

在来線鉄道騒音パワーレベル測定方法の検討

上原幸雄 今泉信夫 中村信一

1 はじめに

在来線鉄道は都内では路線数も多く、増大する輸送需要にこたえるため新線の建設や既設線の高架化などの計画が進められていくとみられる。これらの計画推進にあたり環境対策の一つとして鉄道騒音の予測およびその評価方法については先づ着目されるところである。在来線鉄道騒音の予測については、石井ら¹⁾による高架構造の場合の騒音予測手法案がある。これは転動音パワーレベルと構造物音パワーレベルから騒音レベルを計算する方法で、それぞれのパワーレベルは対象鉄道の騒音測定から求められ、高架高欄上での測定値は転動音パワーレベルを求める値、高架直下での測定値は構造物音パワーレベルを求める値として用いるとされている。しかし、現実には特に高架高欄上の測定には制約が多く容易に測定を行えない。そこで本稿では高欄上の測定に代え、現場で実務的に可能な転動音パワーレベル算出のための測定方法について検討した。

2 測定計画

(1) 測定地点、測定方法

本測定においては高架構造物音と転動音を測定した。構造物音は京王相模線永山付近の高架下、転動音は同線多摩センター付近、京王本線給田付近および中央線高尾付近の平坦地においてそれぞれ測定した。いずれもバラスト軌道でロングレールの箇所である。

測定は、精密騒音計を用い、レベルレコーダーでdB(A) Slowを読み取る方法と、テープレコーダーにFlatで記録する方法を用いた。

列車速度は、ストップウォッチで列車の通過時間を計り、後に列車長を除して求めた。

使用した測定器は次のとおりである。

- 精密騒音計・リオン NA-60型
- レベルレコーダー・リオン LR-04型

テープレコーダー・ナグラ IV-SJ型

(2) パワーレベル計算方法

計算に用いた騒音レベルは、測定値のうちピークレベル L_M と次の式によって求めた騒音レベルエネルギー平均値 L_E とを用いた。

$$L_E = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{A(i)}}{10}} \right) \text{ dB(A)} \dots\dots (1)$$

$L_{A(i)}$ ・各列車のピーク値から10 dB 低い値の範囲で5秒間隔で読み取った値

転動音などのパワーレベルを実測値から求める式、ならびに鉄道騒音の推定値を求める式は、石井らの式¹⁾を用いた。図1に測定点の断面図を示し、計算式を次に示す。

$$L_A = 10 \log_{10} \left(\frac{L_{A1} + L_{A2}}{10^{\frac{L_{A1}}{10}} + 10^{\frac{L_{A2}}{10}}} \right) + \alpha_H \text{ dB} \dots\dots (2)$$

L_A ・高架鉄道からの騒音レベル推定値 (dB(A))

L_{A1} ・転動音による受音点における騒音レベル (dB(A))

