

鉄道振動の実験用舗装道路における測定結果について

上原 幸雄 青木 一郎

1 はじめに

在来鉄道線の振動予測には、振動の地表面における測定データの集積が基本となる。この観点から、騒音部においてもこの種のデータの収集につとめてきた。しかし最近鉄道沿線の宅地化が進み、線路際での振動測定が行い難くなり、止むを得ず舗装した公道で測定を行う場合が多くなってきた。そこで、舗装面上での測定データを地表面でのデータとして活用する必要がでてきた。このことから、筆者らは、実験用舗装道路を作り、舗装面でのデータと地表面でのデータを測定し比較検討したので報告する。

2 実験の概要

(1) 実験用舗装道路構造

舗装道路は、比較的交通量の少ない住宅地内の道路を想定した。したがって道路構造の仕様は、路盤厚25cm、幅員5m、及び延長25mとした。道路断面図を図1に示す。

(2) 実験場所

実験用舗装道路の造成をするために適した土地が見つからなかったため、小名木川（貨物）線に沿った当研究所隣地で実験を行うこととした。舗装道路は、貨物線中心から12m点を始点とし、線路と直角方向へ25mにわた

り前項の仕様で造成した。詳細は、図2に示す。

(3) 測定方法

測定方法は、舗装道路面と更地面の同時測定とした。測線は、貨物線に対して直角方向に、P10測定系（舗装面）及びP20測定系（更地面）の2本設定した。この2本の測線の間隔は約10mである。測定点は、この測線上にそれぞれ、15m 20m 25m 30m 及び35mの5点を設定した。舗装道路配置、測線及び測定点等の詳細は図2に示す。

測定は、振動の加速度レベルを振動計とデータ・レコーダの組合せで録音する方法とした。測定後、テープを再生し、レベル・レコーダーに波形を記録することにより、振動加速度レベルを読み取った。

周波数分析は、騒音・振動解析システムで処理を行った。

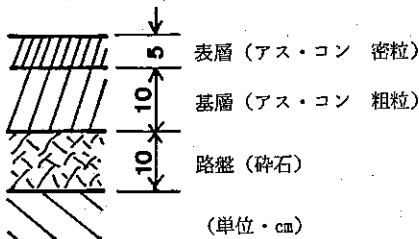


図1 舗装道路概要

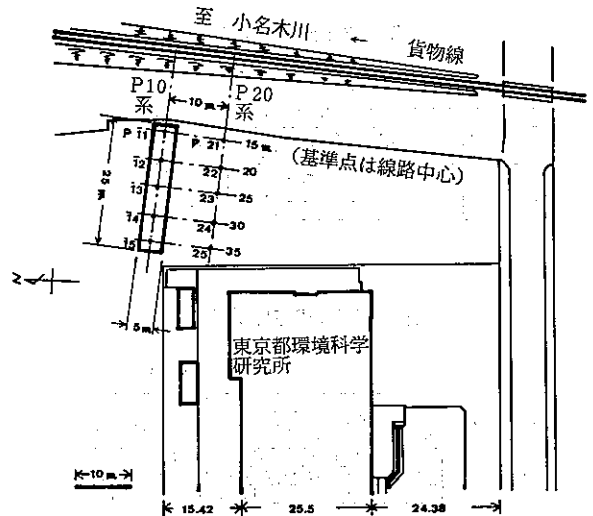


図2 実験場所及び測定点配置図

本測定に使用した機器は次のとおりである。

- 振動計：リオン社製，VM-13A型
- データ・レコーダ：TEAC社製，SR-50型
- レベル・レコーダ：リオン社製，LR-04型
- 騒音・振動解析システム：富士通社製，S 3300コン
- ピューター及びB\$K社製2131型アナライザ等で構成

3 測定結果

(1) 事前測定

舗装道路工事前に、実験予定地点の振動伝搬状況を把握する目的で振動測定を実施した。測線は本実験と同じである。データについてモニター地点（P20系統）と舗装予定地点（P10系統）との差を比較した。これによると、モニター地点の方がやや高い傾向にある。レベル差は約0.5～2dBである。よってモニター地点と舗装予定地点は、ほぼ同様な挙動をすると考えられる。

(2) 舗装道路振動測定結果

事前測定の後、舗装工事を行い、当初計画の測線で振動測定を行った。測定結果を表1に示す。今回の一連の測定において、列車速度が低かったため、高い振動レベル値が得られなかった。そこで、各種のデータ処理は振動加速度レベルで行った。また、路線から離れたポイントのデータのうちバック・グラウンドとの差が10dB以内のデータは補正を行った。

