振動公害基準値に関する基礎的研究

Ⅱ 振動解析と評価について

Basic Study on the Criteria of Vibration Nuisance

II. On the vibration analysis and the evaluation

金沢大学医学部公衆衛生学教室 (主任: 岡田晃教授)

梶 川 康 男

Yasuo Kajikawa

*Department of Public Health, School of Medicine,
Kanazawa University, Kanazawa*

In this paper, the author reports his study of the measurement and the analysis methods of vibrations caused by the vehicular traffic. The paragraph of Vibration Level Meter with weighting circuits based on the standard of the Acoustical Society of Japan defining a similar frequency function as in the International Standard ISO-2631, has been already added to Japan Industrial Standard (JIS C-1510). In the case of the largely variable vibration level caused by the vehicular traffic, the typical level of the measurement point has been defined as the 10% upper level of readings obtained from 100 samples taken every 5 seconds by a Vibration Level Meter. But its measurement and analysis in regard to the vibration threshold problem are as yet doubtful for the lack of a probabilistic approach to the evaluation of the data.

The author has discussed several problems of Vibration Level Meter and the basis of a probabilistic analysis method. The results obtained are as follows:

1. The difference of Vibration Level between "Fast" and "Slow" as a dynamic characteristic of the needle on Vibration Level Meter is 3~4 dB without considering the crest and level of vibrations.
2. Vibration Level and vibration velocity are relative in the frequency range above 8 Hz, but are independent in the case when the frequency is below 8 Hz.
3. The 10% upper level approximately agrees with the mean level of the maximum distribution of all variations as well as the mean plus the standard deviation of the peak distribution. This fact is useful in establishing a more exact evaluation method. But it is not always appropriate to use the 10% upper level obtained by reading one hundred Vibration Levels every 5 seconds because to do so leads to noticable errors (2~3 dB).

I は じ め に

わが国において広範囲にわたる公害問題として注目をあびている道路交通振動を対象として、振動に対する人間の反応とそれに関与する諸要因について、前報で報告したが、振動公害に関する基礎的な研究として、特に振動対策を推進するための基盤となる規制基準値に関する研究としては、前報のような人間の反応に関する部分^{1,2)}と、本報で述べるような振動計測、データ整理あるいは解析法などに関する部分^{3,4)}とに分けることができる。本来、

これらは別々に取り上げられるべきものではないが、現状としてはそれぞれの領域において解明すべき問題点⁵⁾を内包しているので両面から追究した方が効果的でもある。

振動公害は公害対策基本法に定められた典型七公害のうち、唯一の未規制公害であったが昭和51年6月振動規制基準⁶⁾が工場振動・建設作業振動と道路交通振動の三種類に区分され、それぞれに対して決められた。これらの規制基準の厳しきの程度は工場、道路交通、建設作業の順であるということが出来るが、これは主として振動

の持続性が考慮されたためと考えられる。振動公害対策を推進する上で、重要な問題点として測定結果をいかに解析、整理、評価するかということが挙げられるが、特に、道路交通による振動は衝撃的であり、そのレベルは不規則かつ大幅に変動をし、しかも一般道路において振動の大きさを左右する因子としては地盤性状、道路の構造、路面の平坦性、車両重量、車速、交通量、走行車線からの距離などが挙げられ^{6,7)}、これらの因子が複雑に影響し合っていて、定性的あるいは定量的な解析を難しいものになっている。振動規制基準は工場振動などのような定常振動に対する評価を、他の振動に対しても準用する形で行われているのであるが、特に道路交通振動に対してはもう少し確率論的な要素を考慮することが将来の課題として挙げられる。

