

## 在来鉄道振動の高架構造における伝搬特性について

上原 幸雄 青木 一郎

### 1 はじめに

都内の在来鉄道は、輸送力増強、安全性の確保等の観点から、平坦構造路線の高架化、地下化等の改造が行われている。高架化の場合、JR線と民営鉄道線との相互乗り入れによる複々線化が図られることが多い。

このような状況から、当研究所では昭和59及び60年度においては主として複線の在来線の鉄道振動についての調査を行い解析を進めてきた。61年度は、近年増加している複々線高架構造における鉄道振動について調査測定を行った。

また、在来鉄道振動の測定評価方法は、現在規定されたものがなく、新幹線鉄道振動の暫定基準に定められている方法を準用している場合が多い。しかし、在来線の特徴及び複々線化による列車本数の増加を考えると、新幹線の評価方法を準用することが適切とは言いきれない。

このことから筆者らは、在来線の測定評価方法を模索しつつ独自の考え方で測定評価を行い、複々線高架構造における振動伝搬特性について取りまとめたので報告する。

### 2 調査概要

#### (1) 調査場所

調査場所は、主としてJR線と民鉄線が相互乗り入れしている複々線高架の地点を選定した。また、参考データを得るために複線平坦構造について1地点を選定した。調査場所一覧を表1に示す。

高架構造は、標準コンクリート・ラーメン高架(西綾瀬は、合成桁式高架)である。軌道は、バラスト軌道である。

#### (2) 測定方法

振動を感知するピックアップを設置する測線は、線路に対して直角(X)方向に設定した。この線路上に、最寄

表1 昭和61年度鉄道振動測定場所及び測定結果

測定場所	高円寺北	中川	北小岩	西綾瀬	南小岩	武蔵境	
	高円寺北 四の3	中川一 の4	北小岩一 の9	西綾瀬三 の4	南小岩六 の16	境五の15	
路線名など	中央線	常磐線	総武線	常磐線	総武線	中央線	
	複々線 高架	複々線 高架	複々線 高架	複々線 高架	複々線 高架	複々線 平坦	
測定面	舗装	舗装	舗装	舗装	舗装	舗装	
測定結果 V L 値 (dB)	地5m点	57.2	46.8	(6m地点) 59.0	51.8	59.6	—
	地10m点	48.2	49.8	57.2	49.8	51.8	65.6
	地15m点	—	49.1	53.6	48.2	50.7	57.0
	地20m点	43.3	48.2	51.9	48.7	49.4	54.3
	地25m点	39.8	46.9	50.1	—	—	53.3
	地30m点	—	—	—	—	—	51.7 (2.71)
	平均列車 速度km/h	70.9	—	83.4	63.8	69.7	72.4

り線中心からそれぞれ5m, 10m, 15m, 20m及び25mの地点を測定点とした。測定は、5地点同時測定とした。

振動ビック・アップは、舗装道路上に設置した。道路は、3~5m程度の幅員の区市道である。

測定は、鉄道線側から三地点においては振動加速度レベルをテープレコーダに収録し、その他の地点においては振動レベルをその場でレベル・レコーダに記録させた。テープ・レコーダに収録した振動の方向は、水平X, Y及び鉛直Zの三方向である。また、レベル・レコーダに記録した振動の方向は、Z方向である。

収録したデータは、後日実験室において再生し、レベル・レコーダに振動レベルを記録させ読みとった。周波数分析は、収録した加速度レベルを再生し周波数分析システムを用いて行った。

列車速度は、軌道付近の基準点を列車が通過するのに要した時間tをストップウォッチでもとめ、列車長をtで除して計算した。

なお、測定に用いた機器は次のとおりである。

- 振動計：リオン社製 VM-16型及びVM-13型
- データ・レコーダ：ソニー社製 FR-3415型
- レベル・レコーダ：リオン社製 LR-04型
- 周波数分析システム：富士通社製 S-3300及びB&K社製 2131型アナライザ

(3) 測定対象列車

新幹線振動の測定評価は、連続した20本の列車を対象としているが、在来線とくに複々線では、車両の型式が多様であり、運行回数も多いので、本測定においては40本の列車について測定することとした。

測定時に、列車の並走、複数列車の重複及び列車通過時間の計測ができなかったものは、評価の対象から除外した。また、貨物列車、機関車及び回送列車の通過時の測定値も同様に扱った。