- ほそう面 — ほそう面回帰直線 ($\bar{v} = 26 \text{ km/h}$)
- 更地面 - - - 更地面 " (")

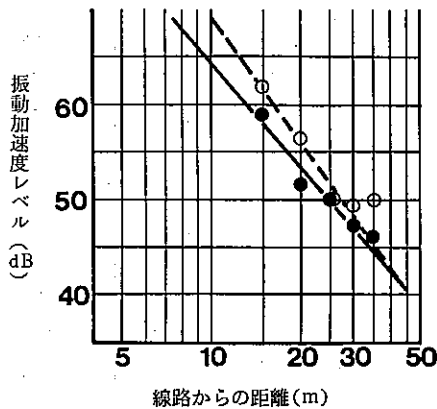


図3 振動加速度レベルの距離減衰

表2 振動加速度レベル，列車速度，線路からの距離の相関

ACC: 振動加速度レベル (dB)

多項線回帰式 $ACC = A + B \times (v) + C \log D$ v: 列車速度, D: 距離				
舗装面: $ACC = 93.6 + 0.207V - 34.9 \log D$				
推定値の標準誤差: 15m 点 3.4, 20m 点 3.1, 25m 点 2.2, 30m 点 2.3				
更地面: $ACC = 110.3 + 0.232V - 45.9 \log D$				
推定値の標準誤差: 15m 点 3.2, 20m 点 3.2, 25m 点 3.3, 30m 点 3.1				
参考 測定点別の速度との回帰式 $ACC = B \times v + A$				
	B	A	相関係数: r	
ポイント	11 (15m点)	0.25	52.3	0.477
	12 (20m)	0.17	47.4	0.430
	13 (25m)	0.19	45.1	0.531
	14 (30m)	0.20	42.6	0.540
	15 (35m)	0.14	42.9	0.379
名	21 (15m)	0.23	56.4	0.460
	22 (20m)	0.28	50.3	0.553
	23 (25m)	0.16	46.0	0.424
	24 (30m)	0.24	43.2	0.527
	25 (35m)	0.21	44.8	0.489

注. ポイント番号10番台: 舗装面, 20番台: 非舗装面
B.G. 補正済データ

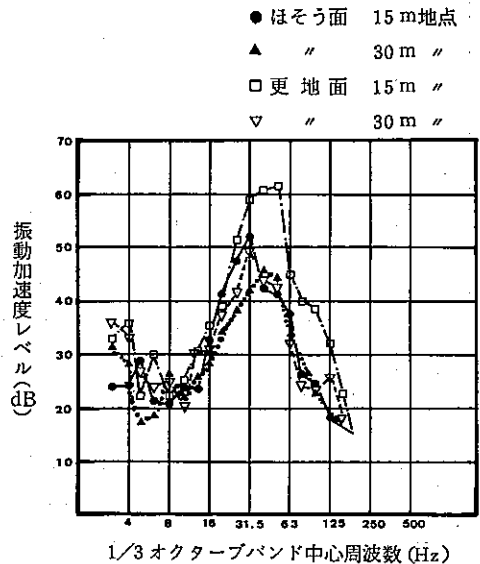


図4 周波数特性

これによると、更地15m地点（P21）の振動加速度レベル平均値は62.3dB、舗装面15m地点（P11）の振動加速度レベル平均値は58.6dBであった。このときのデータ数は16、列車の平均速度は25.3km/hである。また、15m地点における舗装面と非舗装面とのレベル差は、約4dBであった。各測定点別平均値を図3に示す。

4 考 察

(1) 振動加速度レベルと列車速度及び線路からの距離との相関

図3において、35m点のレベルが舗装面及び更地面ともに30m点より高くなっている。レベルが高い理由として近傍建物からの反射等が考えられるが不明な点がある。そこで列車速度等との相関の算出ではこの地点(P15, P25) データは除外することとした。

回帰式は次に示す多重線型回帰式を求めた。

$$ACC = A + B \times (v) + C \text{ Log } D$$

ただし、ACC: 振動加速レベル, A,B,C: 定数,

v: 列車速度 (km/hr.), D: 線路からの距離 (m)

この計算結果を表2に示す。同表中に参考として、速度との回帰式も記載した。

先ずACCと速度の関係であるが、vの係数Aは約0.2で、舗装面及び非舗装面との間に大きな差は認められなかった。また、昭和59年度に青木らが測定した在来線の測定データではAが0.15程度であり、今回の舗装道路実験におけるACCは、やや速度への依存が高くなっているといえる。

次に、ACCと線路からの距離の関係であるが、Log Dの係数は舗装面が(-34.9)で、更地面は(-45.9)