一方、振動の測定に対しては、日本音響学会が主体となって定め、現在では日本工業規格 (JIS C1510) として規格化された振動レベル計⁸⁾が普及し、この振動レベル計によって測定するのが現在では最も一般的であると言える。統一された振動計測によって振動公害の現状を把握する場合には、このような計器の規格化は重要なことではあるが、しかし、この振動レベル計が公害用として用いられることに関しては、その補正回路が ISO-2631⁹⁾で対象としているような中レベルの振動に対するものに基いているために、全面的に妥当であるとは言えない難点はある¹⁰⁾。ただし、振動数範囲に留意して用いることにすれば、公害用としても容認できる振動計であるとも言えることができ、1つの取り決めとして、約束ごととして振動規制を遂行するための振動計の規格など計測と規制のための背景は一応整備されたかに推察される。しかし、なお多くの問題点は残っており、たとえば、振動規制のために用いられることになった振動の評価法では、道路交通振動のように振動のレベルが不規則かつ大幅に変動する場合には、5秒間隔100回または測定に適当な時間間隔および回数によって求めた累積度数曲線の10%値(L_{10})をその測定点の代表レベルとすること¹¹⁾が決められているけれども、道路交通振動の場合に、このレベルが代表値として妥当であるかどうかは必ずしも明らかではないし、この代表レベルが確率的な意味において、どのようなレベルに相当するかについてもなお、はっきりとはしていない。

そこで、本報告では道路交通振動において10%値(L_{10})がもちうる確率上の意味を検討するとともに、振動規制のために採用されることになった振動レベルと従来から用いられてきた振動速度との関係、あるいは振動レベル

計の動特性 (Slow や Fast) やレベル記録計によって、読取られる振動レベルがどの程度変化するかなどについて追究することにした。以下、その成績を述べ、これに若干の考察を加えた。

II 研究方法

本研究での振動測定は、一般道路沿道の在来地盤上で行った。測定点は3地点 (N, A, K) であるが、N地点は前報ですでに報告した振動感に関する野外実験を行った地点であり、その際に得られた振動記録を利用した。A地点はN地点よりも交通量は多いが路面性状はよく、路盤が堅固のために振動は小さい地点であり、K地点はN地点と同じ路線であるが、路面性状が悪く、振動が大きい地点である。A地点とK地点に対してもN地点と同様に振動加速度ピックアップ3個を鉛直方向と水平方向 (道路中心線の法線方向と接線方向) に配置し、それらの加速度記録をデータレコーダーに収録した。各測定点において、ほぼ30分間の計測をそれぞれ2回ずつ行った。

測定現場でデータレコーダーに収録された振動加速度記録を再生し、図1に示すような構成をもって振動レベルなどを解析した。ただし、水平方向の振動レベルは鉛直方向に較べて約10dB小さいので、鉛直方向のみを対象とした。ここで、振動レベル (VL, dB) とは加速度実効値を a (m/sec²) とするとき、基準値を a_0 (m/sec²) とし、 $1 \leq f < 4$ Hz では $2 \times 10^{-5} f^{-1/2}$ 、 $4 \leq f < 8$ Hz では 10^{-5} 、 $8 \leq f \leq 90$ Hz では $0.125 \times 10^{-5} f$ が用いられ、この基準値に対する比の常用対数の20倍、すなわち、

$$VL = 20 \log_{10} a/a_0 \quad (1)$$

で表わされたものである⁸⁾。

なお、この測定・解析に用いた計器数はつぎの通りである。

加速度計 新日本測器製 547-AL

振動レベル計 新日本測器製 352-F

データレコーダー ティアック製 R-260

高速度レベル記録計 新日本測器製 301-F

Fig. 1 Analysis system

レベル頻度計 電測製 S-11L

AD 変換機 ティアック製 DP-300

電子計算機 金沢大学電子計算機センター

FACOM 230-35

III 結果ならびに考察

道路交通によって生ずる振動を計測・解析する場合に問題となる、読取り差・振動速度との関係・代表値について検討した。

(1) 振動レベル値の読取り差

振動レベル計を用いて振動レベル値を読取る場合に、メーターの動特性として Fast と Slow が一般に用いられる。定常的な振動であれば両者は一致するが、本研究が対象としているような非定常な振動では両者にかなりの差が生ずるものと思われる。建設工事に伴う振動の測定結果^{4,12,13)}では 2~7 dB、平均的に 4 dB 程度、Slow での指示値の方が小さい傾向を示している。そこで、道路交通に伴う振動の場合に、この指示値の差がどの程度であるかを求めるために、前報の N 地点での実験 A においてデータレコーダーに収録された振動加速度記録のうち、指令ブザー音に従って 200 個の振動レベルを同じ人が同じ振動レベル計を用いて読取った。読取りの対象は指令された時点の前後の最大レベル値である。

