

道路振動の測定結果について

宮本 俊二 笹谷 純子 望月 富雄

1. はじめに

道路に関する公害問題の一つとして振動がある。自動車の走行に伴って発生する振動は車輛の重量、走行速度、路面の状況、舗装の種類、地盤の状況などを要因とすると、されているが、道路振動という観点に立って、その発生状況および伝搬状況をみると、かなり複雑であり、不明な点も多い。これを解明するために、各方面によって実測調査¹⁾²⁾および実験³⁾⁴⁾がおこなわれ、データが蓄積されてきている。しかしこれらの資料は主として幹線道路を対象として得られたもので、いわゆる生活道路とされている沿道に住宅の多い2車線道路についての資料は少なく、この実情の究明も必要とされている。

この報告は、生活道路を主対象とし、幹線道路を含めて実施した実測調査に関するもので、地面振動の発生状況、伝搬状況および沿道住宅の振動の発生状況などについての検討をおこなったので、これらの結果について述べる。

2. 実測調査の概要

実測調査は、生活道路でありかつ2車線である道路(以下では、たんに2車線道路と記すことにする)を主たる対象とし、幹線道路であり、かつ4車線および6車線である道路(以下では、たんに4～6車線道路と記すことにする)をその対照としておこなった。2車線道路としては、歩道のない道路を対象としたが、各道路においては、原則として路面が平坦でかつ亀裂等のない地点および路面が平坦でないまたは亀裂等がある地点の2地点を目視により選び、調査地点とした。4～6車線道路では交通量の多寡に主眼をおき、調査地点を選定した。各調査地点では、2車線道路および4～6車線道路のいずれの場合も、自動車走行に伴って発生する地面振動の発生状況、伝搬状況および沿道の住宅内における振動の発生状況を実測したが、その内訳はつぎのとおりである。

① 2車線道路の場合

道路数 8道路, 調査地点数 15地点, 住宅数 15軒

② 4～6車線道路の場合

道路数 2道路, 調査地点数 4地点, 住宅数 4軒

実測した内容は、地面振動の場合は道路端、道路端から5mの地点、道路端から10mの地点における、住宅内振動の場合は地面、1階および2階の床面における、大型車、小型車、乗用車の車種別の自動車走行時におけるX方向、Y方向およびZ方向の振動レベルの最大値(以下では、ピークレベルと記すことにする)であるが、この場合に、積載量3ton以上の貨物自動車およびバスなどを大型車とし、住宅としては、道路に面しかつ20～30坪程度の木造2階建の個人住宅を選定した。

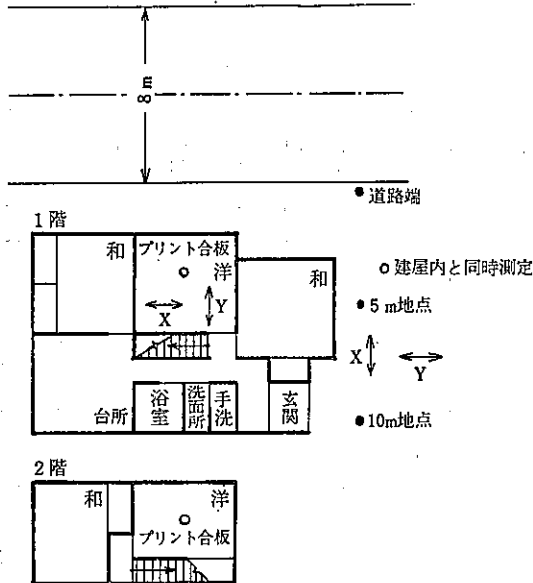
これらの結果から、地面振動の振動特性、車種および距離と振動レベルの関係、測定値の処理方法の検討、住宅内の振動特性、住宅内の発生状況、家屋の振動増幅などについて検討をおこなった。

3. 測定方法

測定は、地面振動と住宅内振動に分けておこなったが、各測定点におけるX方向、Y方向、Z方向の振動の検出に同時性をもたせるために、3チャンネル振動レベル計を3台用い、図1に例示するように、地面振動の場合には、水平方向は道路と直角方向をX方向、道路に平行する方向をY方向とし、住宅内振動の場合には、住宅の長手方向をX方向、短手方向をY方向とし、いずれの場合も上下方向をZ方向として、各測定点に振動ピックアップを設置して、つぎのような方法でおこなった。

振動レベル計の特性回路を平坦として、振動加速度をデータレコーダに収録し、のちに、これを再生して振動レベル計に入れ、特性回路を振動感覚補正特性として、振動レベルをレベル記録計に記録させ、振動発生ごとのピークレベルを車種別に読みとった。この場合のレベル記録計のペン速度はFast(振動レベル計の指示計器の動特性Fastに相当)である。図2は測定器の構成を示し

図1 振動ピックアップの設置例



- 建屋内振動測定時のピックアップ設置位置
- 距離別地面振動測定時のピックアップ設置位置

表2 X方向の振動レベルとの差の偏差クラス別の割合

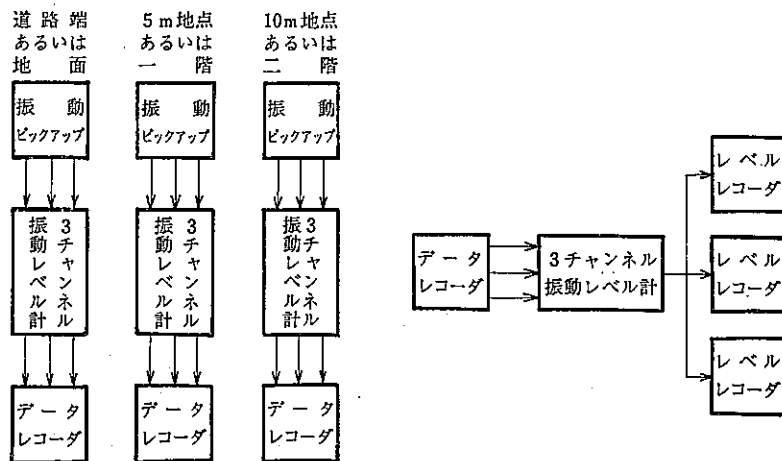
条件	測定点	偏差クラス別の割合(%)				
		-5 ± 2 dB	± 2 dB	5 ± 2 dB	10 ± 2 dB	15 ± 2 dB
X Y 方向と	道路端	44	50	6	—	—
	5m地点	19	61	14	—	—
	10m地点	5	70	20	—	—
X Z 方向と	道路端	—	7	25	52	16
	5m地点	1	31	49	19	—
	10m地点	2	54	23	13	1