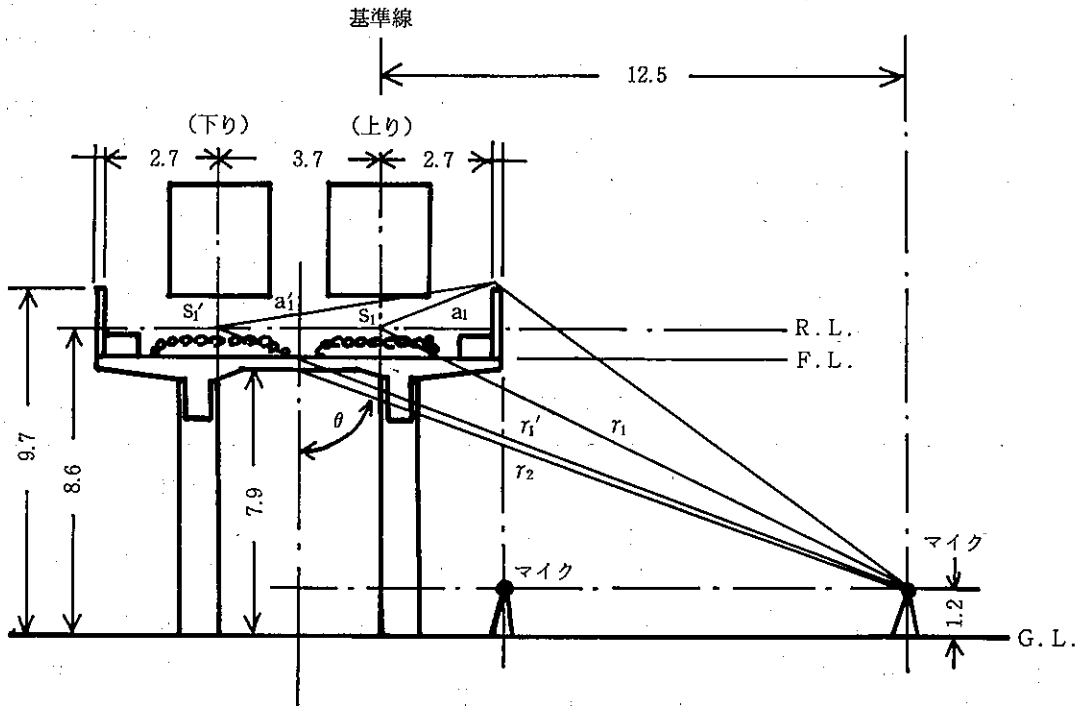
L_{A2} ・高架構造物音による受音点における騒音レベル (dB(A))

α_H ・市街地における伝搬に伴う騒音レベルの減衰を表わす補正值 (本稿では、開放平坦地の測定であるので省略)

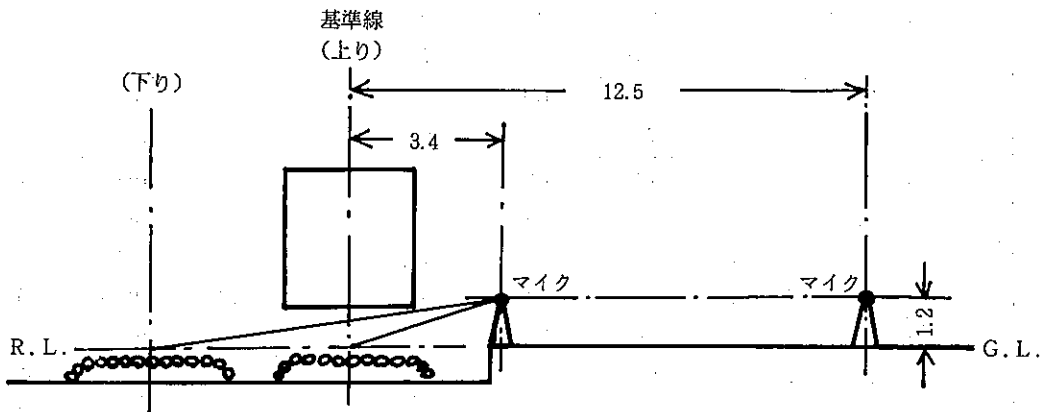
$$L_{A1} = L_{W1} - 8 - 10 \log_{10} r_1 + 10 \log_{10} \left[\frac{(\ell/2 r_1)}{1 + (\ell/2 r_1)^2} + \tan^{-1} \left(\frac{\ell}{2 r_1} \right) \right] + \alpha_d \text{ dB(A)} \dots\dots (3)$$

$$L_{A2} = L_{W2} - 8 - 10 \log_{10} r_2 + 10 \log_{10} [\cos \theta \tan^{-1}(\ell/2 r_2)] \text{ dB(A)} \dots\dots (4)$$

L_{W1} ・列車の転動音を指向性有限長線音源と仮定したときの単位長当りのパワーレベル (dB(A))