まず、Fast(時定数 0.2 秒) と Slow(時定数 1.0 秒) の差は振動レベル値の大きさに左右されることが考えられたので、表 1 には Slow での振動レベルを 5 dB のクラスに分けて、Fast と Slow の読取り値の差の回数を示した。ところが、この差は振動レベル値の大きさに左右されことなく、2~4 dB であり、その平均は 3.4 dB であった。このことから、道路交通振動の場合には建設工事に

Table 1 Frequencies of the difference between the characteristic "Fast" and "Slow" by vibration level

Vibration Level	Difference				Total
	2 dB	3 dB	4 dB	Above 5 dB	
Below 52 dB	6	9	4	0	19
53 ~ 57 dB	6	13	21	4	44
58 ~ 62 dB	10	24	22	6	62
63 ~ 67 dB	2	19	24	3	48
68 ~ 72 dB	0	12	5	2	19
Above 73 dB	1	2	5	0	8
Total	25	79	81	15	200

Fig. 2 Crest patterns of vibrations

Table 2 Frequencies of the difference between the characteristic "Fast" and "Slow" by crest patterns

Crest Pattern	Difference				Total	Mean (dB)
	2 dB	3 dB	4 dB	Above 5 dB		
A	2	18	17	7	44	3.7
B	4	20	23	4	51	3.5
C	5	15	20	4	44	3.5
D	5	10	7	0	22	3.1
E	9	16	14	0	39	3.1
Total	25	79	81	15	200	3.4

伴う振動に較べて、両者の差はやや小さくなっているように考えられた。

一方、Fast と Slow は振動の衝撃性を考慮しようとするものである。したがって、その衝撃の様相によって Fast と Slow の差は変化することが考えられる。そこで、前述の 200 個の振動を図 2 に示した 5 つの衝撃パターンに分類し、それらの振動に対する Fast と Slow の読取り値の差の回数を求め、その結果を表 2 に示した。そして、それらの差の平均を求めるとすべて 3~4 dB であり、パターン間には大きな差はないが、あえて順序づけるならば、 $A > B \approx C > D \approx E$ となり衝撃性が大きいほど Fast と Slow の差もやや大きくなっている。ところが、前報

Table 3 Frequencies of the difference between vibration level meter and high-speed level recorder

Vibration Level	Difference				Total
	0 dB	1 dB	2 dB	3 dB	
Below 52 dB	1	10	7	1	19
53 ~ 57 dB	1	14	27	2	44
58 ~ 62 dB	2	27	29	4	62
63 ~ 67 dB	3	25	19	1	48
68 ~ 72 dB	1	7	10	1	19
Above 73 dB	2	3	3	0	8
Total	10	86	95	9	200

で示したように人間の反応には各パターン間でかなり大きな差が生じていることから考えると、たとえ、衝撃性を考慮しようとして Fast を用いたとしても、人間の反応との対応までは考慮できず、結局、Fast や Slow というメーターの動特性のみでは振動の衝撃性を考慮するには不十分であると考えられた。

また、高速度レベル記録計（ペンスピードは Slow, 25 mm/sec）を用いて解析した値と振動レベル計（動特性は Slow）を用いた読取り値を比較し、振動レベル計での読取り値を 5 dB のクラスに分けて、その差の回数を表 3 に示した。この差も振動レベル値の大きさに左右されることなく、0~3 dB であり、その平均は 1.5 dB であった。

ここでの解析の読取りは振動レベル計のメーターが振り切れた場合あるいはメーターの 0 dB に達しない場合にはデータレコーダーを一旦止めて、もう一度再生しているためにこの程度の差となっているが、現場で直接に読取る場合には Fast と Slow の差あるいは振動レベル計の読取り値と記録計での解析値との差は、現場での読取り誤差が加わり、両者の差は大きくなることも考えられる。そして、前報で述べたように道路交通振動の場合には振動レベルを Fast と Slow のどちらで読取っても人間の反応とは直接には関係していないように考えられ、どちらの動特性を用いるかという問題は、現時点では計測の難易あるいは読取り誤差の点から考えてもよいように思われる。したがって、どちらかに統一して、その測定値に対して振動規制基準との対応を考慮すべきであると思われ、本研究が対象としている道路交通振動の現場で、振動レベル計を用いて計測する場合には読取りが容易な Slow を用いるのがよいと思われる。

