

## IV-7 交通振動の軽減に資する舗装構造に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 12～平 14

担当チーム：舗装チーム

研究担当者：吉田 武、新田 弘之、  
梁 真二

### 【要旨】

本研究は、交通振動に軽減効果のある振動軽減型舗装の検討に必要となる、交通振動の予測手法の検討を行うものであり、構造チームと連携して実施したものである。舗装チームでは、舗装構造のモデル化による交通振動の予測手法について検討した。その結果、車両走行による振動は、打撃による振動と表面性状の関係から整理でき、打撃により加振した場合の振動レベルと路面平坦性（あるいは国際ラフネス指数）を用いることによって、交通振動レベルを簡易的に予測することができることが分かった。

キーワード：交通振動、振動軽減型舗装、振動レベル、平坦性、振動予測

### 1. はじめに

沿道環境の改善のために道路交通振動対策が必要となる場合があるが、路床改良や地中防振壁など大規模工事を伴う技術しかなく、実際の対策としては採用が困難な場合が多い。振動軽減型舗装の技術開発が求められているが、現在行われる評価方法としては試験舗装による大規模実験が必要となる。そのため開発は効率的に行われていない。

本課題は、舗装の振動軽減効果の予測手法の開発を目標として行った。

### 2. 研究方法

#### 2.1 検討に用いた振動軽減型舗装

本研究で検討に用いた振動軽減型舗装の構造を図-1に示す。この他、通常の密粒度舗装も実施している。各舗装の概要については以下の通りである。

##### a) 振動軽減型舗装A(type1)

表層に碎石マスチック混合物（SMA）、基層に排水性混合物を施工し、表基層間に振動抑制シートを敷設したタイプ

##### b) 振動軽減型舗装A(type2)

表層に排水性混合物、基層に SMA を施工し、表基層間に振動抑制シートを敷設したタイプ

##### c) 振動軽減型舗装B

多孔質弾性舗装と重量混合物（比重が通常のおよそ2倍）を併用したタイプ

##### d) 振動軽減型舗装C

PC版と制振ゴム材を併用したタイプ

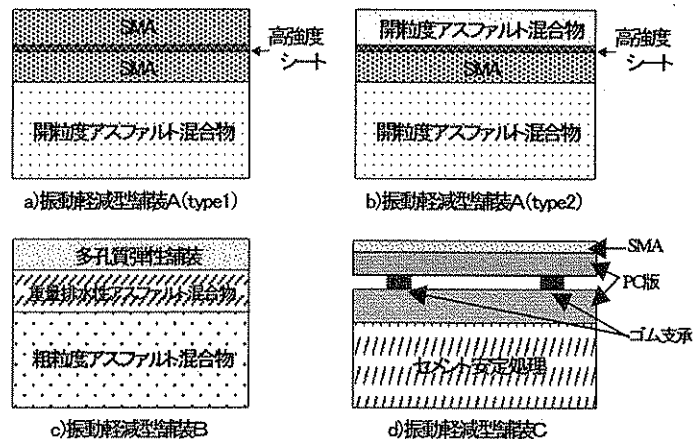


図-1 振動軽減型舗装の構造

#### 2.2 振動測定

振動測定は各試験工区中央で、図-2に示す測定位置に振動ピックアップを設置・測定した。振動源は大型車を実際に走行させた場合と、FWDを用いた場合の計2種類とした。大型車として荷重車を用い、後軸重を58.8kNと117.6kNの2種類とした。なお大型車の走行速度は全て50km/hとした。FWDを用いたものは大型車走行中心位置に衝撃荷重49kNを与え、