たものである。なお、振動ピックアップは、地面の場合にはよくふみ固めた土の上に、住宅内の場合にはフローリング、表面仕上げ積層合板およびプラスチックタイトルの床面にそれぞれ設置した。

4. 地面振動の測定結果

表1は、X方向、Y方向およびZ方向の振動の方向別に、道路端、5m地点および10m地点における車種別および車線別の測定結果を示したものである。表中の数値は、大型車、小型車および乗用車のいずれについても、2車線道路の場合には10台以上、4～6車線道路の場合には20台以上についてのピークレベルの算術平均値であ

図2 測定系の構成



3チャンネル振動レベル計：リオンVM-08A 2台、VM-13 1台

データレコーダ：ソニーPFM-15 2台、ティアックR-70 1台

レベルレコーダ：リオンLR-03 3台

表 1 地 面 振 動

道路 種別	測 定 No.	測 定 場 所	X									道 路 端		
			道 路 端			5 m地点			10m地点					
			乘	小	大	乘	小	大	乘	小	大	乘	小	大
2 車 線 道 路	1-1	板橋区徳丸 8-2	46 46	49 56	56 62	53 52	59 62	67 66	41 41	46 49	54 56	44 43	46 50	54 56
	1-2	同 5-37	45 42	45 44	50 50	44 44	47 47	51 53	44 47	50 49	53 52	— —	— —	55 55
	2-1	世田谷区下馬 6-37	35 38	40 38	49 46	42 44	48 46	57 50	44 46	48 49	57 52	37 37	42 37	52 45
	2-2	同 1-32	48 47	55 51	63 57	44 47	50 50	57 53	— —	— —	— —	44 45	51 48	59 53
	3-1	葛飾区高砂 2-4	41 40	47 45	52 48	40 39	42 43	46 46	— —	— —	— —	39 38	43 43	49 46
	3-2	同 2-3	42 39	48 46	57 51	47 43	51 47	57 51	— —	— —	— —	40 37	45 41	53 47
	4-1	江戸川区松本町 2-2	45 46	51 49	62 58	45 45	48 47	60 57	43 42	44 46	54 52	44 42	46 43	56 52
	5-1	大田区鶴ノ木 1-22	36 32	39 40	48 44	47 41	47 48	54 53	43 36	44 45	53 49	40 36	42 40	48 48
	5-2	同 田園調布本町24	48 47	52 50	58 56	53 48	56 55	62 61	51 48	54 53	62 59	45 44	51 47	57 53
	6-1	世田谷区代田	33 34	34 36	44 42	35 34	38 38	44 45	37 34	38 36	42 41	31 34	34 35	44 41
	6-2	同 3-39	37 40	41 39	45 46	36 35	39 40	39 40	40 39	41 42	43 42	36 39	40 39	45 44
	7-1	大田区池上 6-34	43 43	49 48	57 52	49 49	55 54	61 60	42 42	48 46	52 52	42 40	48 45	55 50
	7-2	同 6-25	44 42	48 47	54 54	50 47	54 50	58 58	45 42	48 47	53 55	42 40	47 45	51 52
	8-1	目黒区八雲 3-7	47 47	52 51	59 58	50 49	55 54	61 59	49 48	53 52	60 59	44 44	49 49	56 56
	8-2	同 5-16	44 40	52 46	56 56	45 43	52 50	52 60	51 49	56 55	63 65	44 37	46 43	55 52
		平 均	43	48	54	44	48	54	44	48	53	42	46	51
4 ~ 6 車 線 道 路	9-1	環七通り 目黒区柿ノ木坂 1-2	41 40 37	44 43 41	50 50 45	51 48 47	55 52 52	60 55 55	45 44 —	50 46 48	55 50 49	42 39 35	45 44 43	51 47 47
	9-2	環七通り 目黒区碑文谷 4-21	48 49	51 52	58 57	49 46	52 52	58 58	46 45	48 48	53 51	47 47	51 50	55 53
	9-3	環七通り 世田谷区代田 6-18	47 47	50 49	55 53	49 49	53 52	57 56	44 45	47 47	49 50	42 42	45 44	50 48
	10-1	目黒通り 目黒区八雲 2-9	45 45	52 51	60 56	49 46	53 51	62 56	— —	— —	— —	41 40	46 45	53 49
		平 均	44	48	53	48	52	57	45	48	51	42	46	50