(2) 振動レベルと振動速度

Fig. 3 Relation between vibration velocity and vibration level

従来、振動公害の規制値として振動速度と振動レベルの二種類が用いられてきた⁵⁾。しかし、振動レベルが使用され始めたのは最近であり、今までは振動速度が主に用いられてきたために、測定結果は振動速度によるものが多い。したがって、これらの関係を求めておく必要がある。従来の研究では、抗打機・鍛造機・ディーゼル機関およびコンプレッサーなどから得られている⁴⁾のに対し、道路交通振動についての報告は少ない。

そこで、3つの測定点での記録から、それぞれ100個の振動のうち鉛直方向について、振動レベル値と振動速度値（振動レベル計がもつ積分回路を通して求めた値）を、ともに高速度レベル記録計（ペンスピードは Slow, 25 mm/sec）を用いて求めた。このようにして、図 3 に示すような振動速度と振動レベルとの関係が得られた。各測定点のうち、A 点はばらつきが大きい、N 点と K 点では高い相関が認められるので最小二乗法によって回帰式を求めると次式となる。

$$\text{N 点 } VL = 19.6 \log_{10} V + 126.4 \quad (2)$$

$$\text{K 点 } VL = 19.7 \log_{10} V + 126.5 \quad (3)$$

ここで、VL は振動レベル (dB)、V は振動速度 (m/sec) である。

上式によると振動速度 1 mm/sec が振動レベル 67~68 dB (Slow) に相当するが、工場振動や建設工事に伴う振動に対して、振動速度（ピーク値）1 mm/sec が振動レベル約 70 dB (Fast) に相当するという報告⁴⁾があるが、振動レベル計の Fast と Slow での指示差、振動レベル計

Fig. 4 Excellent frequency of each measurement point
(Maximum peaks are standardized to unit)

と高速度レベル記録計における指示差，本解析での振動速度がピーク値でないことなどを考えると，道路交通振動の場合にも工場振動や建設工事に伴う振動の場合とほぼ同様な関係にあると考えてよい。このように測定点のうちN点とK点では，図4に示すように加速度のパワースペクトル密度のピーク（卓越振動数）が8 Hz以上にあるので比較的良好な対応関係が得られた。そして，仮に振動波形が単一の定常な正弦波であるとし，卓越振動数が8 Hz以上であるとする，振動速度と振動レベルとの関係⁽⁴⁾は，

$$VL = 20 \log_{10} V + 131 \quad (4)$$

となるが，式(2)，(3)と比較すると4～5 dBもの差が生じている。このことから，定常な正弦波と仮定することは道路交通振動の場合，適当でないと言える。しかも，A点のように8 Hz以下の成分が強い場合には回帰に意味があるほどの相関をもたず，やはり振動レベルについては振動数に十分留意する必要がある。図4に示したパワースペクトル密度は一例であり，8 Hz以下の成分と8 Hz以上の成分とのパワーの比は，車両重量・交通量などによって変化するために補正回路の影響が大きく表われ，相関の悪い結果になったものと思われる。

(3) 振動レベルの分布とその代表値

道路交通振動のように振動のレベルが不規則かつ大幅に変動する場合には，5秒間隔100回または測定に適当な時間間隔および回数の測定によって求めた累積度数曲線の10%値をその測定点の代表値とすることが決められている。このデータ整理の方法には，10%値が測定点の代表値として適当であるか，あるいは確率上どのような意味をもつ数値であるか，または振動規制基準と人間の反応との対応の点で適当な代表値であるかなどの問題点がある^{5,15,16)}。

そこで，各測定点においてデータレコーダーに収録さ

れた振動加速度のデータを振動レベル計の補正回路を通して，レベル頻度計に入力させて各振動レベルの頻度を算出した。なお，サンプリング時間間隔を5秒にとり，レベルの区分は35～85 dBの範囲を5 dB刻みの10クラスとした。まず，各データの全範囲（360個，30分間）からレベルの頻度を10回ずつ求めた。サンプリングの開始時点を任意に選んだために，この10回のサンプリング（3,600個）をそのクラスごとに集計した頻度は，そのデータの真のレベル頻度に近い値であろうから，その累積度数曲線を図5に示した。さらに，図5より得られる5，10，20%値を表4に示した。そして，10回ずつ行ったそれぞれのサンプリング（5秒間隔360個）において累積度数曲線から5%値と10%値を求め，それらの平均値，範囲，表4に示した値からの偏差 $\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 / n\right)$ などを表5に示した。また，データの全範囲から任意な時点において，5秒間隔100個のサンプリングを10回，5秒間隔200個のサンプリングを10回行い，それぞれの累積度数曲線から5%値と10%値を求め，それらの平均値，範囲，偏差などを表5に示した。

