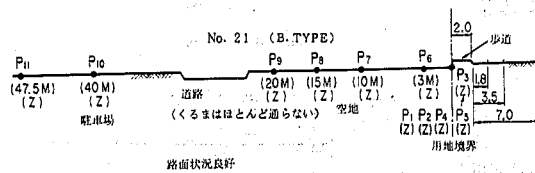
No. 19 (B. TYPE)



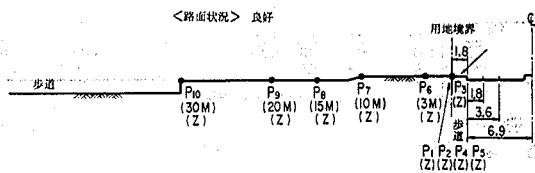
No. 20 (B. TYPE)



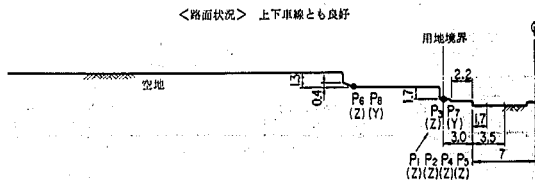
No. 21 (B. TYPE)



No. 22 (B. TYPE)



No. 23 (A. TYPE)



No. 24 (B. TYPE)

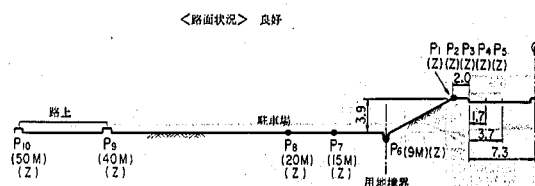


図-23(4) 各測定地点の地形(断面図)

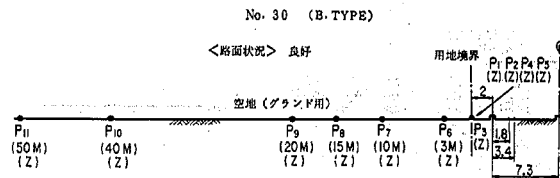
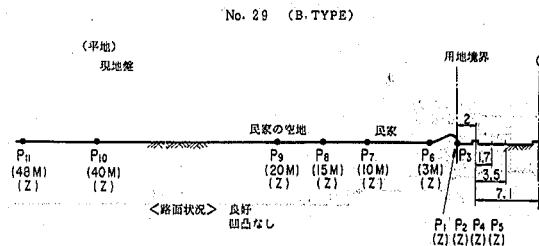
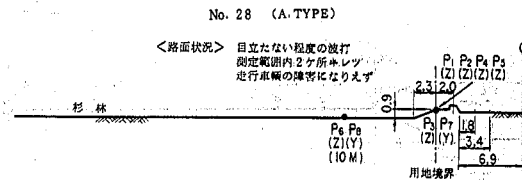
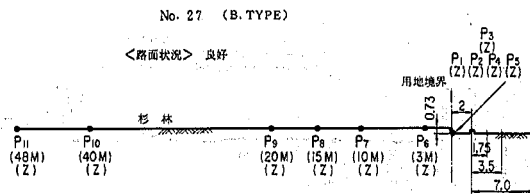
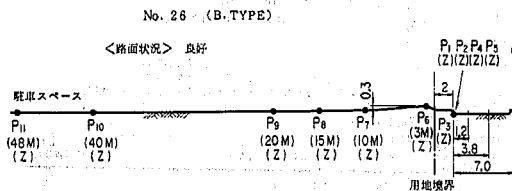
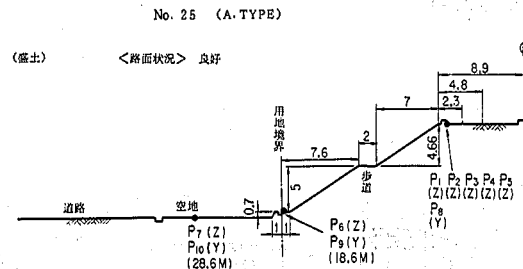
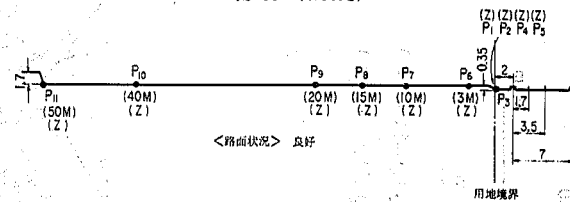
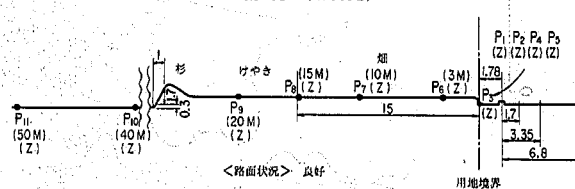


図-23(5) 各測定地点の地形(断面図)

No. 31 (B. TYPE)



No. 32 (B. TYPE)



No. 33 (B. TYPE)

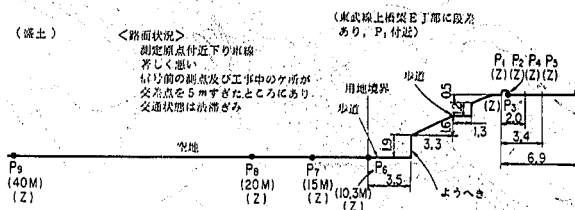
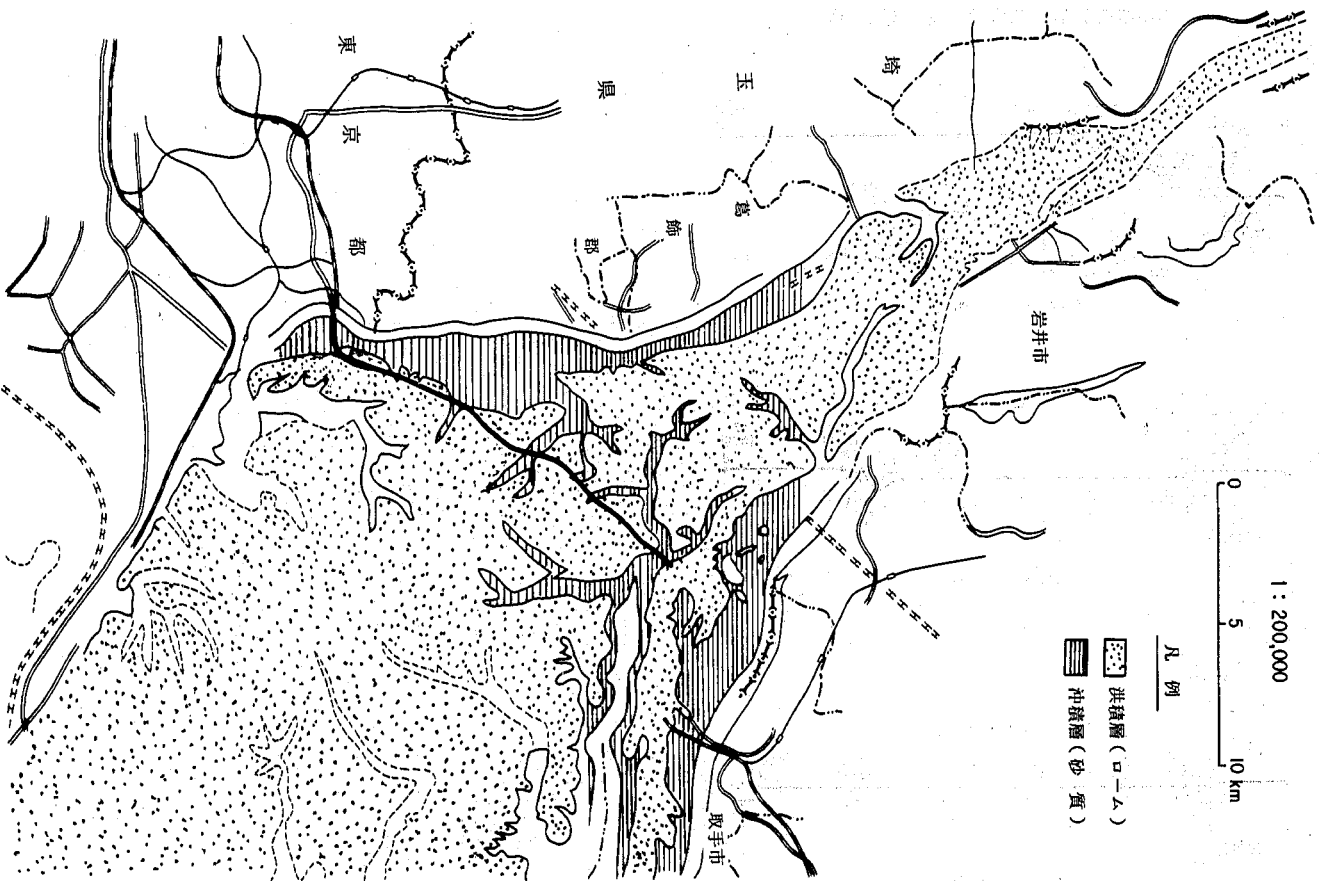