(1) 高架における測定 (京王線・永山付近) 単位・m



(2) 平坦における測定 (京王線・給田付近) 単位・m

図1 測定断面図

l ・列車長 (m)

r_1 ・軌道中心 (軌条面) と受信点間の直線距離(m)

αd ・高欄の遮蔽効果による騒音レベル減衰補正值

L_{w2} ・高架構造物音の単位長当りパワーレベル

(dB(A))

r_2 ・高架構造物床版中央と受信点間の直線距離(m)

θ ・床版中央の法線に対する受信点の方位角

ただし、 $\theta \geq 90^\circ$ のとき $L_{A2} = 0$ とする。

転動音パワーレベル L_{w1} 、構造物音パワーレベル L_{w2} はそれぞれ(3)、(4)式の逆算によって求めた。

3 パワーレベルの計算結果と算出方法の考察

(1) 平坦部における転動音のパワーレベル

平坦開放部における実測値のエネルギー平均値 L_E から算出した転動音パワーレベル L_{w1E} とピーク値 L_M から算出した転動音パワーレベル L_{w1M} をそれぞれ(3)式により求めた。

表1は列車速度が80~85km/hのときの計算例で、 L_{w1E} は軌道直近の実測 L_E からの値で、ほぼ101dB

となっている。この速度域では中央線、京王線とも近い値となっている。 L_{w1E} と L_{w1M} を比較した場合 L_{w1M} の方が L_{w1E} よりも2~3dB高い値となっている。

L_{w1} を線路際(直近)、12.5m点、25m点それぞれの測定値 L_A から算出した値と比較した場合、直近データから求めた計算値より、線路から離れた測定点から算出した計算値の方が2~3dB低い値となっている。これは過剰減衰のためと考えられる。この結果から過剰減衰の影響が少ないと考えられる直近のデータより得た L_{w1} をもとに速度との関係を求めた。

表1 平坦部転動音パワーレベル計算例

単位: dB

測定地点他	測定番号	測定時刻	走行線	列車速度(km/h)	L_{w1E} (L_E から計算)			L_{w1M} (ピーク値から計算)			車両型式
					直近	12.5m地点	25m地点	直近	12.5m地点	25m地点	
中央線 (高尾)	1	11:28	上	80.0	4.9m地点 100	100	96	103	100	99	101
	6	45	下	80.0	101	98	95	103	100	97	201
	9	56	下	80.0	101	99	95	103	100	97	201
	13	12:13	上	83.7	101	99	95	104	100	99	201
		平均値		80.9	101	99	95	103	100	98	
京王(相模原)線 (多摩センター)	1	10:21	下	80.0	3.7m地点 100	97	94	102	100	97	6000
	5	31	上	79.8	101	99	95	105	101	97	2000
	18	11:30	上	79.8	102	99	95	105	101	97	2000
	19	32	下	79.8	100	97	94	105	100	97	2000
	20	38	下	84.7	100	95	93	101	97	95	6000
	22	50	上	79.8	103	101	97	105	103	99	2000
	23	52	下	84.5	99	95	92	102	97	95	5000
	26	12:10	上	81.0	100	98	94	103	100	96	5000
	28	17	下	84.7	101	98	95	103	99	97	6000
	平均値		81.6	101	98	94	103	100	97		
京王線 (給田)	11	10:46	上	83.1	3.4m地点 104			107			2000
	19	11:10	上	82.3	102			106			6000
	25	24	上	81.1	100			101			6000
	32	40	上	83.1	102			105			2000
	47	12:44	上	84.7	101			105			6000
	52	52	上	79.7	100			103			2000
		平均値		82.3	102			105			