その結果，10%値は5%値に較べて3～5 dB小さくなり，しかもその推定誤差が小さくなっている。そして，サンプル数が増えることによって誤差は小さくなっているが，5秒間隔100回という測定方法による代表値として10%値を採用した場合，表4に示した精解値に対して2～3 dBの誤差が生ずる可能性がある。仮に，騒音測定に従来用いられてきたように，5%値を採用したとすると，その誤差は約3～4 dBとなり，その推定値の信頼度は一層低下するものと思われる。その信頼度向上のための対策としてサンプル数を200個とすれば，推定誤差を1～2 dBに減ずることができるが，サンプル数を増やすほかに，5秒間隔100回の測定による10%値の平均値が精解値に近い値となることから，サンプル数100個の測定を複数

Fig. 5 Cumulative distribution, peak distribution and maximum distribution
(The values in parentheses are mean level and standard deviation)

Table 4 Comparison of the typical level by each distribution

Date No.	Time Distribution			Peak D.		Maximum D.	
	L ₅	L ₁₀	L ₂₀	Mean	S. D.	Mean	S. D.
N1	63.0	59.5	55.0	54.5	6.0	59.2	6.2
N2	65.5	61.0	55.5	55.6	6.3	60.6	6.3
A1	60.5	57.0	53.5	51.6	4.6	55.2	4.7
A2	58.5	56.0	52.0	51.7	5.3	57.8	5.1
K1	67.5	62.5	57.5	56.9	7.8	63.5	7.9
K2	69.0	63.5	57.5	56.9	7.9	63.3	7.8

回り、それぞれの10%値を求め、平均した値を代表値とすることも得策であると考えられる。一方、本解析での累積度数にはレベル頻度計を用いたが、測定現場において振動レベル計を使用している読取りには誤差（動特性Slowにおいて高速度レベル記録計との間に1~2 dB）を生じ、しかも個人差などを考えると道路交通振動の現場測定および解析には、常にある程度の誤差を避けることのできないことを認識すべきである。このことから、振動規制を対象として振動レベル計を用いる現場での読取り値を基礎にして10%値を求めることは、あくまで参考

であって、他の解析方法によって誤差の少ない推定値を得るのが望まれる。

つぎに、このようにして得られる代表値（10%値）が時間分布の10%値以外に確率上、どのような意味をもつ数値に対応するかを考えておく必要がある。そこで、本解析では高速度レベル記録計によって得られたレベル変動の記録において、45 dB以上のピーク値分布と変動毎の最大値（50 dB以上）の分布を求めた。ここで、ピーク値として45 dB未満を除いたのは、この範囲では振動を感じることがないと考えたためである。また、隣接するピークとの差が2 dB以内の場合はピーク値とみなさなかった。そして、変動ごとの最大値とは一旦45 dB以下にレベルが下がり、50 dB以上にレベルが上がり、再び45 dB以下になるまでを変動とみなし、その間での最大レベル値を対象とした。ただし、このような最大レベル値が2秒以内に複数個ある場合は、人間の感覚上で弁別が困難であろうことから、その大きい方を対象とした。このような定義によるピーク値分布と変動ごとの最大値分布を図5に示した。なお、図中の括弧内に示した数値は各分布の平均値と標準偏差である。これらから、累積度数曲線による、すなわち時間分布の10%値が変動ごと

Table 5 Mean, range and deviation of L_{10} and L_5 by the sampling number of each measurement