3 測定結果

61年度に実施した振動測定結果を表1に示す。

列車速度の平均値は、64~83km/hで、これに対して10m地点における振動レベルは、高架部が48~57dB、平坦部が66dBであった。

各測定場所における振動レベルVLの距離減衰傾向を、図1~3に示す。これらの図では、高架部舗装面の

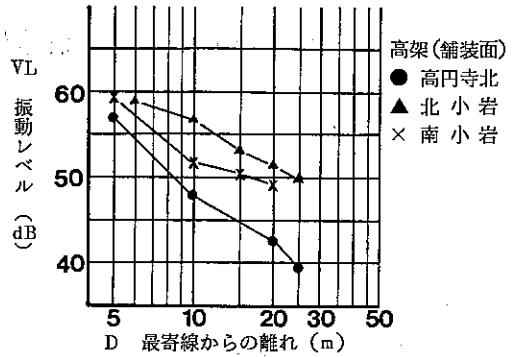


図1 VL減衰傾向 (高架・舗装)

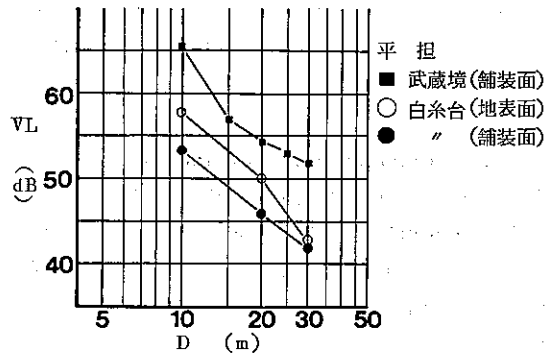


図2 VL減衰傾向 (平坦)

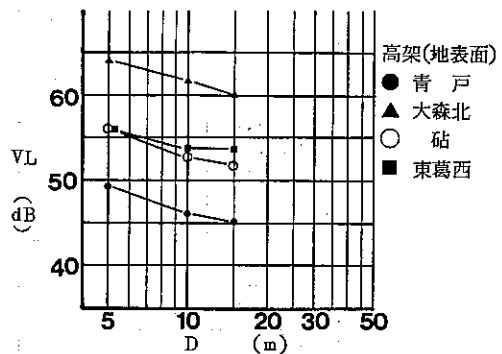


図3 VL減衰傾向 (高架・地表面)

振動レベルは、倍距離5～7dB減衰している。また、平坦部舗装面での振動レベルは、倍距離約8dB減衰しており、高架部は平坦部と比較してやや減衰傾向が緩やかである。

周波数分析システムによる分析結果のうち、代表的な例として、北小岩（複々線高架）及び武蔵境（複線平坦）の結果を図4と5に示す。

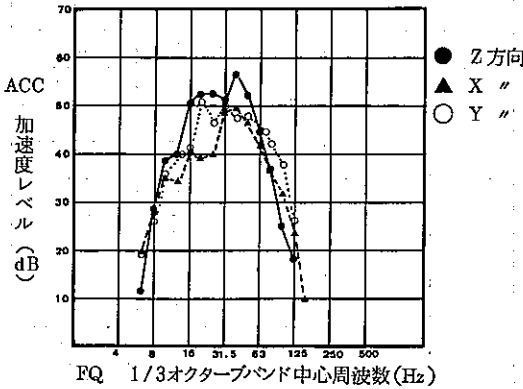


図4 周波数特性図（北小岩 10m地点）

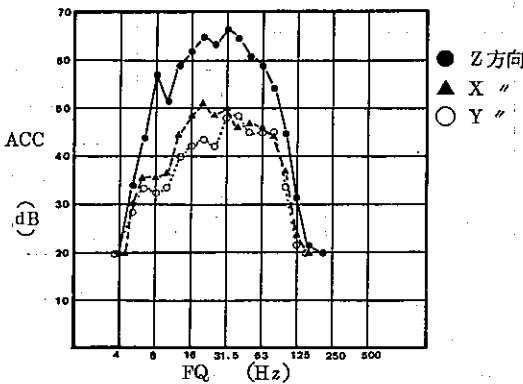


図5 周波数特性図（武蔵境 10m地点）

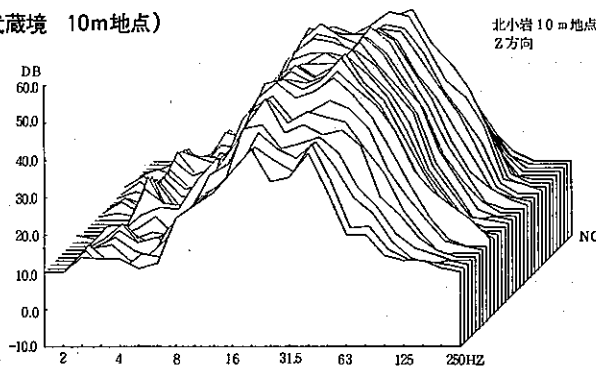


図6 各バンドのレベル変化

振動の主成分であるZ方向に注目すると、高架部の主要な1/3オクターブバンド中心周波数は45Hzである。一方、平坦部の主要な中心周波数は31.5Hzで、これに加えて8Hz付近もやや高くなる特色があるようである。参考として、図6に図4の周波数の時間変化を三次元図に示す。サンプリング間隔は、0.5secである。