の測定結果

Y						Z									備考 路面状態 交通量
5m地点			10m地点			道路端			5m地点			10m地点			
乗	小	大	乗	小	大	乗	小	大	乗	小	大	乗	小	大	
44 44	49 51	55 55	44 44	49 51	55 56	51 51	56 59	63 67	56 56	62 65	69 71	50 52	56 61	64 65	不良 亀裂・マンホール
42 43	44 45	48 53	47 48	49 50	51 56	47 48	51 49	57 57	49 49	51 51	55 58	47 47	50 49	51 57	良
46 44	49 47	55 52	43 47	49 52	56 55	41 46	47 46	60 53	41 45	48 48	58 53	43 45	48 50	58 52	良 ただし消火栓有
47 51	52 52	61 59	— —	— —	— —	56 56	64 61	69 66	48 52	55 56	61 57	— —	— —	— —	不良 亀裂・消火栓・再舗装
43 42	46 49	51 53	— —	— —	— —	50 47	54 54	61 59	46 44	50 51	56 56	— —	— —	— —	良
47 43	55 47	58 51	— —	— —	— —	57 49	61 58	70 63	56 52	62 57	66 62	— —	— —	— —	やや不良 マンホール・消火栓
45 43	48 47	59 54	45 44	48 47	58 58	56 55	60 60	71 68	52 51	55 55	64 62	55 53	57 58	64 64	良
44 39	47 46	56 54	42 39	44 45	53 52	50 45	52 51	61 57	46 41	48 47	55 53	43 37	45 46	54 53	やや不良 マンホール
49 45	54 52	64 59	51 51	55 52	62 58	54 51	58 57	65 63	64 60	68 67	74 72	53 53	57 55	64 62	良
36 36	38 38	45 46	39 37	38 38	41 41	44 42	49 48	56 54	42 39	44 42	48 46	38 36	39 37	44 42	良
38 37	40 40	48 44	42 41	43 43	50 45	40 42	46 43	51 50	38 37	42 41	50 49	40 39	42 41	48 45	良
44 44	49 49	57 54	41 41	46 45	52 54	54 52	61 56	66 63	52 51	57 54	64 62	47 45	54 51	59 57	不良 亀裂・マンホール・再舗装
44 44	48 51	54 57	43 42	47 46	52 54	54 54	60 59	64 66	49 49	55 52	53 60	— —	— —	— —	良
46 46	50 51	57 53	46 46	47 50	54 54	59 57	64 64	71 69	54 51	59 58	65 65	50 44	53 51	59 58	不良 再舗装
45 45	53 51	57 59	43 41	49 47	55 57	57 55	62 61	67 68	47 46	53 52	56 59	43 40	50 46	53 56	良
44 51 50 50	48 56 53 54	54 60 56 —	44 45 46 —	47 51 48 49	53 65 53 51	52 59 56 52	57 64 59 58	64 69 64 60	49 56 54 55	52 61 57 60	59 64 63 61	47 48 47 46	54 52 49 49	59 54 53 53	乗2154台/時間 小1368 大876
50 47	53 52	57 56	48 46	50 50	55 54	50 51	53 52	58 56	50 47	51 51	57 57	47 45	49 49	53 53	乗小大
49 48	52 52	56 55	46 46	49 49	51 52	55 56	59 58	63 62	53 53	57 56	60 60	46 47	49 49	50 52	乗2496 小1128 大1146
49 45	51 51	60 56	— —	— —	— —	56 54	60 59	71 64	56 53	60 58	68 65	— —	— —	— —	乗2100 小918 大342
49	53	57	46	49	53	55	58	63	48	57	62	47	49	53	

る。また、調査地点番号の欄において、1-1, 1-2 のように記してあるのは、同一の道路についての調査地点であることを示したものである。

(1) X方向、Y方向およびZ方向の振動レベルの関係
一般に振動測定においては、3軸方向の振動量を測定し、振動の程度を表示するのが常である。この実測調査においても、X方向、Y方向およびZ方向の振動レベルを測定したが、この3方向の振動レベルの測定結果から、どの方向の振動が卓越するかについての検討をおこなった。

表1の測定結果から、各測定点における車種別および車線別のX方向とY方向の振動レベルの差およびX方向とZ方向の振動レベルの差を、X方向の振動レベルを基準として求め、この差を -5 ± 2 dB, ± 2 dB, 5 ± 2 dB, 10 ± 2 dB, 15 ± 2 dBの5クラスに仕分けして、測定点別に上記の振動レベルの差の分布を示したものが表2である。表2によって、X方向とY方向およびX方向とZ方向についての振動レベルの比較をすると、つぎのようになる。

X方向とY方向の場合には、道路端では、両者の振動レベルの差が -5 ± 2 dBと ± 2 dBの範囲に入っている割合はそれぞれ50%と44%となっており、したがって合計は94%となり、X方向の振動レベルはY方向の振動レベルとほぼ同等の数値となるかもしくは5 dB前後大きくなる傾向であることを示している。5 m地点と10 m地点では、 ± 2 dBの範囲に入っている割合はそれぞれ61%と70%となっているが、 -5 ± 2 dBと 5 ± 2 dBの範囲に入っている割合は、5 m地点ではそれぞれ19%と14%、10 m地点では5%と20%となっている、したがって、5 m地点では、X方向の振動レベルとY方向の振動レベルはほぼ同等の数値となるかもしくは5 dB前後いずれかが大きくなる傾向であることを示している。このことから、X方向とY方向のうちどちらが卓越しているとは云えないものと考えられ、10 m地点では同等かY方向がやや大きい傾向であると考えられる。

X方向とZ方向の場合には、道路端ではZ方向の振動レベルが 5 ± 2 dBと 10 ± 2 dBの範囲で大きくなっている割合は74%になるが、 15 ± 2 dBの範囲を含めると91%となっている。5 m地点と10 m地点では、 5 ± 2 dBと 10 ± 2 dBの範囲で大きくなっている割合はそれぞれ68%と35%になっているが、 ± 2 dBの範囲に入ってい

る割合を含めると、それぞれ100%と91%になる。このことは、Z方向の振動レベルはX方向の振動レベルに対して、道路端では5 dB前後 \sim 15 dB前後大きくなり、5 m地点と10 m地点ではほぼ同等の数値となるかもしくは5 dB前後 \sim 10 dB前後大きくなる傾向であることを示している。

また、この調査における地面振動の水平成分を周波数分析した結果によると、振動の主成分はオクターブバンド中心周波数16 Hzと32 Hzのバンドにあることが判明しているが、このような水平振動の振動レベルは実測値より10 dB程度低く評価すべきであるとされている^{7)~9)}。