Point	Data No.		1			2		
	Sample		100	200	360	100	200	360
N	L_{10}	Mean	59.7	59.5	59.3	61.9	61.4	61.1
		Range	57.0~61.0	57.5~61.0	58.0~60.5	59.5~65.0	59.5~63.0	60.5~62.5
		Dev.	1.73	1.61	0.88	3.53	1.02	0.63
	L_5	Mean	63.8	63.3	63.4	66.1	66.0	65.6
		Range	60.5~65.5	61.5~65.0	61.0~65.0	62.0~70.0	63.5~67.5	65.0~67.0
		Dev.	2.83	1.85	1.80	5.78	1.32	0.61
A	L_{10}	Mean	57.4	57.3	57.0	55.4	55.8	55.8
		Range	55.0~59.0	56.0~58.0	56.5~58.0	51.5~57.0	54.5~57.0	55.0~56.5
		Dev.	1.78	1.08	0.30	2.78	0.55	0.20
	L_5	Mean	60.4	60.4	60.0	58.4	58.5	58.8
		Range	57.0~62.0	59.0~61.5	58.5~61.0	55.5~60.5	57.5~60.5	57.5~59.0
		Dev.	2.05	0.63	0.81	2.20	1.30	0.38
K	L_{10}	Mean	62.5	62.7	62.6	64.3	63.8	63.7
		Range	59.5~65.0	61.5~64.5	62.0~63.5	61.5~66.0	62.0~65.5	63.0~65.0
		Dev.	3.58	0.85	0.35	3.35	1.35	0.48
	L_5	Mean	67.8	68.1	68.0	69.5	69.3	68.8
		Range	64.5~70.5	66.5~71.0	66.5~69.5	66.5~72.5	67.5~72.0	67.0~71.5
		Dev.	4.00	2.50	1.23	4.78	2.45	1.48

の最大値の平均とほぼ対応し、しかも20%値がピーク値の平均と対応していることがわかる。そして、変動ごとの最大値の平均や10%値がピーク値の平均値プラス標準偏差値に対応していることが知れる。

以上の結果によって、道路交通振動の評価に際し、変動ごとの最大値の平均として累積度数分布の10%値を採用したことは本解析結果によれば妥当であったといえる。また、ピーク値分布の平均が20%値に、平均値プラス標準偏差値が10%値に対応していることは、今後、振動公害問題に対して確率論的な考察によって事前評価を行う際に、重要な示唆を与えているものと思われる。

さて、代表値としての10%値が振動規制基準と人間の反応との対応の点で、どのような意味を持ちうるかということが問題になるが、これについては現在までの解析結果からはほとんど何の結論も出せない。それは、この両者の対応関係の根拠が明らかでないためである。例えば、住宅地域の夜間に対する基準では60 dB となっているが、前報によれば60 dB という振動レベルでは約半数の人が振動を感じている。本来、住宅地域の夜間ではほとんどの人が振動を感じないレベルに設定されるべき

であり、前報の結果では50~55 dB でなければならない。しかし、振動規制法では道路交通振動のように振動のレベルが不規則かつ大幅に変動するので、そのレベルを超える時間率が10%というレベル（近似的に変動ごとの最大値の平均値と一致）が規制の対象とされ、その値に対応する基準値として60 dB が採用されている。ところが、この10%値を採用したことと半数の人が振動を感じるような60 dB という振動レベルを基準として採用したことなどが、いかにしてほとんどの人が振動を感じないことになるのかなど疑問が投げられる。これについては、さらに今後の調査研究によらねばならないが、結局、事前評価の方法や振動防止の対策¹⁷⁻¹⁹⁾を含めて、交通量・路面性状・地盤の伝達特性・家屋の特性そして人間の反応特性などを確率論的にとらえた解析方法²⁰⁻²³⁾によるのが、これらの諸点を明らかにする道であるように考えられる。

IV 結 語

道路交通による振動は不規則かつ大幅に変動するため、その解析法は複雑にならざるを得ない。しかし、振動規制という点から考えると簡潔な解析法が要求される

わけであるが、その方法が明確な根拠をもち、かつ十分な精度を有する必要がある。そこで、本報においては道路交通によって生ずる地盤振動を計測・解析する場合に起こる諸問題について検討を加えた。その結果、道路交通振動に関して、つぎのことが明らかになった。

(1) 振動レベル計のメーターを読取る場合、動特性 (Fast と Slow) の間には振動レベル値の大きさや衝撃パターンに関係なく3~4 dBの差がある。しかし、特にFastを用いたとしても道路交通振動の衝撃性を考慮するには不十分であるため、読取りの容易さから考えて、Slowを用いるのが望ましいことが指摘された。