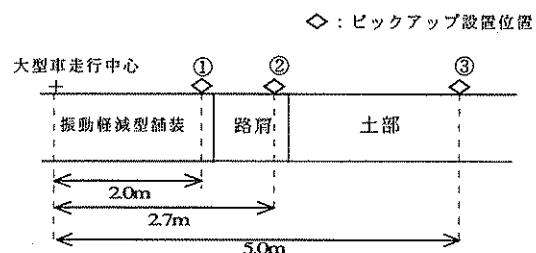


図-2 振動測定位置

表-1 路面性状結果

路面性状		FWD た わみ量 ( $\mu\text{m}$ )	路面・平坦性 (3mプロファイル)		路面平坦性 (慣性プロファイル)		すべり 抵抗値 (BPN)	すべり抵抗値 (DFT)		わだち 掘れ量 (mm)	表面形状 (MTM)	
			IWP	OWP	OWP	BWP		OWP	BWP		OWP	BWP
舗装 A(type1)	施工直後	564	2.93	2.59	2.56	2.64	65	0.503	0.487	-	0.18	0.16
	促進載荷後	527	3.28	2.86	2.89	2.58	65	0.593	0.607	2.1	0.19	0.18
舗装 A(type2)	施工直後	1201	1.24	1.54	1.89	1.92	60	0.398	0.380	2.3	0.72	0.71
	促進載荷後	1057	1.53	2.79	3.26	1.95	67	0.548	0.520	7.5	0.68	0.69
舗装 B	施工直後	1683	1.46	0.92	2.23	2.00	82	0.535	0.682	1.7	0.42	0.46
	促進載荷後	1798	1.44	1.26	2.94	2.67	57	0.248	0.338	3.3	0.41	0.38
舗装 C	施工直後	1148	1.95	1.74	2.04	2.10	72	0.258	0.245	-	0.80	0.67
	促進載荷後	1367	1.84	1.94	2.50	2.05	69	0.625	0.403	1.4	0.73	0.65
密粒度 舗装	施工直後	555	1.96	2.37	2.44	2.54	71	0.502	0.547	2.0	0.20	0.25
	促進載荷後	599	2.69	2.81	2.53	3.42	67	0.542	0.600	7.5	0.18	0.22

与えた際に発生した振動を各測定点毎に測定した。また測定する振動は振動レベルと振動加速度レベルとした。

### 2.3 振動予測手法に関する検討

効率的に振動軽減型舗装の開発・評価を行うために、小規模実験で可能な振動予測方法について検討した。各種舗装の振動測定結果を用いて、振動予測に必要な舗装体の振動特性の把握、簡易な振動レベル予測法に関する検討を行った。

## 3. 研究結果

### 3.1 振動軽減型舗装の載荷試験結果

試験施工した振動軽減型舗装および密粒度舗装について、良好な状態（施工直後）での振動特性を計測するだけでなく、ある程度劣化した状態での特性も見ると同時に促進載荷試験を行った。路面性状調査結果を表-1に示す。

表-1よりそれぞれの舗装の状況は次の通りであった。振動軽減型舗装 A(type1)は、施工直後の路面平坦性の値が大きいものの、促進載荷試験後の値が微増であり、平坦性保持能力が高かった。振動軽減型舗装 A(type2)は、施工直後の路面平坦性の値やすべり抵抗値が良いが、促進載荷試験後の路面平坦性の値(OWP)が悪化した。振動軽減型舗装 Bは、路面平坦性やわだち掘れ量などについては良好な結果が得られたものの、促進載荷試験後のすべり抵抗値(DFT)が低かった。振動軽減型舗装 Cは、すべり抵抗値が良いものの、促進載荷試験後の路面平坦性の値があまり良くないことがわかった。

### 3.2 振動測定結果

振動軽減型舗装を用いて、荷重条件として荷重車およびFWDを用いて振動測定を行った。測定結果の一例として、促進載荷試験前の結果を図-3~5に示す。この様に、今回用いた振動軽減型舗装は振動

軽減の程度や傾向が異なるものであった。以降、促進載荷後の結果も含めて、振動軽減効果の予測について検討を行った。

### 3.3 加振源別における相関関係

FWD 加振時の振動レベル(振動加速度レベル)と、実走行を想定した荷重車加振時の振動レベル(振動加速度レベル)の2つの振動レベル(振動加速度レベル)の関係について検討した。図-6, 7にFWD加振時の振動レベルと荷重車加振時の振動レベルの関係、図-8, 9にFWD加振時の振動加速度レベル