図-23(6) 各測定地点の地形(断面図)



3. 道路交通振動の予測

自動車交通による沿道地盤に伝播する振動は、自動車の車程、重量、走行速度、路面平坦性および道路構造などの振動発生源における要因のほかに、地形および地質条件などの伝播経路の要因などの多くの要因の影響を受けて非常に複雑である。従って、現在までに理論的に交通振動を算定する手法はまだ確立されていない。そこでここでは前項に示した実測データを用いて要因分析を行ない、交通振動の予測式を求めてみた。

3.1 歩道外端における振動レベル

1) 路面平坦性が一樣な場合の予測式

国道6号線の33地点の実測データのうち、24時間測定を行なった2地点(Na12、Na31)のデータは、プロフィールインデックスの影響が一定であると考えられる。したがって、このデータを用いて、プロフィールインデックスの要因を除いた予測式を算出した。ここで歩道端における振動レベル L_{10} を次式から推定されると仮定し、実測データに最小2乗法を適用して各係数を算出した。

$$\hat{L}_{10} = A Q + B q + C V + D \quad \text{..... (1)}$$

$\hat{L}_{10}$: 推定振動レベル (dB) (実測値と区別するため (cap) を付記している)

Q : 大型車交通量 (上下車線合計)

q : 小型車 " (" ")

V : 走行速度 (対象車線の速度又は上下車線の平均速度)

A、B、C、D : 定数

但し、小型車交通量は乗用車と小型貨物車の和である。

計算により求められた式(1)に関する各係数をまとめると表-5のようになる。各係数を(1)式に代入して推定値 $\hat{L}_{10}$ を求め、実測値 L_{10} と比較した結果を示すと表-6、表-7のとおりである。 L_{10} と $\hat{L}_{10}$ との差の絶対値の平均(平均偏差と呼ぶことにする)は、Na12地点で約1.1 dB、Na31地点で約0.9 dBである。これより式(1)はほぼ満足されるものと考えられよう。各要因と振動レベル L_{10} の実測値との間の単相関係数を求めると、Na12地点では、大型車0.77、小型車0.16、対象車線走行速度-0.47(上下車線平均速度-0.248)となり、Na31地点では、大型車0.73、小型車0.11、対象車線走行速度-0.42(上下車線平均速度-0.42)を得た。すなわち、路面の平坦性が一定である場合の自動車交通による振動レベルは大型車交通量との相関が最も大きく、他の要因は明確な相関を示していないことがわかる。次に、測定地点Na12およびNa31の実測データを用いて得られた予測式について分散分析表及び重相関係数を求めて式の検定を行った。表-8に分散分析表及び重相関係数を示す。

表-5 推定式の各係数(地点No.12およびNo.31)

計画地点 各係数		No. 12		No. 31	
着目交通速度		対象車線	平均	対象車線	平均
推 定 式 各 係 数	A:大型車	0.0754	0.0851	0.0570	0.0573
	B:小型車	0.0003	0.0044	-0.0027	-0.0028
	C:速 度	0.0173	0.1021	-0.0389	-0.0417
	D:定 数	5089	4413	5218	5244
試料からの平均偏差		± 1.129	± 1.098	± 0.897	± 0.898
単 相 関 係 数	大 型 車	0.772	0.772	0.730	0.730
	小 型 車	0.162	0.162	0.112	0.112
	速 度	- 0.469	- 0.248	- 0.419	0.418
重 相 関 係 数		0.773	0.805	0.743	0.741