これらのことを総合すると、道路端、5 m地点および10 m地点のいずれの場合も、Z方向の振動が卓越しているとしてよいものと考えられる。

(2) 車種および距離と振動レベルの関係

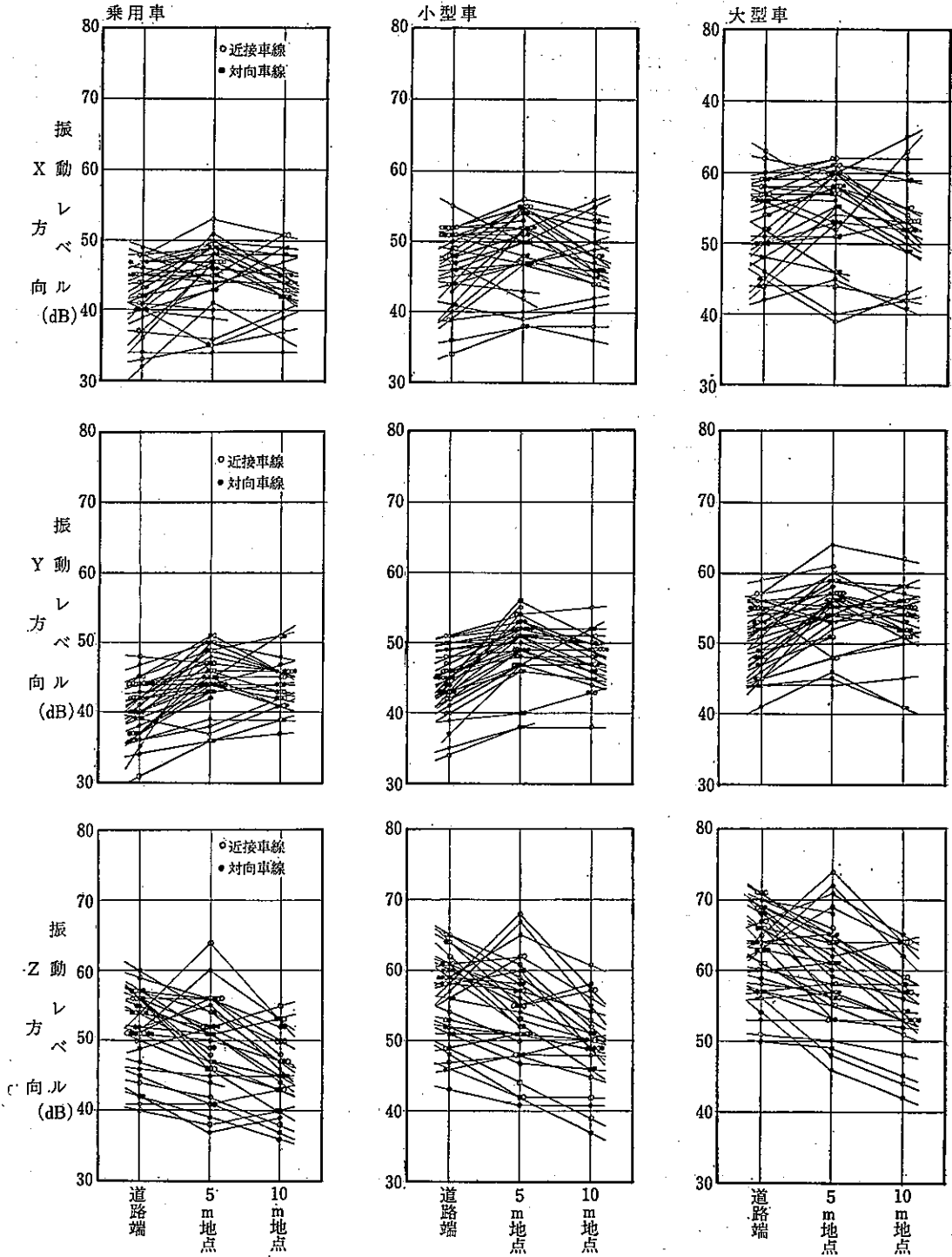
表1の測定結果をみると、道路、振動の方向、車種および道路からの距離などによって、振動レベルの大きさは異っているが、ここでは、車種による振動の発生状況の違いを、道路端の測定結果から検討することにした。

まず、車種による振動レベルの差についての検討を、つぎのようにおこなった。表1にある道路端の車種別の測定結果から、乗用車の振動レベルを基準として、小型車と乗用車および大型車と乗用車の振動レベルの差を求め、小型車と乗用車の振動レベルの差を 5 ± 2 dBの形で、大型車と乗用車の振動レベルの差を 10 ± 2 dBの形であらわすことにすると、2車線道路の場合には、X方向、Y方向およびZ方向のいずれの場合も、上2式の示す範囲に入る割合は70%以上となっている。4~6車線道路の場合にも、上(2)式の示す範囲内に入る割合は70%以上となっている。この結果をみると、道路端では、大型車の振動レベルは乗用車より10 dB前後大きく、小型車の振動レベルは乗用車より5 dB前後大きいとしてもよいと考えられる。

つぎに、各道路における車種別の振動レベルについての検討をつぎのようにおこなった。

表1にある道路端における車種別の測定結果の平均値と前述の車種による振動レベルの差の検討結果をもとにして、X方向およびY方向の大型車の振動レベルを 53 ± 5 dB、小型車 48 ± 5 dB、乗用車は 43 ± 5 dBの形であらわし、Z方向の大型車は 64 ± 5 dB、小型車は 59 ± 5 dB、乗用車は 54 ± 5 dBの形であらわすことにすると、

図3 地面振動の伝搬特性



2車線道路の場合には、それぞれの式の示す範囲に入っている割合は67%以上となっており、4～6車線道路の場合には70%以上となっている。この結果をみると、道路端における振動レベルは、だいたいにおいて、大型車のX方向とY方向は 53 ± 5 dB、Z方向は 64 ± 5 dB、小型車のX方向とY方向は 48 ± 5 dB、Z方向は 59 ± 5 dB、乗用車のX方向とY方向は 43 ± 5 dB、Z方向は 54 ± 5 dBの形であらわすことができるものと考えられる。

図3は、道路端からの距離と振動レベルの関係を振動の方向別および車種別に示したものである。X方向とY方向は類似の伝搬特性を示しており、車種による伝搬特性の違いも殆どみられない。道路端より5m地点のレベルが高い場合が多くなっており、5m地点と10m地点では、中には10m地点のレベルが高い場合もあるが、大半は減衰する傾向となっており、X方向とY方向は複雑な伝搬特性を示している。これは、恐らく地盤などの影響によるものと考えられるが、確かな理由づけは困難である。Z方向はX方向およびY方向と異り、ほぼ一様に減衰する場合が大半を占めている。この減衰特性を、平均値で示すと、倍距離で約6 dBとなる。