(2) 本調査地点のうち、N点とK点のように8 Hz以上に卓越振動数がある地盤振動では、道路交通による非定常な場合にも振動レベルと振動速度との関係はよい対応をもつ。なお、回帰式として次式が得られた。

$$VL \approx 20 \log_{10} V + 126 \quad (5)$$

そして、A点のように8 Hz以下の振動数成分が強い場合には両者の関係は対応が悪いものとなる。

(3) 道路交通振動の評価に際して、用いられることになった累積度数時間分布の10%値 (L_{10}) は変動ごとの最大値の平均にはほぼ一致し、しかもピーク値分布の平均値プラス標準偏差値に近似した数値となる。このことは今後の確率論的な評価法の開発において、重要な性質であると思われる。しかし、5秒間隔100回のサンプリングという測定方法による10%値には2~3 dBもの推定誤差が生ずる可能性があるために、その地点・時間帯の代表値として不適当な場合が生ずるのである。そのために、より信頼度の高い他の方法がさらに開発されることが望まれた。

稿を終えるにあたり、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った恩師岡田晃教授に対して深甚なる謝意を表します。

文 献

- Okada, A., Yamashita, T. and Fukuda, K.: City vibration and its threshold limits, *Environmental Research*, 4, 471-477 (1971).
- 岡田 晃, 山下貴正: 振動公害に関する研究, III 許容水準について, *日本公衛誌*, 14, 141-144 (1976).
- 鳥海 勲: 測定の立場からみた振動公害, *建築と社会*, 10, 43-45 (1962).
- 中野有朋, 塩田正純: 公害振動の測定について, *日本音響学会誌*, 29, 692-695 (1973).
- 環境庁大気保全局特殊公害課編: 振動規制技術マニュアル, ぎょうせい, 東京 (1977).
- 岩崎敏夫, 若林 進, 後藤勝志: 道路交通振動の予測と対策, *土木技術資料*, 19(2), 3-8 (1977).
- 金安公造, 金泉 昭: 交通公害, p.182-p.184, 技術書院, 東京 (1976).
- 騒音研究委員会振動分科会: 振動レベル計の規格について, *日本音響学会誌*, 26, 488-494 (1970).
- Guide for the Evaluation on Human Exposure to Whole-Body Vibration, ISO 2631 (1974).
- 岡田 晃: 振動の受容とその影響, *環境創造*, 7(2), 27-32 (1977).
- 中央公害対策審議会騒音振動部会振動専門委員会: 振動規制を行うに当たっての規制基準値, 測定方法等及び環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について, (1976).
- 時田保夫: 公害振動制御の展望, *日本音響学会誌*, 30, 105-113 (1974).
- 永田 穂: 東京都の建設工事振動調査, *日本音響学会誌*, 29, 748-754 (1973).
- 中野有朋, 塩田正純: 振動レベルと振動速度の関係に関する考察, *日本音響学会誌*, 30, 24-27 (1974).
- 時田保夫: 公害振動の測定方法, *音響技術*, 5, 291-294 (1977).
- 織田 厚, 横田明則: 道路交通振動, *音響技術*, 5, 299-304 (1977).
- 小林芳正: 建設における地盤振動の影響と防止, 鹿島出版会, 東京 (1975).
- F. E. リチャード, Jr., J. R. ホール, Jr., R. D. ウッズ共著, 岩崎敏夫, 嶋津晃臣共訳: 土と基礎の振動, 鹿島出版会, 東京 (1975).
- 岡田 晃, 中村円生: 騒音・振動・衝撃の影響と対策, 人間と技術社, 東京 (1970).
- 北村泰寿, 水野正英: 道路交通による地盤振動への不規則振動論の適用, *土木学会論文報告集*第256号, 1-9 (1976).
- Bolotin, V. V.: Statistical methods in structural mechanics, Holden-Day Publishing Co., San Francisco (1969).
- 土木学会構造工学委員会構造物安全性研究小委員会: 構造物の安全性・信頼性, 土木学会, 東京 (1976).
- 梶川康男, 小堀為雄: 動的応答から見た歩道橋の使用性に関する確率論的考察, *土木学会論文報告集*第266号, 51-61 (1977).

(受付 1977年9月9日)