(2) パワーレベルと列車速度との関係

図2～4は平坦部データから求めた転動音のパワーレベルと列車速度との関係を示したものである。図2の中央線では速度が70～80km/h付近に集中していたため転動音パワーレベルと速度との関係が分りにくい。一方京王線では車種が異なるものの、速度域が比較的広いところから転動音パワーレベルと列車速度との相関がよく示されている。また京王線の異なる2測定場所(平坦部)のデータから得られた転動音パワーレベルはほぼ同じレベルであった。パワーレベルと列車速度の相関式を表2に示した。エネルギー平均値で求めた関係式とピーク値で求めた関係式とでは L_E が L_{WIM} よりバラツキが少ないことから L_E より求めた L_{WIE} と速度の相関の方がややよくなっている。

(3) 高架部パワーレベル算出方法の検射

鉄道騒音の高架構造部分における付近の騒音レベルを推定計算する場合対象鉄道の類似高架構造の箇所における列車転動音と構造物音の実測からそれぞれの音源パワーレベルを求め、この2つのパワーレベルの値を基に予測計算を行うのがよいとされている。

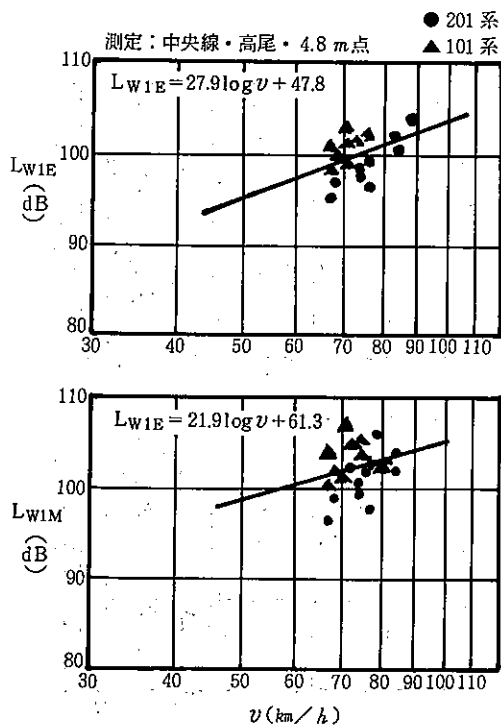


図2 パワーレベルと列車速度の関係 (1)

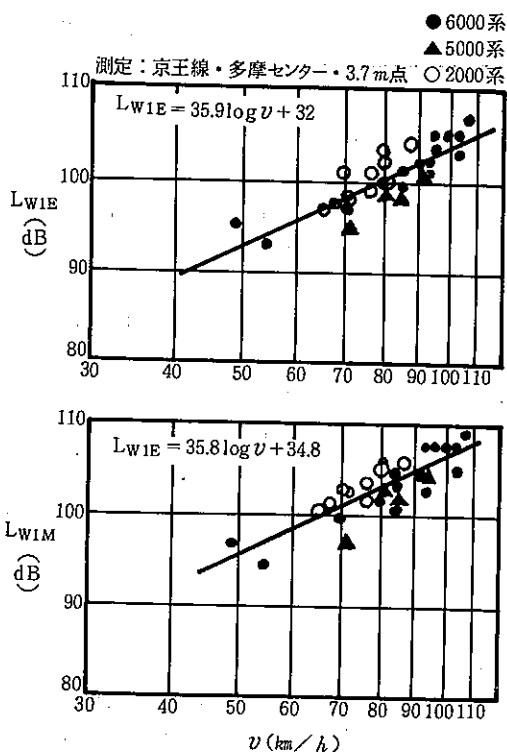


図3 パワーレベルと列車速度の関係 (2)