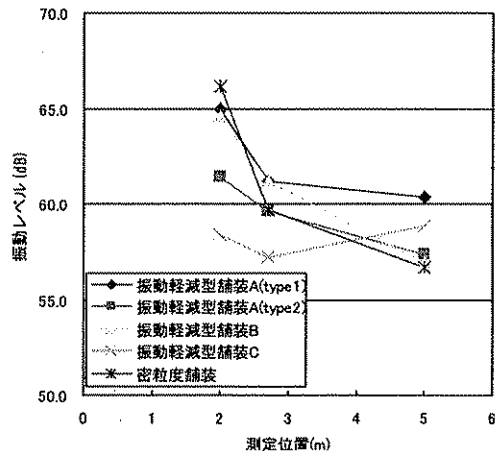


図-3 振動測定結果 (荷重条件: 117.6kN)

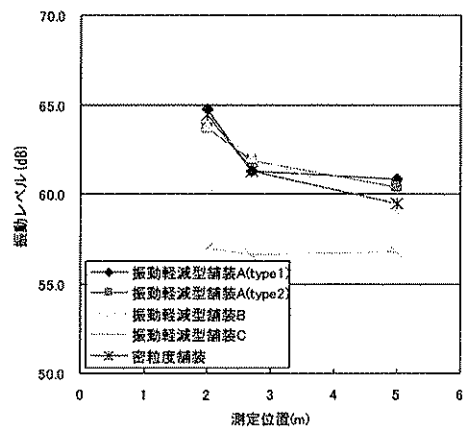


図-4 振動測定結果 (荷重条件: 58.8kN)

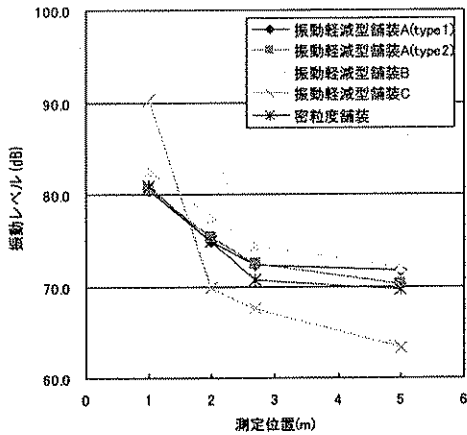


図-5 振動測定結果 (荷重条件: FWD)

と荷重車加振時の振動加速度レベルの関係をそれぞれ示した。なおデータは促進載荷試験の前後両方を含んでいる。

図-6, 7から、測定点①の場合、相関係数は後軸重 117.6kN の場合  $R^2=0.619$ 、後軸重 58.8kN の場で  $R^2=0.662$  となった。これに対し、測定点②の場合、相関係数は後軸重 117.6kN の場で  $R^2=0.478$ 、後軸重 58.8kN の場合  $R^2=0.536$  となった。

また、図-8, 9から、測定点①の場合、相関係数は後軸重 117.6kN の場合  $R^2=0.707$ 、後軸重 58.8kN の場合  $R^2=0.785$  となった。これに対し、測定点②の場合、相関係数は後軸重 117.6kN の場合  $R^2=0.519$ 、後軸重 58.8kN の場合  $R^2=0.660$  となった。

以上のことから、測定点①と②において、荷重車加振時の振動レベル(振動加速度レベル)は FWD 加振時のレベル値との相関がある程度あることが分かった。なお、測定点①の方が相関係数が良くなっているが、これは振動測定位置が振動発生地点に近い方ほど周りの影響を受けにくいいため、精度が良くなったと考えられた。

### 3.4 路面性状値と振動レベルの相関関係

交通振動の予測をするために、路面性状との相関について検討を行った。3.3の検討のように、FWD の打撃加振による振動レベルと車両走行の振動レベルには相関関係が認められるので、まずこれを一変数とした。また、これまでの調査や文献による調査の結果、振動発生には路面性状の中で路面平坦性が特に関係が深いと考えられたので、これをもう一つの変数として用いて重回帰分析を行った<sup>1)</sup>。