(3) 測定値の処理方法の検討

道路振動の測定においては、測定値の整理方法および表示方法が定型化されていなく、今後に残された大きな課題となっている。この実測調査では、自動車の通過時におけるピークレベルを読み取り、ピークレベルの算術平均値を代表値としたが、これは、車種別の振動量を明かにする必要があったこと、およびピークレベルが影響の要因の一つであると考えられたことによるのであるが、この方法の欠点は、幹線道路のような交通量の多い道路では、自動測定が困難となることにある。このような場合の処理方法としては、道路騒音の測定に採用されている、いわゆる5秒50回法がある¹⁰⁾。いま、仮にこの方法を道路振動の測定に採用するとしても、道路振動に適した測定値のサンプリング時間間隔、サンプリング回数決定、得られた測定値から代表値を求める表示方法の検討が必要であるし、代表値とピークレベルがどのような関係にあるかという課題もある。

これらの諸点を検討するために、交通量の多寡によって選ばれた4～6車線道路の調査地点9-1、9-3、10-1および交通量がかなり少ない2車線道路の調査地点2-1、7-2において、ピークレベルの測定と同時

図4 サンプル方法別の累積度数曲線

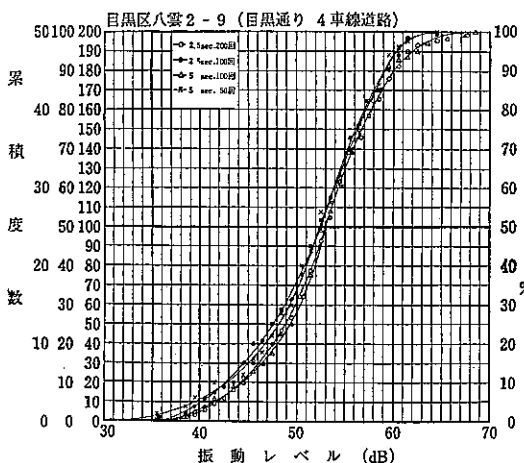
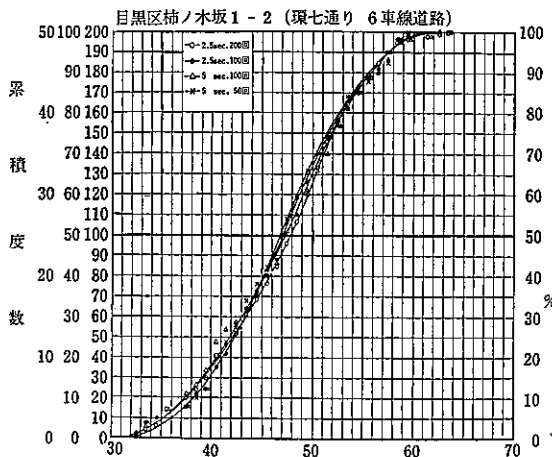
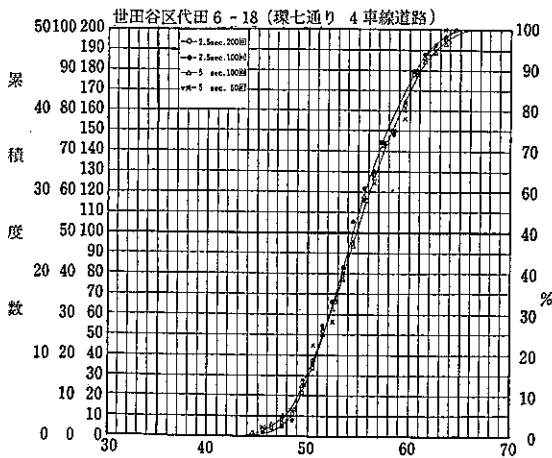
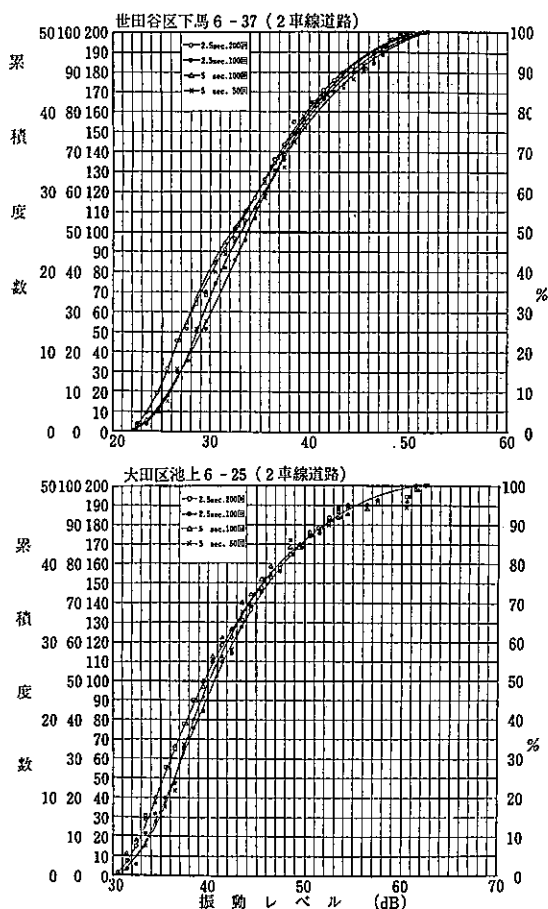


図4 (つづき)



に約10分間の連続測定をおこない、10分間のデータから5秒50回法、5秒100回法、2.5秒100回法および2.5秒200回法によって測定値を抽出し、それぞれの5%値、50%値、95%値を求めた。なお、測定位置は道路端で、振動の方向はZ方向である。

図4は、調査地点別に各サンプリング方法による累積度数曲線を示したもので、表3は調査地点別に車種別のピークレベル、各サンプリング方法による5%値、50%値、95%値および交通量を示したものである。

4～6車線道路の各調査地点におけるサンプリング方法別の累積度数曲線は、図4に示すように、かなり一致した形となっており、したがって、表3に示すように5%値、50%値、95%値はよく一致している。2車線道路についてみると、調査地点2-1に若干の開きがあるが、表3に示すように、5%値で1dB、50%値で1～