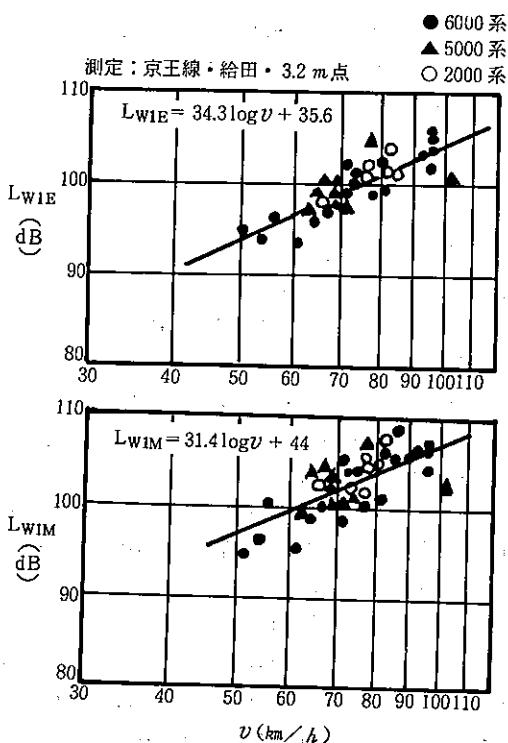


図4 列車速度とパワーレベルの関係 (3)

表2 パワーレベルと列車速度との関係

路線名 (測定場所)	転動音パワーレベルと列車速度との相関式		最寄線と測点の距離 (n:データ数)
	L_{W1E}	L_{W1M}	
京王線 (多摩センター 平塚)	$L_{W1E} = 35.9 \log v + 32.0$ ($r = 0.8755$)	$L_{W1M} = 35.8 \log v + 34.8$ ($r = 0.8460$)	3.7 m (n=30)
京王線 (給田 平塚)	$L_{W1E} = 34.3 \log v + 35.6$ ($r = 0.8251$)	$L_{W1M} = 31.4 \log v + 44.0$ ($r = 0.7148$)	3.2 m (n=52)
中央線 (高尾 平塚)	$L_{W1E} = 27.9 \log v + 47.8$ ($r = 0.4504$)	$L_{W1M} = 21.9 \log v + 61.3$ ($r = 0.5305$)	4.8 m (n=21)

注) 車両型式
京王線・6000, 5000, 2000型
中央線・101, 102型

しかしこの実測の場合、転動音の測定は高架高欄上で行う必要があり、マイクロホン取付のために列車が運行している鉄道用地へ立入ることから多くの危険と困難を伴う。そこで今回は、高架高欄上での測定に代えて、開放平坦路線の線路直近における測定から得られた転動音パワーレベルで代用できるかを、京王相模原線永山付近の高架測定データについて次の2点から検討した。

ア. 平坦部転動音パワーレベル実測値と、高架部転動音パワーレベル推定値との比較

高架床版直下測定値から高架構造物音パワーレベル L_{W2} を(4)式の逆算により求める。この L_{W2} と(4)式を用いて12.5 m点の構造物音による騒音レベル L_{A2} を計算する。12.5 m点の騒音レベル実測値 $L_{A12.5}$ から L_{A2} を引いて12.5 m点の転動音による騒音レベル L_{A1} を計算する。この L_{A1} と(3)式から高架における転動音パワーレベル L_{W1} を算出した。

図5中●▲はこの計算に用いた高架構造物音パワーレベルと列車速度との関係を示したものである。パワーレベルと速度との相関式は図中に示す式となったが、計算によると相関係数 r は0.34となっており、構造物音パワーレベルは、速度には相関がないものと考えられる。そこで、この速度域における構造物音パワーレベル平均値を計算すると次のとおりである。