表-6 測定地点No12における推定値と実測値の比較

計測 No.	L_{10}	大型車 Q	小型車 q	対象車線走行速度の場合			上下車線平均速度の場合		
				対象車線速度 V	$\hat{L}_{10}$	偏 差 α_i	平均速度 V	$\hat{L}_{10}$	偏 差 α_i
1	60.0	99.0	319.0	46.5	59.2	0.8	50.3	59.1	0.9
2	57.9	104.0	329.0	45.6	59.6	-1.7	52.8	59.8	-1.9
3	60.1	108.0	312.0	43.5	59.9	0.2	51.4	59.9	0.2
4	58.5	87.0	255.0	47.2	58.3	0.2	51.1	57.9	0.6
5	57.6	80.0	308.0	47.8	57.8	-0.2	54.3	57.8	-0.2
6	58.5	99.0	392.0	54.1	59.4	-0.9	56.6	60.0	-1.5
7	58.7	76.0	302.0	52.2	57.6	1.1	56.4	57.7	1.0
8	55.9	75.0	316.0	53.4	57.6	-1.7	57.3	57.7	-1.8
9	59.2	67.0	454.0	55.7	57.0	2.2	47.1	56.6	2.6
10	53.9	73.0	344.0	56.2	57.5	-3.6	44.9	56.4	-2.5
11	53.1	63.0	349.0	53.9	56.7	-3.6	41.7	55.3	-2.2
12	55.7	57.0	362.0	47.9	56.1	-0.4	50.4	55.7	-0.0
13	56.4	64.0	300.0	64.4	56.9	-0.5	69.0	57.9	-1.5
14	58.3	52.0	323.0	61.4	56.0	2.3	60.8	56.2	2.1
15	59.6	66.0	293.0	55.4	56.9	2.7	62.9	57.4	2.2
16	59.9	62.0	238.0	63.2	56.7	3.2	66.3	57.2	2.7
17	58.5	69.0	189.0	58.0	57.1	1.4	66.9	57.6	0.9
18	55.8	51.0	186.0	64.1	55.9	-0.1	64.9	55.9	-0.1
19	55.0	47.0	175.0	68.1	55.7	-0.7	63.4	55.4	-0.4
20	53.0	26.0	195.0	60.4	53.9	-0.9	62.3	53.5	-0.5
21	55.8	45.0	163.0	67.1	55.5	0.3	67.9	55.6	0.2
22	56.7	60.0	132.0	73.1	56.7	-0.0	70.8	57.0	-0.3
23	56.0	39.0	144.0	71.3	55.1	0.9	71.5	55.4	0.6
24	54.8	43.0	154.0	67.2	55.3	-0.5	67.3	55.3	-0.5
25	54.2	37.0	146.0	67.2	54.9	-0.7	73.9	55.5	-1.3
26	53.9	46.0	115.0	71.9	55.6	-1.7	65.5	55.2	-1.3
27	53.0	49.0	81.0	71.0	55.8	-2.8	65.4	55.3	-2.3
28	51.9	37.0	54.0	75.8	55.0	-3.1	77.4	55.4	-3.5
29	55.7	50.0	47.0	71.9	55.9	-0.2	68.7	55.6	0.1
30	57.4	57.0	40.0	70.7	56.4	1.0	71.1	56.4	1.0
31	57.4	58.0	42.0	60.5	56.3	1.1	61.8	55.5	1.9
32	59.9	88.0	43.0	69.9	58.7	1.2	68.5	58.8	1.1
33	61.7	97.0	49.0	59.4	59.2	2.5	64.9	59.2	2.5
34	61.3	119.0	84.0	60.1	60.9	0.4	64.4	61.2	0.1
35	60.8	122.0	136.0	57.1	61.1	-0.3	65.6	61.8	-1.0
36	61.5	108.0	243.0	54.9	60.0	1.5	59.0	60.4	1.1
37	58.1	53.0	269.0	61.0	56.0	2.1	61.8	56.1	2.0
38	56.7	45.0	303.0	60.6	55.4	1.3	67.3	56.1	0.6
39	55.2	41.0	398.0	61.7	55.2	0.0	65.1	56.0	-0.8
40	57.9	75.0	389.0	53.2	57.6	0.3	59.3	58.3	-0.4
41	58.3	79.0	302.0	56.1	57.9	0.4	57.8	58.1	0.2
42	59.2	93.0	313.0	58.1	59.0	0.2	58.4	59.4	-0.2
43	59.9	102.0	296.0	58.5	59.7	0.2	54.6	59.7	0.2
44	59.5	134.0	270.0	45.7	61.9	-2.4	48.6	61.7	-2.2
45	59.9	113.0	289.0	47.7	60.3	-0.4	54.0	60.5	-0.6
46	58.6	99.0	269.0	50.2	59.3	-0.7	53.2	59.2	-0.6
47	57.6	90.0	278.0	46.7	58.6	-1.0	46.5	57.7	-0.1
48	59.2	80.0	288.0	46.5	57.8	1.4	49.6	57.3	1.9
49	57.8	89.0	324.0	51.3	58.6	-0.8	51.8	58.4	-0.6
50	58.8	79.0	327.0	50.4	57.6	1.0	52.5	57.6	1.2
51	57.6	91.0	296.0	47.0	58.6	-1.0	48.9	58.2	-0.6
52	59.3	96.0	318.0	48.2	59.0	0.3	46.8	58.5	0.8
53	56.7	65.0	287.0	45.9	56.7	0.0	51.6	56.2	0.5
				平均偏差 $\alpha = \frac{1}{n} \sum \alpha_i = 1.130$			平均偏差 $\alpha = \frac{1}{n} \sum \alpha_i = 1.098$		

但し、 $\hat{L}_{10} = 0.07535 Q + 0.00027 q + 0.01706 V + 50.9$ (対象車線走行速度の場合)

$\hat{L}_{10} = 0.0851 Q + 0.00437 q + 0.1021 V + 44.13$ (上下平均走行速度の場合)

表-7 測定地点No31における推定値と実測値の比較

計測 No	L_{10}	大型車 Q	小型車 q	対象車線走行速度の場合			上下車線平均速度の場合		
				対象車線速度 V	$\hat{L}_{10}$	偏 差 α_i	平均速度 V	$\hat{L}_{10}$	偏 差 α_i
1	54.6	95.0	228.0	428	55.3	-0.7	49.3	55.2	-0.6
2	55.1	101.0	239.0	49.6	55.4	-0.3	54.0	55.3	-0.2
3	54.8	93.0	201.0	50.0	55.0	-0.2	54.3	54.9	-0.1
4	53.4	62.0	181.0	55.5	53.1	0.3	58.3	53.1	0.3
5	51.0	64.0	227.0	59.0	52.9	-1.9	57.1	53.1	-2.1
6	53.0	102.0	228.0	54.2	55.3	-2.3	54.5	55.4	-2.4
7	54.0	80.0	235.0	56.4	53.9	0.1	55.6	54.0	-0.0
8	54.4	78.0	245.0	51.5	54.0	0.4	55.8	53.9	0.5
9	54.4	74.0	207.0	56.1	53.7	0.3	60.6	53.6	0.4
10	55.5	78.0	198.0	54.9	54.0	1.5	61.9	53.8	1.7
11	51.6	62.0	273.0	60.4	52.6	-1.0	62.3	52.6	-1.0
12	52.4	83.0	307.0	60.3	53.7	-1.3	58.9	53.9	-1.5
13	54.0	67.0	288.0	53.6	53.1	0.9	58.5	53.0	1.0
14	53.4	64.0	283.0	55.2	52.9	0.5	61.0	52.8	0.6
15	51.6	45.0	270.0	57.7	51.8	-0.2	61.6	51.7	-0.1
16	53.7	53.0	282.0	47.3	52.6	1.1	51.8	52.5	1.2
17	49.9	31.0	229.0	64.3	50.8	-0.9	63.1	50.9	-1.0
18	52.8	45.0	258.0	56.7	51.8	1.0	58.7	51.8	1.0
19	52.7	55.0	230.0	51.5	52.7	0.0	58.1	52.5	0.2
20	52.2	65.0	204.0	59.2	53.0	-0.8	64.9	52.9	-0.7
21	54.0	37.0	170.0	56.3	51.6	2.4	58.1	51.7	2.3
22	50.3	47.0	156.0	57.6	52.2	-1.9	54.2	52.4	-2.1
23	51.6	40.0	110.0	62.5	51.7	-0.1	61.9	51.8	-0.2
24	51.0	34.0	123.0	54.7	51.7	-0.7	58.7	51.6	-0.6
25	50.1	32.0	102.0	63.1	51.3	-1.2	65.9	51.2	-1.1
26	50.1	25.0	90.0	60.0	51.0	-0.9	66.0	50.9	-0.8
27	52.7	38.0	95.0	63.4	51.6	1.1	66.9	51.6	1.1
28	49.3	29.0	120.0	66.4	50.9	-1.6	65.6	51.0	-1.7
29	51.8	34.0	109.0	65.9	51.3	0.5	65.0	51.4	0.4
30	51.7	49.0	80.0	60.9	52.4	-0.7	61.3	52.5	-0.8
31	52.2	47.0	62.0	66.3	52.1	0.1	66.6	52.2	0.0
32	50.8	47.0	57.0	57.5	52.5	-1.7	66.2	52.2	-1.4
33	53.6	47.0	25.0	64.4	52.3	1.3	61.9	52.5	1.1
34	54.1	59.0	33.0	56.9	53.2	0.9	63.6	53.1	1.0
35	54.8	62.0	24.0	56.1	53.5	1.3	55.6	53.6	1.2
36	53.6	77.0	52.0	56.4	54.2	-0.6	58.1	54.3	-0.7
37	55.7	100.0	83.0	61.5	55.3	0.4	63.4	55.3	0.4
38	55.5	92.0	116.0	62.6	54.7	0.8	63.0	54.8	0.7
39	53.2	53.0	152.0	62.7	52.3	0.9	64.1	52.4	0.8
40	52.9	57.0	219.0	62.1	52.4	0.5	63.9	52.4	0.5
41	53.8	64.0	298.0	62.5	52.6	1.2	60.8	52.7	1.1
42	51.6	47.0	316.0	58.6	51.7	-0.1	60.6	51.7	-0.1
43	52.5	55.0	289.0	57.6	52.3	0.2	57.8	52.4	0.1
44	55.9	72.0	273.0	61.2	53.2	2.7	56.1	53.5	2.4
45	52.4	79.0	272.0	56.8	53.7	-1.3	58.8	53.8	-1.4
46	54.3	80.0	226.0	55.1	54.0	0.3	58.4	54.0	0.3
				平均偏差 $\alpha = \frac{1}{n} \sum \alpha_i = 0.897$			平均偏差 $\alpha = \frac{1}{n} \sum \alpha_i = 0.8$		