表-2, 3に独立変数として FWD 加振時の振動レベル VL(振動加速度レベル: VAL)と路面平坦性 (3m プロフィールメータ使用時の  $\sigma$  及び国際ラフネス

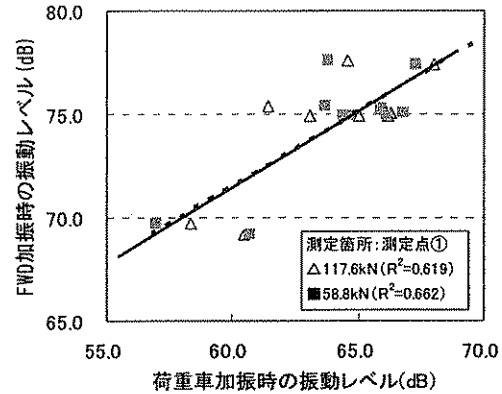


図-6 振動レベル相関関係 (測定点①)

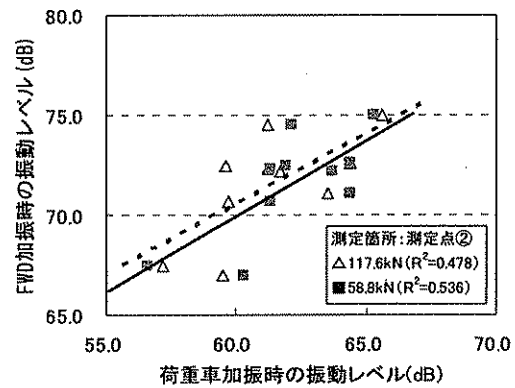


図-7 振動レベル相関関係 (測定点②)

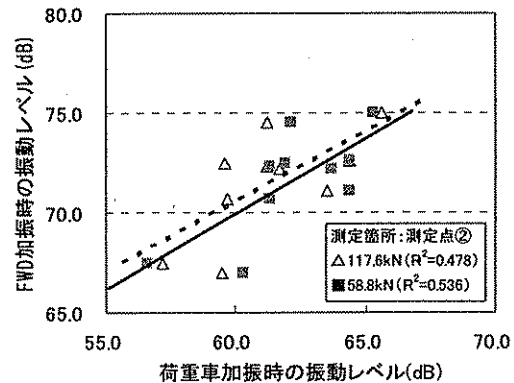


図-8 振動加速度レベル相関関係 (測定点①)

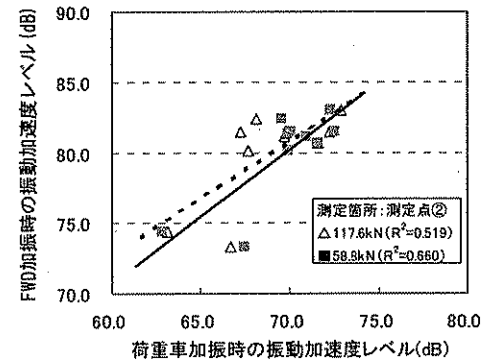


図-9 振動加速度レベル相関関係 (測定点②)

指数 IRI)を設定した場合の相関係数一覧を示す。また図-10, 11に X 軸に路面平坦性 $\sigma$ 、Y 軸に FWD 利用時の振動レベル(振動加速度レベル)、Z 軸に荷重車利用時の振動レベル(振動加速度レベル)にしたもので、一番相関が高かった例を示す。表-2, 3より、路面平坦性 $\sigma$ と IRI では若干異なる傾向だが、荷重車走行時の振動レベル(振動加速度レベル)と多少の相関関係があると判断され、特に IRI の方がより良い相関を示すことが確認された<sup>2)</sup>。

また表-2, 3より、2.0m地点における荷重条件 58.8kN、独立変数が FWD 加振時の振動レベル(振動加速度レベル)の場合、それぞれ相関係数が一番高かった。これら相関係数が最も高かった時の相関関係式を以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{[大型車加振時 VL]} &= 0.833 \times [\text{FWD 時 VL}] + 2.695 \times [\text{IRI}] - 5.490 \\ \text{[大型車加振時 VAL]} &= 0.705 \times [\text{FWD 時 VAL}] + 2.592 \times [\text{IRI}] + 5.677 \end{aligned}$$