$$L_{W2E} = 88.1 \text{ dB} (\sigma = 2.2)$$

列車速度域 85 ~ 103 km/h

$$L_{W2M} = 91.4 \text{ dB} (\sigma = 2.7)$$

図中の○△印は求められた高架部の転動音パワーレベル推定値である。この値は、この高架に近い同じ京

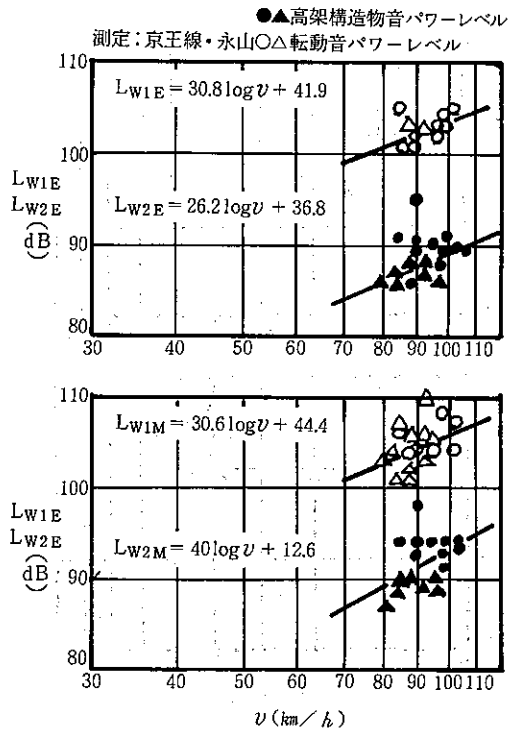


図5 列車速度とパワーレベルの関係 (4)

王線の多摩センター付近の平坦部の測定による図3のパワーレベルに近い値となっている。

イ. 高架部 12.5 m点騒音レベル実測値と推定値との比較

京王相模原線永山付近の高架12.5m点の騒音レベルについて、実測値と推定値とを比較した。推定値は、平坦構造の多摩センター転動音パワーレベルと高架部構造物音パワーレベルとを用いて計算した。

表3はこの計算値と実測値とを比較したものである。比較は、エネルギー平均値とピーク値で行ったが、いづれの値も計算値の方が高めの値となっている。

表3 騒音レベルの実測値と計算値との比較

	(計算値) - (実測値) の平均値	標準偏差
エネルギー平均値 での比較	$\overline{\Delta dB} = 2.85$	$\sigma = 0.998$
ピーク値での 比較	$\overline{\Delta dB} = 0.25$	$\sigma = 1.211$

注1) 京王線永山付近高架部12.5m地点における検討。

2) 計算値は平坦部測定で得られた転動音パワーレベルと当該高架部直下の測定値を用いて計算した。

4 ま と め

鉄道騒音予測の予備的検討として在来線高架鉄道騒音予測手法案に示されている転動音パワーレベル測定法に代る、実務的な測定方法として、平坦部転動音パワーレベルの引用について測定例の収集とともに検討を試みた。

① 平坦構造の転動音パワーレベルを実測可能な線路直近で測定し、エネルギー平均値で示すと、京王線給田ではロングレール、バラスト軌道、列車速度80km/h前後で、101 dB(A)程度であった。測定場所の異なった京王多摩センターにおいても同様な結果であった。また転動音パワーレベルと列車速度との相関も異なった2測定場所ともほぼ同じ傾向を示している。

② 高架構造部における転動音パワーレベルについて高架直下および高架直下から12.5m離れた地点の実測値から逆算した値と、平坦部測定から得られた値を比較すると、かなり近い値であった。

③ 平坦部測定から求めた転動音パワーレベルを高架部の転動音パワーレベルとして用い、高架直下の実測値と組み合わせて、当該測定点の12.5m地点の騒音レベルを推定し実測値と比較したところ、計算値の方が実測値よりもやや高めとなったが近似した値となった。

以上、鉄道騒音予測に重要な転動音パワーレベルの測定については、高架高欄上の測定に代えた平坦部測定がこの測定例では、ある程度活用できることが判ったが、平坦部測定値の活用について、今後更に、路線、速度域など異なった場所での測定を実施し、検討を加えたい。

参 考 文 献

- 1) 石井聖光ほか：在来線高架鉄道からの騒音予測手法案について、騒音制御, Vol 4, No 2, (1980)。