表1 舗装道路実験測定結果

振動加速度レベル: ACC (dB)													
DATA #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13/VLST
POINT	P11	P12	P13	P14	P15	P25	P21X	P21Y	P21Z	P22	P23	P24	列車速度
M.#							(X方向)	(Y方向)					(km/h)
1	55.	50.	50.	48.	47.	49.	59.	57.	60.	55.	49.	48.	30.
2	63.	52.	51.	49.	51.	53.	62.	60.	63.	60.	51.	53.	32.1
3	57.	49.	47.	45.	44.	47.	58.	55.	59.	55.	47.	47.	30.
4	60.	53.	50.	46.	45.	49.	61.	60.	63.	58.	51.	49.	30.
5	61.	56.	54.	52.	49.	54.	64.	64.	66.	60.	55.	53.	29.
6	65.	57.	55.	52.	52.	56.	66.	65.	70.	65.	53.	57.	31.
7	57.	49.	49.	45.	44.	47.	59.	57.	59.	53.	48.	47.	15.8
8	57.	51.	48.	46.	48.	49.	60.	58.	61.	56.	48.	48.	11.3
9	55.	49.	48.	46.	45.	48.	58.	55.	59.	54.	47.	47.	22.5
10	56.	49.	48.	46.	44.	48.	58.	58.	60.	55.	48.	46.	30.
11	66.	56.	53.	52.	48.	54.	66.	63.	66.	62.	55.	52.	26.5
12	62.	56.	54.	50.	48.	54.	64.	62.	68.	62.	52.	54.	32.1
13	56.	51.	48.	46.	45.	48.	61.	58.	59.	54.	49.	47.	22.5
14	56.	50.	48.	45.	44.	49.	59.	57.	62.	56.	48.	47.	15.5
15	56.	51.	49.	47.	45.	48.	59.	59.	60.	55.	51.	48.	19.6
16	57.	51.	50.	49.	45.	49.	60.	60.	62.	59.	49.	49.	28.1
平均	58.6	51.8	50.1	47.7	46.5	50.1	60.8	59.2	62.3	57.4	50.	49.5	25.3
標準偏差	3.5	2.7	2.4	2.5	2.5	2.8	2.6	2.9	3.3	3.4	2.5	3.1	6.7
個 数	16.	16.	16.	16.	16.	16.	16.	16.	16.	16.	16.	16.	16.
合 計	939.	830.	802.	764.	744.	802.	974.	948.	997.	919.	801.	792.	—

NOTE: MSR.DATE. #1~6:3/31, #7~12:4/1, #13~18:4/6, 1987. 振動方向はP21X, P21Yを除き他は全てZ方向

となっている。倍距離の減衰は、舗装面: 10.5dB, 更地面: 13.8dBとなり、両者間では明らかに減衰傾向が異なり、更地面の方が振動レベルの減衰が大きいものとなっている。参考として、図3に今回の測定における平均列車速度の回帰直線を図示した。

(2) 周波数特性

周波数分析結果を図4に示す。これは代表例で、舗装面及び更地面の15m点と30m点のデータである。いずれの測定点においても周波数の主成分は31.5Hzであるが、更地面15m点ではこの他に40Hz, 50Hzの成分も主なものとなっている。昭和62年度に筆者らが行った在来線高架構造の測定では、16Hz付近にも主成分があり、周波数特性に違いが認められる。特性の違いについては今後検討したい。

5 まとめ

舗装道路振動実験のデータをまとめたところ、次のことが判明した。

- (1) 最寄り地点(15m)の振動加速度レベル平均値は、次のとおりであった。ただし、平均列車速度は25.3km/h。

舗装面: 58.6dB, 更地面: 62.3dB

- (2) 舗装面と更地面とは、減衰傾向が異なり、更地面の減衰傾向の方が大きい。減衰の係数は次項に示す。

- (3) 多重線型回帰式を求めたところ次式であった。

舗装面: $ACC = 93.6 + 0.207V - 34.9 \text{Log}D$

更地面: $ACC = 110.3 + 0.232V - 45.9 \text{Log}D$

ただし、ACC: 振動加速度レベル, V: 列車速度(km/h), D: 線路からの距離(m)

以上のことから更地面の振動レベルを推定する場合、単に舗装面のレベルに数デシベル加算することは適当ではなく、それぞれ減衰傾向を算出する必要があることが判明した。今後は現在までに得られた在来線データを構造別等に整理分析し、回帰式を求める等検討を加えたい。

参考文献

- 1) 青木一郎: 在来鉄道振動の測定結果について(第1報), 東京都環境科学研究所年報1986.
- 2) 上原幸雄: 在来鉄道振動の高架構造における伝搬特性について, 東京都環境科学研究所年報1988.