#### 4 考 察

- (1) 在来鉄道の特徴
- ア 列車運行本数

今回の複々線調査では、約1時間の間に40本余の列車の測定を行っている。新幹線の場合、時刻表から1時間の運行本数は約20本となっている。在来線の場合運行本数の多さ等から、緩行線と快速線との並走あるいは上下線の重複が多くみられ、振動計測が容易ではない。したがって、新幹線の測定評価方法は、在来線にはなじみにくいと考える。

#### イ 車両型式

当該測定場所を通過した列車の車両型式名を表2に示す。この表から車両型式の多さが判る。この他在来線には、貨物列車、機関車及び回送列車等がある。JR線の場合車両長はほとんど20mであるが、一部車両及び貨物車などは車両長が判りにくく、列車速度の算出が難しい。今回の測定では、車両型式によるレベル差について詳細な検討を行わなかったが、103系型式及び中距離（通勤）型式の違いによる顕著な振動レベル差は認められなかった。一方、103系型式と特急系型式との間では、数dBの差が認められた。

表2 通過車両型式

測定場所	主な車両型式
高円寺北	201系, 103系, 115系 165系, 183系, 301系 営団5000系
北小岩 南小岩	103系, 201系, 115系 183系 貨物列車
西綾瀬	103系, 401系, 203系 483系 貨物列車, 気動車 営団6000系 小田急
中川	上記より小田急を除く
新幹線	東海道 0系 100系
	東北 200系

ウ TF (タイヤ・フラット)

車輪(レールとの接触部)の部分的な摩耗によるTFは、騒音レベルを増加させる。今回の測定のうち武蔵境でTF発生状況を発生音でチェックした。その結果、約40%の列車で発生していた。一方、新幹線はTF管理(車輪の研磨)が実施されているので発生は少ない。

TFの発生は、振動レベルに何等かの影響があると推定される。定量的な関係については今後検討したい。

エ 列車速度

在来線の列車速度範囲は、およそ100km/h程度までである。一方、新幹線の速度範囲は200km/hに及ぶ。この列車速度の差は、振動レベルの差に影響する。

(2) 走行線別の影響比較

在来鉄道振動の測定評価方法が確立されていないこと及び最寄二線と反対側二線のレベル差が明確でないことから、今回の複々線高架部測定値について、①全データの算術平均 ②上位10本の算術平均 ③走行線別平均等の3方法で計算し比較してみた。計算結果は表3の通りである。走行線番号は、最寄り線が『1』で以降順次4番まで区分してある。

走行線別の振動レベル平均値は、それぞれの列車速度がほぼ同じ速さの場合には最寄り線からレベルが低くなる傾向が認められる。しかし、西綾瀬の測定のように第4走行線の列車速度が速い場合には、逆の傾向が認められる。

以上のことから、振動測定では最寄り線の列車のみを

表3 走行線別影響比較

測定場所	全データ 平均値	上位10本 平均値	(10m地点) 走行線別平均値	
			走行線	平均値
高円寺北	48.2	51.0	1	48.3
			2	49.5
			3	48.7
			4	45.8
中川	49.8	54.9	1	51.8
			2	52.1
			3	44.8
			4	46.8
北小岩	57.2	61.5	1	61.0
			2	58.6
			3	54.4
			4	55.8
西綾瀬	50.1	53.1	1	49.9
			2	48.7
			3	48.0
			4	52.2
南小岩	51.5	54.7	1	53.5
			2	51.0
			3	51.9
			4	49.3
武蔵境	65.6	67.4	1	64.7
			2	66.5

対象とするのではなく全列車を測定対象とし、振動レベル値の上位のものを平均することが良いと考える。

(3) 振動レベルと列車速度の相関

10m地点における列車速度と振動レベルについて、異なる三カ所の全データを用いて、次のような回帰式を算出した。

$$L = aV + b \dots\dots\dots (1)$$

ただし、L : 振動レベル (dB)

V : 列車速度 (km/h)