2dB、95%値で1dBの開きであり、とくに問題となる開きではない。

以上の結果からは、道路振動についても、道路騒音の場合と同様に、5秒50回法によって測定値を抽出してもよいと判断されるが、さらに条件設定を変えて検討することが必要であると考える。

表3によって、車種別のピークレベルと5%値、50%値、95%値とを対照してみると、つぎのようになる。

調査地点9-3では、95%値が大型車のピークレベルに、50%値が乗用車のピークレベルに近似している。調査地点9-1では95%値が乗用車のピークレベルに、調査地点10-1では95%値が小型車のピークレベルに、調査地点2-1では95%値が小型車のピークレベルに、調査地点7-2では95%値が乗用車のピークレベルにそれぞれ近似している。このように、結果はさまざまで、今後の検討が待たれるところが多い。

表3 ピークレベル平均値と5%値、50%値、95%値の比較

		4～6車線道路			2車線道路		
		環七通り 世田谷区 代田6-18	環七通り 目黒区 柿ノ木1-2	目黒通り 目黒区 八雲2-9	世田谷区 下馬6-37	大田区 池上6-25	
交通量 (台/時間)	乗用車	2,496	2,154	2,100	414	177	
	小型車	1,128	1,368	918	84	156	
	大型車	1,146	876	342	30	42	
振動 レベル (dB)	ピーク レベル 平均値	乗用車	56	56	55	44	55
		小型車	59	61	60	47	60
		大型車	63	64	68	57	65
	2.5sec 200回	5%値	48	35	41	24	32
		50%値	55	48	53	33	40
		95%値	62	58	62	47	56
	2.5sec 100回	5%値	49	36	40	25	33
		50%値	55	47	53	34	41
		95%値	62	58	61	48	56
5sec 100回	5%値	48	35	41	24	32	
	50%値	55	47	53	32	40	
	95%値	63	58	62	47	56	
5sec 50回	5%値	48	36	39	24	33	
	50%値	55	47	53	33	41	
	95%値	62	58	60	48	56	

(単位 dB)

表4 住宅内外の振動の測定結果

道路 種別	測定 No.	測定場所	X						Y						Z						家屋構造										
			地面		1階		2階		地面		1階		2階		地面		1階		2階		屋 根	外 壁									
			乘小	大	乘小	大	乘小	大	乘小	大	乘小	大	乘小	大	乘小	大	乘小	大	乘小	大											
2	1-1	板橋区徳丸8-2	49	56	42	43	53	46	47	56	51	55	64	44	43	54	47	50	58	51	53	60	55	58	65	55	56	66	瓦葺	堅羽目板張	
	1-2	同 5-37	35	39	44	40	43	49	43	47	51	38	40	46	47	50	55	53	57	60	49	55	61	50	53	59	59	瓦葺	堅羽目板張		
	2-1	世田谷区下馬6-38	49	50	64	40	43	58	52	55	60	44	52	59	41	44	56	50	51	61	47	51	63	52	56	70	60	70	瓦葺	モルタル塗	
	2-2	同 1-23	40	44	47	43	46	53	48	48	52	43	44	53	45	46	58	47	49	50	44	45	49	54	55	61	51	51	58	瓦葺	堅羽目板張
	3-1	葛飾区高砂2-4	45	43	47	42	46	48	50	51	53	41	44	49	42	43	49	50	51	55	46	51	53	53	57	59	50	54	56	瓦葺引鉄板	堅羽目板張
	3-2	同 2-3	45	45	46	44	45	47	51	51	52	45	45	50	44	44	50	50	52	56	52	55	59	56	59	62	54	57	61	瓦葺	堅羽目板張
	4-1	江戸川区松本町2	43	45	53	44	46	50	53	54	58	38	42	48	40	43	46	54	54	59	47	49	58	52	54	57	55	56	61	瓦葺	瓦葺引鉄板
	5-1	大田区溝ノ木1-22	47	48	53	47	47	52	45	45	50	46	46	49	44	45	49	45	46	49	49	50	55	57	61	63	58	59	63	瓦葺引鉄板	堅羽目板張
線	5-2	同 田圃調布本町24	49	54	61	43	46	54	46	50	60	53	58	64	42	46	54	47	50	58	56	63	52	57	63	55	58	66	1階瓦葺 2階瓦葺	下見板張 瓦葺引鉄板	
	6-1	世田谷区梅ヶ丘1-27	37	39	39	41	42	43	49	50	51	39	42	51	42	44	49	51	50	51	44	45	47	45	47	55	54	52	59	瓦葺	モルタル塗
路	6-2	同 代田3-38	43	44	52	49	49	57	45	46	55	46	46	56	48	47	58	46	46	56	52	51	61	54	55	63	55	57	64	瓦葺	モルタル塗
	7-1	大田区池上6-34	48	54	61	41	49	54	47	50	58	46	49	57	41	47	56	43	47	56	50	53	62	53	58	65	47	52	61	瓦葺引鉄板	瓦葺引鉄板
道	7-2	同 6-25	53	54	60	45	47	55	44	49	58	48	50	57	46	46	60	46	49	58	51	53	59	51	56	65	51	54	62	瓦葺	堅羽目板張
	8-1	目黒区八雲3-7	49	52	59	53	54	62	51	54	62	49	51	57	51	53	61	47	50	57	51	55	62	60	61	69	58	63	69	瓦葺	下見板張
8-2	同 2-23	49	52	61	43	48	56	46	50	58	50	54	61	43	45	52	46	50	57	49	53	62	52	54	63	54	58	66	瓦葺	モルタル塗	
4 } 6 車 道	9-1	狛七通り 目黒区柿ノ木坂1-2	55	59	62	50	54	55	53	55	59	55	58	63	48	52	54	55	57	60	51	54	59	60	62	64	58	60	64	瓦葺引鉄板	モルタル塗
	9-2	同 碑文谷4-22	47	50	53	46	50	52	45	49	49	47	49	52	44	49	51	46	48	50	49	51	55	56	61	61	54	49	51	瓦葺引鉄板	堅羽目板張
	9-3	世田谷区大原1-24	47	49	54	45	49	56	50	54	61	50	51	56	44	47	51	53	56	62	53	55	63	53	59	65	55	58	64	1階瓦葺 2階瓦葺	モルタル塗
	10-1	目黒通り 目黒区八雲2-9	47	52	59	41	42	49	46	49	55	47	51	58	44	46	53	48	50	56	54	59	67	50	51	56	47	50	56	瓦葺引鉄板	モルタル塗