但し、 $\hat{L}_{10} = 0.05701 Q - 0.00267 q - 0.03908 V + 52.18$ (対象車線走行速度の場合)

$\hat{L}_{10} = 0.05733 Q - 0.00276 q - 0.04199 V + 52.45$ (上下平均走行速度の場合)

表-8 測定地点No12、No31における分散分析表

	変動要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比	寄与率 (R ²)	重相関係数 R
計測地点 P-12	全変動	ayy=291.8 (291.8)	52			0.597 (0.648)	0.773 (0.805)
	回帰による変動	RV=174.3 (189.0)	3	VR=58.1 (63.0)	F=24.3 (30.1)		
	回帰からの 残差の変動	EV=117.3 (102.7)	49	Ve= 24 (21)			
計測地点 P-31	全変動	ayy=126.0 126.0	45			0.552 (0.549)	0.743 (0.741)
	回帰による変動	RV=69.5 (69.2)	3	VR=23.2 (23.1)	F=17.3 (17.1)		
	回帰からの 残差の変動	EV=56.4 (57.4)	42	Ve= 1.3 (1.4)			

上段は対象車線走行速度を用いた場合

F分布

F(3.60, 0.05)=2.76

下段()内は上下平均走行速度を用いた場合

F(3.40, 0.05)=2.84

測定地点No12で対象車線走行速度を用いた場合、分散比は $F = 24.3$ であり、F分布表から $F(3.60, 0.05) = 2.76$ であることより、ここで求めた予測式は危険率5%で有意であるといえる。またこのとき重相関係数は0.773であり、比較的良好な相関があることがわかる。

測定地点No31では、対象車線走行速度を用いた場合、分散比とF分布を比較すると、

$$F = 17.3 > F(3.40, 0.05) = 2.84$$

であり、予測式は、危険率5%で有意であるといえる。また、重相関係数は、0.743であり、No12地効と同様に比較的良好な相関があると認められる。

以上より、プロフィールインデックスの影響が一定である場合は、大型車交通量、小型車交通量及び走行速度をパラメータとして歩道外端における振動レベルを推定する予測式を導くことができると考えられる。

2) 路面平坦性の要因を含む場合の予測式

路面平坦性(ここではプロフィールインデックスを指標とする)の値が影響する場合の歩道外端における振動レベル L_{10} (dB) を推定するための予測式を表-9に示す測定地点No1～No33までの33地点の実測データを用いて求めた。歩道外端での振動レベル $\hat{L}_{10}$ は、次式で推定されるものと仮定した。

表-9 33 地点の実測データ

測定 地点	道路構造	測定法 タイプ	交通量			平均走行速度		L ₁₀ (dB)					L ₁₀ (dB)	PrI (cm/Km)	$\bar{\alpha}$ (G)	備考
			上下大型車 計 (台)	上下大型乗用 計 (台)	合計 (台)	対象車 線平均 (Km/h)	上下平均 (Km/h)	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅				
No-1	高架橋	B	87.7	294.3	382.	50.2	51.0	52.8	51.3	—	50.2	50.3	51.2	62.5	0.675	P ₃ は高架上にセット(上り)
(2)	盛土 (h=4.2m)	"	96.3	273.4	369.7	52.1	53.3	54.5	53.9	53.3	54.0	53.7	53.9	60.0	0.201	(")
3	" (h=3.3m)	"	107.7	318.3	426.	39.0	37.6	52.2	54.6	51.4	51.6	54.5	52.9	58.8	0.895	(上り)
(4)	" (h=3.6m)	A	81.7	320.6	402.3	59.0	46.6	53.3	54.9	54.9	55.2	58.7	55.4	40.0	0.546	(上り)
5	" (h=8.6m)	B	130.7	445.0	575.7	49.6	50.9	54.6	54.7	54.9	54.5	55.9	54.9	47.5	0.251	
6	切土 (d=4.8m)	"	13.0	565.0	578.	43.4	45.0	41.7	39.3	41.5	46.6	51.8	45.4	54.7	0.740	歩道の舗装上にピックアップ
7	盛土 (d=7.7m)	"	120.7	433.0	553.7	40.3	43.3	60.2	60.6	60.2	63.5	—	61.1	105.0	0.829	
8	切土 (d=5.6m)	"	81.3	362.4	443.7	58.2	59.7	44.4	48.6	45.7	51.2	—	47.5	47.5	—	歩道の舗装上にピックアップ
9	原地盤	"	106.7	356.0	462.7	39.5	42.6	58.2	58.0	56.8	60.2	63.2	59.3	45.0	*0.091	
10	"	"	112.3	312.7	425.	45.2	46.6	42.1	41.5	42.7	45.2	49.7	44.2	42.5	*0.180	
(11)	"	"	89.0	341.7	430.7	47.1	50.4	57.8	59.0	60.2	68.5	68.4	62.8	92.5	*0.245	
12	"	"	67.7	382.3	450.	55.7	44.8	55.3	58.5	60.2	68.5	68.4	62.8	92.5	*0.245	
13	"	"	104.0	379.7	483.7	49.5	56.8	55.3	52.5	51.0	56.0	52.0	54.7	52.5	*0.116	
14	"	"	109.3	456.7	566.	41.5	46.0	53.5	53.5	56.1	47.2	52.4	52.5	82.5	*0.087	(上り)
(15)	盛土 (h=4.4m)	A	91.0	386.3	477.3	45.5	50.8	59.9	61.4	57.7	61.1	63.3	60.7	97.5	0.623	(")
16	原地盤	B	128.0	339.0	467.	49.0	49.8	54.9	57.8	55.1	55.9	55.2	55.8	67.5	*1.414	
17	盛土 (h=7.1m)	A	104.3	393.7	498.	44.6	45.5	52.9	61.4	62.4	59.7	62.8	59.8	47.5	*1.298	
18	原地盤	B	101.7	350.6	452.3	49.7	49.6	57.7	57.7	58.1	57.4	56.7	57.5	72.5	0.659	
19	"	"	120.7	306.3	427.	38.2	42.6	54.0	51.9	51.2	50.7	55.4	52.6	50.0	0.202	
(20)	"	"	100.3	283.7	384.	47.8	49.4	48.7	48.7	46.1	47.1	47.7	47.7	17.5	0.142	
21	"	"	80.3	300.0	380.3	52.0	53.0	49.0	54.8	56.6	55.8	59.2	55.1	72.5	0.629	
22	原地盤	"	72.3	359.7	432.	46.9	52.2	55.6	58.6	53.5	50.2	53.2	54.2	75.0	0.745	
(23)	切土	A	104.3	261.7	366.	42.3	47.6	48.5	51.2	49.5	45.8	48.2	48.6	17.0	0.266	
24	盛土 (h=3.9m)	B	102.0	260.0	362.	51.6	55.4	49.9	55.4	50.9	56.3	56.5	53.8	*10.00	0.315	
25	" (h=10.4m)	A	86.0	266.7	352.7	50.3	60.9	52.9	55.0	55.6	56.6	58.8	55.8	52.5	0.275	
26	原地盤	B	62.0	352.3	414.3	61.9	61.1	54.9	55.7	53.6	55.7	45.1	53.0	40.0	0.255	
(27)	"	"	83.0	285.0	368.	46.6	47.2	56.1	56.4	51.6	54.8	54.8	54.7	32.5	0.114	
28	"	A	79.3	298.4	377.7	43.2	47.9	55.6	56.7	57.0	57.7	58.0	57.0	*12.5	0.226	
29	"	B	71.0	351.0	422.	55.3	60.6	54.0	55.6	52.4	52.8	54.4	53.8	7.5	0.269	
(30)	"	"	91.0	239.7	330.7	49.2	49.8	54.2	57.3	55.2	56.7	57.8	56.2	35.0	0.061	
31	"	"	70.7	289.3	360.	58.1	59.9	53.0	—	55.0	56.3	57.3	52.8	*57.5	0.095	
32	"	"	93.7	203.0	296.7	5.7	31.5	53.6	54.1	54.1	55.8	52.9	54.1	17.5	0.108	
33	盛土 (h=5.2m)	"	88.3	237.7	326.	9.8	29.5	58.3	65.4	65.1	64.9	64.3	63.6	107.5	1.139	