表-2 相関係数一覧(振動レベル)

		独立変数		
		VL <sub>FWD</sub> , IRI	VL <sub>FWD</sub> , $\sigma_{3m}$	
荷重条件	117.6kN	2.0m	0.652	0.601
		2.7m	0.599	0.588
58.8kN		2.0m	0.739	0.651
		2.7m	0.739	0.587

表-3 相関係数一覧(振動加速度レベル)

		独立変数		
		VAL <sub>FWD</sub> , IRI	VAL <sub>FWD</sub> , $\sigma_{3m}$	
荷重条件	117.6kN	2.0m	0.686	0.615
		2.7m	0.573	0.487
58.8kN		2.0m	0.767	0.636
		2.7m	0.677	0.494

#### 4. まとめ

本研究では、舗装構造もしくは路面性状を考慮した振動軽減型舗装の評価方法の確立、および舗装の振動軽減効果予測手法について検討を行った。その結果、以下のようなことがわかった。

- 1) 荷重車走行時の振動レベル(振動加速度レベル)と加振源として FWD を用いた際の振動レベル(振動加速度レベル)の相関が高いことがわかった。
- 2) 路面平坦性 $\sigma$ もしくは IRI 値が荷重車走行時の振動レベル(振動加速度レベル)との相関が高いことがわかった。

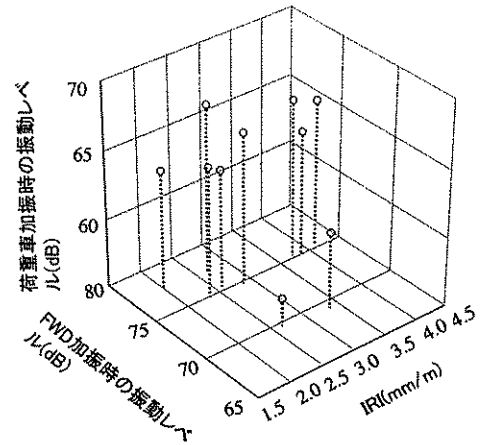


図-10 振動と路面性状との相関関係(振動レベル)

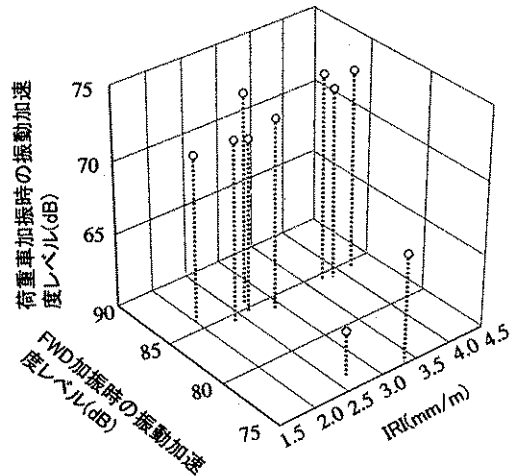


図-11 振動と路面性状との相関関係(振動加速度レベル)

3) 定量的データとして得られる FWD を加振源にした振動レベルと路面性状値を用いることで、荷重車走行時に発生する振動レベルが簡易的に予測することができた。以下に振動予測式を示す。

$$\begin{aligned} \text{[大型車加振時 VL]} &= 0.833 \times [\text{FWD 時 VL}] + 2.695 \times [\text{IRI}] - 5.490 \\ \text{[大型車加振時 VAL]} &= 0.705 \times [\text{FWD 時 VAL}] + 2.592 \times [\text{IRI}] + 5.677 \end{aligned}$$

#### 参考文献

- 1) 梁、新田、吉田：舗装の振動評価に関する一考察、第24回日本道路会議一般論文集(C)、pp.394-395, 2001.10
- 2) 梁、新田、吉田：交通振動予測法に関する一検討、第30回土木学会関東支部技術研究発表会概要講演集、2003.3