3カ所共通の条件： ①JR線②複々線③標準コンクリート・ラーメン高架④バラスト軌道⑤舗装面測定⑥高さは約8m

計算結果を表4に示す。走行線別に算出した場合、係数aは0.15~0.33 定数bは28~42であり、相関係数r

表4 異なる三測定場所データから算出したVとLの相関

10m地点における 回 帰 式			データ 組 数
全走行線データから算出		$L = 0.177V + 39.3$	106
走行線 別出	最寄り線	$L = 0.153V + 42.2$	35
	第二線	$L = 0.230V + 35.5$	26
	第三線	$L = 0.148V + 40.4$	22
	第四線	$L = 0.331V + 27.6$	23
対象測定場所 (複々線)		JR中央線高円寺北、JR総武線北小岩及び南小岩 注・いずれもコンクリート・ラーメン高架(高さ約8m)、バラスト軌道	

但し L: 振動レベル (dB) V: 列車速度 (km/h)

は0.358~0.689であった。一方、走行線を区別しない場合の回帰式は $L = 0.177V + 39.3$  ( $V=50\sim 103$   $r=0.453$ ) であった。相関係数が低い理由としては、レール継ぎ目の有無の区分をしなかったこと及び低速域のデータが得られなかったこと等が考えられる。

(4) 振動レベル減衰傾向

振動レベルの距離減衰傾向を把握するために、前項のそれぞれのデータ群について、5m地点の振動レベル値を基準として各地点毎の相対レベルの平均値を計算した。その結果を、図7に示す。

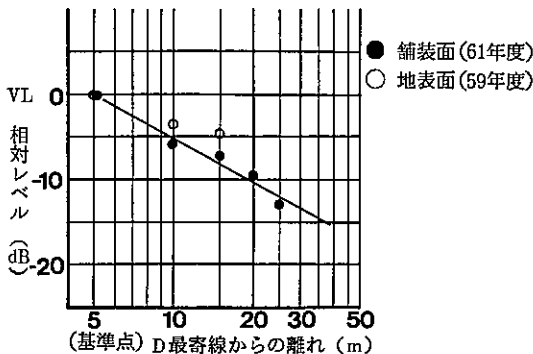


図7 振動レベル減衰傾向

これによると、複々線高架部における振動レベルの距離減衰は、倍距離-5dBであった。また、前年測定した複々線高架部(地表面)の計算結果を同図中に示したが、この振動レベルの減衰傾向も同様の傾向となっている。この減衰値は、内部減衰を考えない場合の減衰すなわち倍距離-3dBよりは大きな減衰となっている。

複々線高架部において、走行線別に振動レベル減衰傾向について別途計算したが、走行線別の傾向の相違については、明らかな差を見いだすことができなかった。

5 まとめ

複々線高架(コンクリート・ラーメン)構造における鉄道振動調査から、次のことが判明した。

(1) 最寄り線から10m離れた地点における振動レベルは、列車速度が68~83km/hのとき48~57dBであった。

(2) 走行線別の振動レベルの影響は、最寄り走行線が必ずしも最大とはならず、列車速度の速い走行線の影響が大きい。

(3) 振動レベルの減衰傾向は、およそ倍距離-5dBであった。

(4) 振動レベル(L)と列車速度(V)との相関関係は、次のとおりであった。

高架部舗装面(10m地点)  
 $L = 0.177V + 39.3$  ( $n=106$ )

(5) 今後の課題として、在来鉄道線振動の測定評価方法について、筆者らの考え方を記しておきたい。①在来線振動測定評価の基準点は10m地点が適当 ②最寄り線の影響が最大ではないので全走行線の列車を測定対象とする ③列車の並走、重複及び貨物列車の混入割合が約15%であったので測定は列車40本のピークレベルを測定し上位10本の平均算出が適当 ④列車の並走・重複、貨物列車、回送列車等は、速度計測等が容易ではなく調査対象から除外。

今後、鉄道事業主体の理解と協力が得られる機会があれば更に各要因の解明に努めたい。

参考文献

- 1) 日本国有鉄道技術開発室：技術要覧，日本国有鉄道，(1984)
- 2) 大田区都市環境部：在来鉄道に関する騒音振動調

- 査報告書, 大田区役所 (1986)
- 3) 立松俊彦: 新幹線騒音・振動の防止, 騒音制御, Voll, No4 (1977)
- 4) 青木一郎: 在来鉄道振動の測定結果について (第2報), 東京都環境科学研究所年報 (1987)
- 5) 環境庁大気保全局: 振動予測マニュアル (案), 環境庁 (1986)
- 6) 山口一生: 在来鉄道による地盤振動の伝搬予測モデル, 久留米工業大学研究報告, No8 (1984)