(3 回平均) (3 回平均)

注) ×印データは不適格データと思われる。

$$\hat{L}_{10} = A Q + B q + C V + D \text{PrI} + E \dots\dots\dots (2)$$

$\hat{L}_{10}$: 推定振動レベル (dB)

Q : 大型車交通量 (上下車線合計)

q : 小型車交通量 (")

V : 走行速度

PrI : プロファイルインデックス

A、B、C、D、E : 定数

但し、小型車交通量は、乗用車と小型貨物車の和とする。

この33地点のデータの回帰においては、全データを一律にとりあげるケースおよび不適格と思われるデータ (PrI 値と車輛振動の加速度値とが傾向的に一致を示さない個所を不適格と定義した) を除いたケースの2つの場合について検討を試みた。各々の場合についての推定結果をまとめると表-10のようになる。各係数を(2)式に代入して推定値 $\hat{L}_{10}$ を求め、実測値 L_{10} と比較した結果を示すと表-11、表-12のとおりである。

表-10 推定式(2)に用いる各係数

着目交通速度		1～33地点全データ		不適格試料を除いたケース	
		対象車線	平均	対象車線	平均
推定式に用いる各係数	A:大型車	0.0181	0.0148	-0.0684	-0.0719
	B:小型車	-0.0108	-0.0121	0.0086	0.0069
	C:速度	-0.0527	-0.1095	-0.0848	-0.1475
	D:Profile index	0.0769	0.0764	0.0881	0.0874
	E:定数	54.35	58.06	57.67	61.91
試料からの平均偏差		± 3.54	± 3.49	± 2.83	± 2.92
単相関係数	大型車	0.172	0.172	-0.151	-0.151
	小型車	-0.142	-0.142	0.102	0.102
	速度	-0.232	-0.252	-0.199	-0.237
	Profile index	0.425	0.425	0.568	0.568
重相関係数		0.498	0.511	0.620	0.628

表-11 全データ(33地点)における推定値と実測値の比較

計測 地点No	L ₁₀	大型車 Q	小型車 q	Profile index PrI	対象車線走行速度の場合			上下車線平均走行速度の場合		
					対象車線速度 V	$\hat{L}_{10}$	偏差 α_i	平均速度 V	$\hat{L}_{10}$	偏差 α_i
1	51.2	87.7	294.3	62.5	50.2	54.9	-3.730	51.0	55.0	-3.799
2	53.9	96.3	273.4	60.0	52.1	55.0	-1.118	53.3	54.9	-1.036
3	52.9	107.7	318.3	58.8	39.0	55.3	-2.439	37.6	56.2	-3.295
4	55.4	81.7	320.6	40.0	59.0	52.3	3.055	46.6	53.4	2.043
5	54.9	130.7	445.0	17.5	49.0	50.7	4.243	50.9	50.4	4.514
6	44.2	13.0	565.0	54.7	43.4	50.4	-6.222	45.0	50.7	-6.494
7	60.3	120.7	433.0	105.0	40.	57.8	2.479	43.3	57.9	2.390
8	47.5	81.3	362.4	47.5	58.2	52.5	-5.007	59.7	52.0	-4.486
9	59.3	106.7	356.0	45.0	39.5	53.8	5.473	42.6	54.1	5.176
10	44.2	112.3	312.7	42.5	45.2	53.9	-9.703	46.6	54.1	-9.895
11	62.8	89.0	341.7	92.5	47.1	56.9	5.888	50.4	56.8	5.995
12	55.4	67.7	382.3	52.5	55.7	52.6	2.838	44.8	53.6	1.842
13	44.1	104.0	379.7	45.0	49.5	53.0	-8.897	56.8	52.2	-8.145
14	52.5	109.3	456.7	82.5	41.5	55.6	-3.067	46.0	55.4	-2.936
15	60.7	91.0	386.3	97.5	45.5	56.9	3.764	50.8	56.6	4.060
16	55.8	128.0	339.0	67.5	49.0	55.6	0.175	49.8	55.6	0.225
17	59.8	104.3	393.7	47.5	44.6	53.3	6.498	45.5	53.5	6.297
18	57.5	101.7	350.6	72.5	49.7	55.4	2.128	49.6	55.4	2.061
19	52.6	120.7	306.3	50.0	38.2	55.1	-2.469	42.6	55.3	-2.707
20	47.7	100.3	283.7	17.5	47.8	51.9	-4.240	49.4	52.1	-4.351
21	55.1	80.3	300.0	72.5	52.0	55.4	-0.309	53.0	55.4	-0.266
22	54.2	72.3	359.7	75.0	46.9	55.1	-0.882	52.2	54.8	-0.607
23	48.6	104.3	261.7	17.0	42.3	52.5	-3.900	47.6	52.5	-3.939
24	53.8	102.0	260.0	100.0	51.6	58.4	-4.567	55.4	58.0	-4.201
25	55.8	86.0	266.7	52.5	50.3	54.4	1.377	60.9	53.5	2.346
26	55.0	62.0	352.3	40.0	61.9	51.5	3.505	61.1	51.1	3.903
27	54.7	83.0	285.0	32.5	46.6	52.8	1.871	47.2	53.2	1.534
28	57.0	79.3	298.4	12.5	43.2	51.3	5.740	47.9	51.3	5.660
29	53.8	71.0	351.0	7.5	53.3	49.5	4.279	60.6	48.8	4.988
30	56.2	91.0	239.7	35.0	49.2	53.5	2.683	49.8	53.7	2.458
31	52.8	70.7	289.3	57.5	58.1	53.9	-1.076	59.9	53.5	-0.652
32	54.1	93.7	203.0	17.5	5.7	54.9	-0.806	31.5	54.9	-0.780
33	62.6	88.3	237.7	107.5	9.8	61.1	2.464	29.5	61.5	2.125
					平均偏差 $\alpha = \frac{1}{n} \sum a_i = 3.542$			平均偏差 $\alpha = \frac{1}{n} \sum a_i = 3.49$		