5. 住宅内振動の測定結果

表4は、X方向、Y方向およびZ方向の振動の方向別に、地面、1階の床面および2階の床面における車種別の測定結果を示したものである。表中の数値は、大型車、小型車および乗用車のいずれについても、2車線道路の場合には10台以上、4～6車線道路の場合には20台以上についてのピークレベルの平均値である。また、測定番号の欄で、1-1、1-2のように記してあるのは、同一の道路に面する住宅であることを示したものである。

(1) X方向、Y方向およびZ方向の振動レベルの関係

表4によって、住宅内におけるX方向、Y方向およびZ方向の振動レベルを比較して、どの方向の振動が卓越するかをみてみると、つぎのようになる。

X方向とY方向の場合には、両者の振動レベル差が ± 2 dBの範囲に入っている割合は、1階では67%、2階では75%となっているが、X方向の振動レベルが 5 ± 2 dBの範囲で大きくなっている割合は、1階では19%、2階では10%となっており、逆にY方向の振動レベルが 5 ± 2 dBの範囲で大きくなっている割合は、1階では12%、2階では同じく11%となっている。この結果によると、住宅では、水平方向としてとくに卓越する方向はなく、X方向の振動レベルとY方向の振動レベルにはさほど大きな開きはあらわれまいとしてよいものと考えられる。

X方向とZ方向の場合には、両者の振動レベルの差が2 dBの範囲に入っている割合は、1階では0%、2階では21%となっており、Z方向の振動レベルが 5 ± 2 dBの範囲で大きくなっている割合は、1階では23%、2階では46%となっている。 10 ± 2 dBの範囲で大きくなっている割合は、1階では67%、2階では26%となっており、 15 ± 2 dBの範囲で大きくなっている割合は、1階では10%、2階では7%となっている。これらの結果から、1階および2階のいずれの場合も、Z方向の振動レベルはX方向の振動レベルより大きく、 5 ± 2 dB以上大きい場合が80%以上になっていることを示している。

以上の結果を総合すると、住宅内においても、地面振動の場合と同様に、Z方向の振動成分が卓越していることになるが、このことは、住宅内の振動の発生状況は、建物構造および地盤などによって異ってくる場合もあるが、主としてZ方向の測定結果から判断してもよいことを示している。

(2) 住宅内の振動の発生状況

表2に示すように、住宅内の振動の発生状況はさまざまであるが、前項の結果にもとづいて、表2にあるZ方向の測定結果について検討をおこなうことにした。

2車線道路の場合には、大型車の通過時に全対象住宅の1階または2階の振動レベルがいき値とされる60dB前後またはそれ以上の数値を示しており、半数の住宅では65dB以上となっている。小型車の場合には半数の住宅の1階または2階の振動レベルが60dB前後となっている。4～6車線道路の場合も、2車線道路の場合と似た傾向で、大型車および小型車の通過時には、1階または2階の振動レベルが60dB前後またはそれ以上の数値となる傾向であることを示している。

(3) 家屋による振動増幅の検討

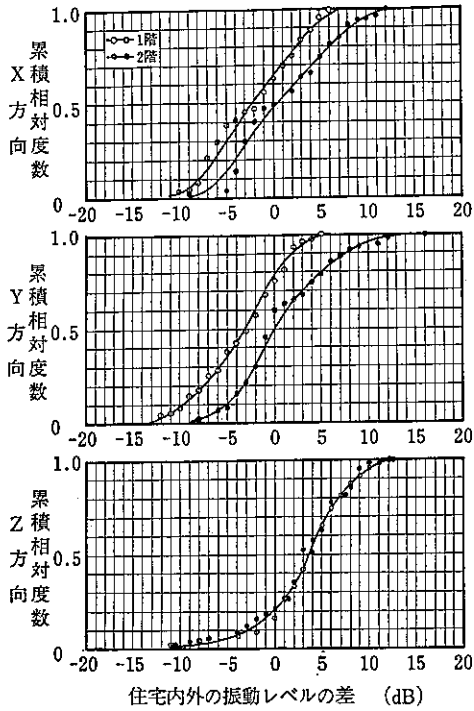
地盤を媒体として伝搬してきた振動は、建物構造によって拡大され、家屋内ではより大きな振動となることがある。この程度は建物の振動特性によって異るとされているが、19軒の実測結果から、つぎのような方法でこの程度の検討をおこなった。

表4にある各住宅における地面、1階および2階の振動レベルの測定結果から、X方向、Y方向およびZ方向の振動の方向別に、1階と地面および2階と地面の振動レベルの差をそれぞれ求め、このレベル差を増幅の指数として、レベル差についての累積度数分布を求めたが、この結果を示したものが図5である。

X方向の場合についてみると、2階が1階より2～4dB高い傾向を示しており、2階では地面よりレベルが高い場合が半数を占め、地面より6dB以上高い場合が約20%となっている。1階では、地面よりレベルが高い場合が35%となっている。Y方向の場合には、2階が1階より3～4dB高い傾向を示しており、2階では、地面よりレベルが高い場合が半数を占め、地面より6dB以上高い場合は約15%となっており、X方向の2階の傾向と似ている。1階では、地面よりレベルの高い場合が約20%となっている。Z方向の場合には、2階と1階の間にはレベル差はない傾向であり、2階と1階のいずれの場合も、地面よりレベルの高い場合が約80%を占めており、地面より6dB以上高い場合は約25%となっている。また、振動の方向ごとに最大のレベル差をみると、X方向では12dB、Y方向で16dB、Z方向では12dBである。