但し、 $\hat{L}_{10} = 0.01809 Q - 0.01077 q - 0.05266 V + 0.07686 PrI + 54.35$ (対象車線走行速度の場合)

$\hat{L}_{10} = 0.01477 Q - 0.01205 q - 0.10945 V + 0.07639 PrI + 58.06$ (上下平均走行速度の場合)

表-12 33地点より不適格データを除いた場合の推定値と実測値の比較

計測 地点No	L_{10}	大型車 Q	小型車 q	Profile index PrI	対象車線走行速度の場合			上下車線走行速度の場合		
					対象車線速度 V	$\hat{L}_{10}$	偏差 α_i	平均速度 V	$\hat{L}_{10}$	偏差 α_i
2	53.9	96.3	273.4	60.0	52.1	54.3	-0.406	53.3	54.3	-0.353
3	52.9	101.7	318.3	58.8	39.0	54.9	-2.018	37.6	56.0	-3.063
4	55.4	81.7	320.6	40.0	59.0	53.4	2.037	46.6	54.9	0.531
5	54.9	130.7	445.0	17.5	49.6	49.9	5.004	50.9	49.6	5.303
7	60.3	120.7	433.0	105.0	40.3	59.0	1.321	43.3	59.0	1.287
9	59.3	106.7	356.0	45.0	39.5	54.1	5.248	42.6	54.4	4.949
10	44.2	112.3	312.7	42.5	45.2	52.6	-8.392	46.6	52.8	-8.635
11	62.8	89.0	341.7	92.5	47.1	58.7	4.118	50.4	58.5	4.284
12	55.4	67.7	382.3	52.5	55.7	56.2	-0.834	44.8	57.5	-2.257
13	44.1	104.0	379.7	45.0	49.5	53.6	-9.493	56.8	52.6	-8.513
14	52.5	109.3	456.7	82.5	41.5	57.9	-5.378	46.0	57.6	-5.124
15	60.7	91.0	386.3	97.5	45.5	59.5	1.194	50.8	59.1	1.635
16	55.8	128.0	339.0	67.5	49.0	53.6	2.174	49.8	53.6	2.193
17	59.8	104.3	393.7	47.5	44.6	54.3	5.471	45.5	54.6	5.234
18	57.5	101.7	350.6	72.5	49.7	55.9	1.593	49.6	56.0	1.472
19	52.6	120.7	306.3	50.0	38.2	53.2	-0.617	42.6	53.4	-0.832
20	47.7	100.3	283.7	17.5	47.8	50.7	-3.039	49.4	50.9	-3.200
21	55.1	80.3	300.0	72.5	52.0	56.7	-1.640	53.0	56.7	-1.624
22	54.2	72.3	359.7	75.0	46.9	58.5	-4.254	52.2	58.0	-3.845
23	48.6	104.3	261.7	17.0	42.3	50.7	-2.098	47.6	50.7	-2.090
25	55.8	86.0	266.7	52.5	50.3	54.4	1.356	60.9	53.2	2.635
26	55.0	62.0	352.3	40.0	61.9	54.1	0.262	61.1	54.4	0.636
27	54.7	83.0	285.0	32.5	46.6	53.4	1.342	47.2	53.8	0.913
29	53.8	71.0	351.0	7.5	55.3	51.8	1.994	60.6	50.9	2.865
30	56.2	91.0	239.7	35.0	49.2	52.4	3.780	49.8	52.7	3.457
32	54.1	93.7	203.0	17.5	5.7	54.1	0.035	31.5	53.5	0.648
33	63.6	88.3	237.7	107.5	9.8	62.3	1.281	29.5	62.2	1.363
					平均偏差 $\alpha = \frac{1}{n} \sum a_i = 2.83$			平均偏差 $\alpha = \frac{1}{n} \sum a_i = 2.92$		

但し、 $\hat{L}_{10} = -0.0684 Q + 0.0086 q - 0.0848 V + 0.0881 PrI + 57.67$ (対象車線走行速度の場合) $\hat{L}_{10} = -0.0719 Q + 0.0069 q - 0.1475 V + 0.0874 PrI + 61.91$ (上下平均走行速度の場合)

全データを用いた場合の実測値からの平均偏差は、3.5 dB であり、(1)式の場合に比べて誤差範囲が大きく、(2)式の予測式は多少精度の低いものになっている。この場合の振動レベル L_{10} と他の各要因との単相関係数は、プロフィールインデックスの場合で 0.43、他は ± 0.2 程度（表 -10 参照）であり、交通振動に与える各要因の影響は一般に相関性が小さく、要因のとり上げ方をさらに検討する必要があるものと思われる。

次に、不適格データ表 -9 の * 印データを除いたケースにおいては、平均偏差は 28dB であり、全データを用いた場合よりやや誤差範囲の小さい結果を得た。この場合の振動レベルと各要因の間での単相関係数から、プロフィールインデックスに最も高い相関が認められる。なお、この不適格データを除いた場合について、プロフィールインデックスのみによる交通振動の推定式を求めると、

$$\hat{L}_{10} = 0.179 \text{ PrI} + 46.4 \text{ (dB)}$$

で表わされ、図 -25 に示すような結果を得た。

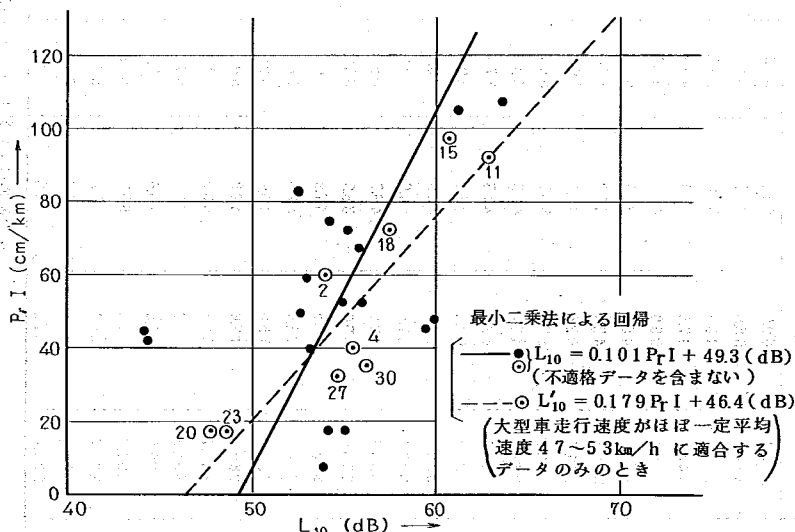


図 -25 振動レベルと路面の平坦性の相関関係

予測式(2)に関する検定を行なうため分散分析表及び重相関係数を求めてみた。その結果を示すと表 -13 のとおりである。

全データを一律に用いた場合で走行速度を対象車線とした時、分散比と F 分布は $F = 231 < F(4, 30, 0.05) = 269$ と求まり、危険率 5% で(2)式による推定式は受け入れられないという結果を得た。また、このときの重相関係数は 0.498 であり、振動レベルの推定結果は信頼性を欠くものと思われる。

全データから不適格なデータを除いた場合の分散分析では、分散比と F 分布の関係が $F = 3.44 > F(4, 20, 0.05) = 2.87$ と求まり、危険率 5% で推定式は有意であるという結果を得た。またこのとき

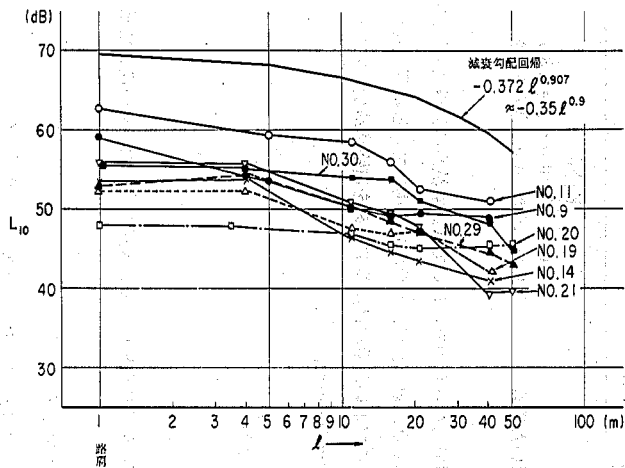


図-2.6 原地盤道路周辺部に対する距離減衰回帰検討

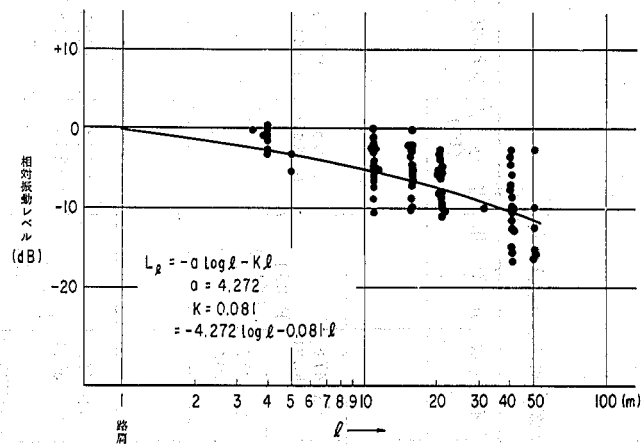


図-2.7 原地盤道路周辺部に対する距離減衰回帰検討

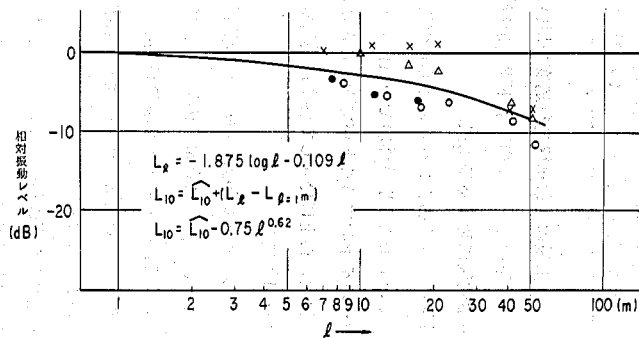


図-2.8 盛土道路 (h = 3.3~4.4 m) 周辺地盤の距離減衰

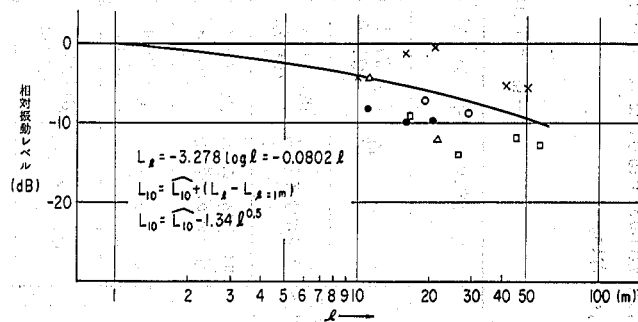


図-2.9 盛土道路 (h = 5.2~10.5 m) 周辺地盤の距離減衰

重相関係数は0.62であり、(2)式による推定式は何ら役立たないとはいえないという程度で信頼性はあまり高くはない。

表-13 測定地点No.1～No.33における分散分析表

	変動要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比	寄与率 (R ²)	重相関係数 (R)
全データを用いた場合 (33地点)	全変動	ayy=771.1 (771.1)	32			0.248 (0.261)	0.498 (0.511)
	回帰による変動	RV=191.3 (201.2)	4	VR=47.8 (50.3)	F=231 (247)		
	回帰からの 残差の変動	EV=579.7 (569.8)	28	Ve=20.7 (20.4)			
不適格データを 除いた場合	全変動	ayy=595.9 (595.9)	27			0.384 (0.394)	0.620 (0.628)
	回帰による変動	RV=229.1 (234.8)	4	VR=57.0 (58.7)	F=344 (358)		
	回帰からの 残差の変動	EV=366.8 (361.1)	23	Ve=16.7 (16.4)			

上段は対象車線走行速度を用いた場合

F分布

$$F(4, 20, 0.05) = 2.87$$

下段()内は上下平均走行速度を用いた場合

$$F(4, 30, 0.05) = 2.69$$

3.2 距離減衰に関する予測式

歩道外端における振動レベルの予測式の検討を前項で行なったので、ここでは距離減衰の回帰式の検討を行なう。その結果より歩道外端での振動レベルの予測式と距離減衰による予測式を用いて、道路周辺地盤上の振動レベルを予測することができることになる。ここで用いた手法は実測データを道路構造別、すなわち原地盤、盛土、切土に分類して各道路構造別に回帰分布を試みた。

距離減衰回帰式が

$$L_L = -a \log L - K \quad (\text{土研資料第867号より})^{1)}$$

但し、 L_L : 減衰量(dB) , a 、 K : 係数

ここでは、 $L = 1m$ を歩道外端としている。

に近似できるとして実測データを最小2乗法を用いて、道路構造別に、 a 、 K を算定した。その検討結果を示すと次のようになる。

i) 原地盤道路周辺部…… $L_L = -4.272 \log L - 0.081 L$

ii) 盛土道路周辺部(盛土高さ $h = 3.3 \sim 4.4m$) …… $L_L = -1.875 \log L - 0.109 L$

iii) 同 上 (盛土高さ $h = 5.2 \sim 10.5m$) …… $L_L = -3.278 \log L - 0.0802 L$

これより歩道外端より $i(m)$ 地点での減衰量 $L_i (dB)$ を求めると次式ようになる。

$$L_i = L_\ell - L_{\ell=1m} \quad (dB)$$

但し、 $\ell = i + 1(m)$

従って、歩道外端より $i(m)$ 地点での振動レベル L_{10} は次のようになる。

$$L_{10} = \hat{L}_{10} + L_i \quad (dB)$$

$\hat{L}_{10}$: 歩道外端の推定振動レベル

また、上記距離減衰回帰式のほかに双曲線 $(-a\ell^r)$ に近似できると仮定して a 、 r を算出してみた。歩道外端より $\ell(m)$ 離れた地点での振動レベルは次のように表わされる。

i) 原地盤道路周辺部に対して

$$L_{10} = \hat{L}_{10} - 1.6 \ell^{0.5}$$

ii) 盛土道路周辺部に対して ($h = 3.3 \sim 4.4 m$)

$$L_{10} = \hat{L}_{10} - 1.34 \ell^{0.5}$$

なお、切土道路周辺部に対してはデータが少なかったので決定できなかったが、切土周辺部では一般に振動レベルが低く、問題になることが少ないと予想される。

4. ま と め

国道6号線の33地点において実測したデータを用いて歩道外端における振動レベルの推定のための予測式を算出し、その検定を行なったが、その結果をまとめると表-14のようになる。これより次のことがいえる。