レベル差と地面の振動レベルの関係を、振動の方向別

図5 住宅内外のレベル差の累積相対度数曲線



に示したものが図6である。X方向とY方向の場合には、地面の振動レベルが小さくなるとレベル差が大きくなる傾向があることが示されており、Z方向にもほぼ似た傾向があるとみることができる。

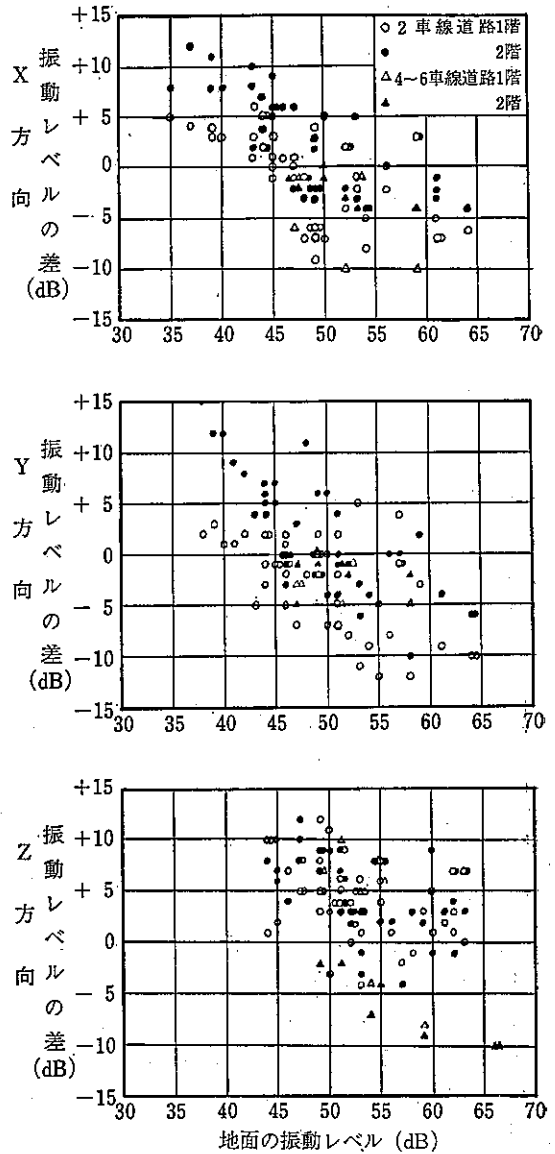
また、図5に示したと同様に、図6にも、X方向とY方向では2階(黒丸および黒三角)のレベルが1階(白丸および白三角)より高く、Z方向では2階と1階ではほぼ同様な傾向であることを示している。

6. おわりに

いわゆる生活道路とされる2車線道路を主対象とし、幹線道路である4~6車線道路を含めて、自動車走行に伴う地面振動および沿道の住宅内振動について実測調査を実施し、発生状況および伝搬状況などについて検討した結果、

- (1) 地面振動および住宅内振動のいずれの場合も、Z方向がX方向およびY方向より卓越しているとみられる。
- (2) 車種による振動レベルの差をみると、道路端ではX方向、Y方向およびZ方向のいずれの場合も、乗

図6 住宅内外の振動レベル差と地面の振動レベルとの関係



用車に対して大型車は10dB前後、小型車は5dB前後高いレベルを示す傾向がある。

- (3) 道路端における車種別の振動レベルは、だいたいにおいて、大型車の場合はX方向およびY方向は 53 ± 5 dB、Z方向は 64 ± 5 dB、小型車の場合はX方向およびY方向は 48 ± 5 dB、Z方向は 59 ± 5 dB、乗用車の場合はX方向およびY方向は 43 ± 5 dB、

Z方向は 54 ± 5 dB の形であらわすことができるものと考えられる。

- (4) 道路端におけるZ方向の振動レベルの5%値、50%値、95%値は、交通量の多寡にかかわらず、5秒50回法、5秒100回法、2.5秒100回法および2.5秒200回法のいずれのサンプリング方法の場合も、ほぼ同等の数値となるという結果である。
- (5) 距離による減衰は、X方向とY方向は減衰しない場合、逆に大きくなる場合などあり、複雑であるが、Z方向はほぼ一様に減衰する場合が多い。
- (6) 沿道の住宅内では、X方向とY方向は似た傾向を示しており、2階のレベルが1階より高くなる傾向で、2階のレベルが地面より高い割合は50%となっている。Z方向の場合は、2階と1階のいずれの場合も地面よりレベルが高い場合が大半となっている。

などが判明し、今後の道路振動対策を進めるうえでの基礎資料を得ることができたと考えている。しかし、今回の調査では、路面状況、舗装の種類、地中の状態などを関連づけて振動の発生状況、伝搬状況などを解明するに至らなかったが、このためには、新たに測定システムを構成し、実験および実測調査などにより、多面的に追求してゆくことが必要である。さらに、残された大きな問題として、個々の測定値からその場合の道路振動を表

示する代表値を求める方法が確立されていないことがあげられる。これについては、感覚実験および測定結果と住民反応の相関の解析などによって、比較検討を進めることになると思われるが、この確立が望まれる。

参 考 文 献

- 1) 振動公害研究委員会：振動公害に関する調査報告書 小林理学研究所（環境庁委託）昭和48年3月
- 2) 交通工学研究会：環状7号線沿線交通環境調査報告書（東京都建設局委託）昭和48年3月
- 3) 藤本ほか：自動車走行時における地面振動の測定 日本音響学会研究発表会講演論文集 昭和48年5月
- 4) 時田ほか：自動車走行による道路振動 日本音響学会研究発表会講演論文集 昭和49年10月
- 5) 東京都建設局：環状7号線試験舗装 昭和50年3月
- 6) 東京都建設局：防振壁の実験結果に関する報告書 昭和49年8月
- 7) ISO IS2631 “The Evaluation of Human Exposure To Wholebody Vibration” August 1972
- 8) 中野ほか：振動レベルと振動速度の関係
- 9) 宮本ほか：建設工事の振動の実態について 東京都公害研究所年報 Vol.5, 1974年
- 10) JIS Z 8731“騒音レベル測定方法”1966(1969確認)