- 1) 路面平坦性の影響が一定と考えられる同一地点での測定データについては、大型車交通量、小型車交通量及び走行速度を要因として歩道外端での振動レベルを一次式によって近似的に推定することができると考えられる。
- 2) 路面平坦性の影響が変化する多数地点での測定データに対して、大型車交通量、小型車交通量、走行速度及びプロフィルインデックスを要因として振動レベルを一次式にて表示しようとしたが、推定式の信頼性が必ずしも十分でなかった。今後多数のデータを集め十分な検討を行なうことが必要となる。
- 3) 今回のデータは、特定の国道沿線における地形条件、地盤条件等が比較的均一な場合に対する資料である。

これらのデータに基づいて求めた振動レベル推定式は定数項の値が比較的大きくなった。この推定式によるとある程度の交通量が発生すれば、 $L_{10} = 50 \sim 60$ dB程度の振動レベルが発生し、場合によっては $L_{10} = 60 \sim 70$ dB程度の振動レベルが発生するという結果が得られた。

- 4) 今回試算した予測式は、特定の国道沿線の実測データのみを使用して求めたもので、特定の条件下において適用し得るものである。従って、その使用には充分、注意する必要がある。

今後は、現在建設省で実施中の全国的な実測調査及び試験工事による調査の結果に基づいてデータを蓄積して一般性のある予測式を求める必要がある。

最後に、実測データの収集に関しては関東地方建設局道路部、千葉国道工事事務所の予解と協力のもとに実施したものである。関係諸氏に感謝するものである。

参 考 文 献

- 1) 芹沢、中野「建設機械の騒音と地盤振動の実態と2、3の対策」土木研究所資料第867号、昭和48年7月
- 2) 近畿地方建設局、近畿技術事務所、「昭和49年度防振溝データ解析業務報告書」昭和50年3月
- 3) 土木研究所振動研究室「昭和50年度調査試験研究成果概要報告書」土木研究所資料1153号、1976-7
- 4) 建設省道路局企画局、建設省土木研究所「道路交通振動の対策に関する研究」第30回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集、1976-11

表-14 各予測式の一覧表

種別	パラメータ	使用データ対象地点	対象速度	振動レベル推定式(dB)	偏差値の平均(dB)	回帰検討に使用したパラメータの範囲		
歩道端の振動レベル	大型車(Q) 小型車(q) 乗用車平均速度(V) 路面状況(PrI)	Na-12 (P-12)	上り下りの平均速度	$\hat{L}_{10}=8.51 \times 10^{-2} Q + 0.44 \times 10^{-2} q + 10.21 \times 10^{-2} V + 44.1$	$\alpha=1.1$	Q: 26 ~ 134 台 q: 42 ~ 454 台 (Q+q: 91~521台)	V=41.7~77.4km/h	
			対象車線のみの平均速度	$\hat{L}_{10}=7.54 \times 10^{-2} Q + 0.027 \times 10^{-2} q + 1.71 \times 10^{-2} V + 50.9$	1.1		V=43.5~75.8 "	
		Na-31 (P-31)	上り下りの平均速度	$\hat{L}_{10}=5.73 \times 10^{-2} Q - 0.28 \times 10^{-2} q - 4.20 \times 10^{-2} V + 52.4$	0.9	Q: 25 ~ 102 台 q: 24 ~ 316 台 (Q+q: 72~390台)	V=43.3~66.9 "	
			対象車線のみの平均速度	$\hat{L}_{10}=5.70 \times 10^{-2} Q - 0.27 \times 10^{-2} q - 3.91 \times 10^{-2} V + 52.2$	0.9		V=42.8~66.4 "	
		大型車(Q) 小型車(q) 乗用車平均速度(V) 路面状況(PrI)	Na-1 ~ 33 全地点	上り下りの平均速度	$\hat{L}_{10}=1.48 \times 10^{-2} Q - 1.21 \times 10^{-2} q - 10.9 \times 10^{-2} V + 7.64 \times 10^{-2} PrI + 58.1$	3.5	Q: 25 ~ 102 台 q: 24 ~ 316 台 PrI: 7.5~107.5cm/km	V=42.6~61.1 "
				対象車線のみの平均速度	$\hat{L}_{10}=1.81 \times 10^{-2} Q - 1.08 \times 10^{-2} q - 5.27 \times 10^{-2} V + 7.69 \times 10^{-2} PrI + 54.3$	3.5		V= 5.7~61.9 "
	Na-1 ~ 33地点中より不適格データを除いた場合		上り下りの平均速度	$\hat{L}_{10}=-7.19 \times 10^{-2} Q + 0.69 \times 10^{-2} q - 14.8 \times 10^{-2} V + 8.74 \times 10^{-2} PrI + 61.9$	2.9	Q: 71~130.7 台 q: 203~445 "	V=29.5~61.1 "	
			対象車線のみの平均速度	$\hat{L}_{10}=-6.84 \times 10^{-2} Q + 0.86 \times 10^{-2} q - 8.48 \times 10^{-2} V + 8.81 \times 10^{-2} PrI + 57.7$	2.8	PrI: 7.5~107.5cm/km	V= 5.7~61.9 "	
	路面状況のみ	同上	-	$\hat{L}_{10}=49.3 + 0.101 PrI$ ($\hat{L}_{10} \approx 49.3 + 10 \bar{\alpha}$)		Q: 13~130.7台 PrI: 7.5~107.5cm/km q: 203~565台 V: 29.5~61.1km/h		
	同上	Q、q、Vのconst範囲	-	$\hat{L}_{10}=46.4 + 0.179 PrI$ ($\hat{L}_{10} \approx 46.4 + 18 \bar{\alpha}$)		Q: 8.2~10.4台中で V: 47~53 " に適合するもの		
距離減衰	原地盤道路周辺			$L_L = -4.27 \log L - 0.081 \bar{L}$ or 概略 $L_i = -1.6 \bar{L}^{0.5}$ $L_i = L_L - L_1 m (\bar{L} = i+1)$				
	盛土道路周辺	盛土高さ 3.3~4.4 m		$L_L = -1.86 \log L - 0.11 \bar{L}$ or $L_i = -0.75 \bar{L}^{0.62}$ $L_i = L_L - L_1 m (\bar{L} = i+1)$				
		" 5.2~10.5 m		$L_L = -3.28 \log L - 0.080 \bar{L}$ or $L_i = -1.34 \bar{L}^{0.5}$ $L_i = L_L - L_1 m (\bar{L} = i+1)$				
周振動レベル	原地盤道路周辺			$L_{10} = L_{10} + L_i$				
	盛土道路周辺	盛土高さ 3.3~4.4 m		$L_{10} = L_{10} + L_i$				
		" 5.2~10.5 m		$L_{10} = L_{10} + L_i$				

但し、 $\hat{L}_{10}$: 歩道端の推定振動レベル (dB)
 L_i : " より距離 i(m)点迄の推定距離減衰量 (dB)
 L_{10} : " " における推定振動レベル (dB)