

振動軽減型舗装の振動予測に関する検討

新田弘之¹・伊藤正秀²・村越潤³・新井恵一⁴

¹正会員 工修 独立行政法人土木研究所 基礎道路技術研究グループ 主任研究員
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6) E-mail:hnitto@pwri.go.jp

²正会員 独立行政法人土木研究所 基礎道路技術研究グループ 上席研究員
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6) E-mail:m-ito@pwri.go.jp

³正会員 工修 独立行政法人土木研究所 構造物研究グループ 上席研究員
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6) E-mail:murakosi@pwri.go.jp

⁴正会員 工修 独立行政法人土木研究所 構造物研究グループ 主任研究員
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6) E-mail:k-arai@pwri.go.jp

本研究は、交通振動に軽減効果のある振動軽減型舗装の開発研究を行うに当たって必要となる、新しい舗装構造の交通振動の予測手法の検討を行ったものである。これまでに開発した4種類の振動軽減型舗装に対する振動実験を基に解析モデルを作成し、打撃加振実験における入力荷重を考慮した時刻歴応答解析を行った。また、路面性状を考慮した簡易的な交通振動予測式についても検討を行った。

その結果、加振位置からの距離と振動加速度レベルの関係について、実験値と解析値の傾向が概ね一致することを確認した。また、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。

Key Words : *Vibration reduction pavement, Traffic vibration, 3D-FEM, Road surface evenness, IRI*

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。そこで、振動軽減型舗装の技術開発が求められているが、交通振動の測定には、試験舗装による大規模実験が必要となり、開発を効率的に行うことができない。

本研究では、振動軽減型舗装の効率的な研究開発のために必要となる舗装構造のモデル化による交通振動の予測手法、及び比較的小規模の試験舗装からの交通振動の予測手法について検討を行ったので報告する。

舗装構造のモデル化による振動特性の予測では、既往の研究として、地盤の振動伝播解析の研究例が数多く見られる¹⁾が、舗装構造の効果に着目して振動伝播解析を行った事例はほとんどない。そこで、数値解析手法として3次元立体FEMモデルを用いた時刻歴応答解析を行い、振動軽減型舗装の振動実験結果との比較を通して、解析手法の評価を行った。

また、比較的小規模の試験舗装からの交通振動の

予測手法の検討では、小規模実験でも計測可能な測定値から交通振動を予測する手法について検討を行った。

振動の解析等に当たっては、土木研究所および民間5社で共同で開発した図-1に示す振動軽減型舗装²⁾³⁾および密粒度舗装における振動等の計測結果をもとに行なった。

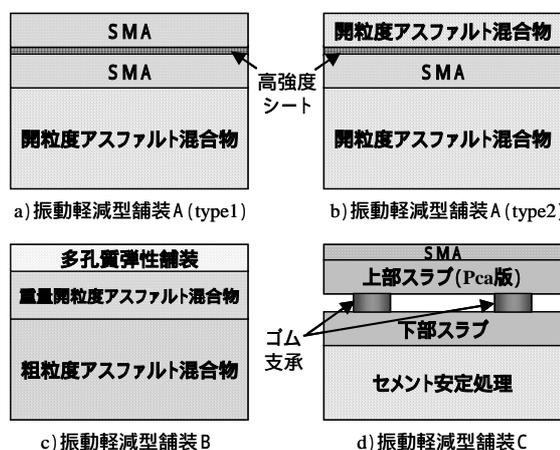


図 - 1 振動軽減型舗装の構造

2. 研究方法

◇ : ピックアップ設置位置

2.1 検討に用いた振動軽減型舗装

振動軽減型舗装(図-1)の概要を以下に示す。振動軽減型舗装に加えて、比較のため密粒度舗装(表層:密粒度混合物,基層:粗粒度混合物)も実施した。試験施工を行った舗装の材料・構造は、表-1の通りである。1工区は、36mとした。

a) 振動軽減型舗装 A (type1)

振動抑制シートにより振動発生の抑制,また開粒度混合物により振動伝播の抑制を期待したもの。表層に砕石マッシュク混合物(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)

振動抑制シートにより振動発生の抑制,また開粒度混合物により振動伝播の抑制を期待したもの。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

ゴム弾性(多孔質弾性舗装)により振動吸収,重量混合物により振動発生の抑制を期待したもの。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

路面と地盤の間に制振ゴムを配置し,振動吸収を期待したもの。PC版と制振ゴム材を併用したタイプ。

2.2 振動測定

振動測定は各試験工区中央で,図-2に示す~の測定位置に振動ピックアップを設置し,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,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

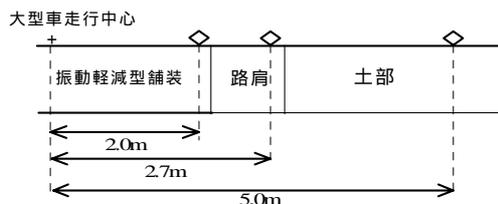


図-2 振動測定位置

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

(1) 舗装構造のモデル化による振動予測

舗装構造のモデル化による振動予測手法の検討に当たっては,数値解析手法として3次元立体FEMモデルを用いた時刻歴応答解析を行い,振動軽減型舗装の振動実験結果との比較を通して,解析手法の評価を行った。

(2) 小規模実験による交通振動予測

小規模実験で可能な振動予測方法の検討に当たっては,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 試験舗装の性状

(1) 路面性状

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ために促進載荷試験を行った。路面性状調査結果を表-2に示す。

試験舗装の性状は次の通りであった。振動軽減型舗装 A(type1)は,路面性状では,密粒度舗装と比べて大きな違いはなかった。振動軽減型舗装 A(type2)は,施工直後は特に密粒度舗装との違いはないが,促進載荷試験後の路面平坦性の値(OWP)が若干悪化した。振動軽減型舗装 Bは,路面平坦性やわずらわし掘れ量などについては良好な結果が得られたも

表-1 試験舗装の材料・構造

| | | 振動軽減型舗装 A (type1) | 振動軽減型舗装 A (type2) | 振動軽減型舗装 B | 振動軽減型舗装 C | 密粒度舗装 |
|----------|-----|--|--|---|---|------------------------------|
| 表層 付近 | 第一層 | SMA (13mmTop) t=4cm | 開粒度アスファルト混合物 (13mmTop,空隙率 20%) t=5cm | 多孔質弾性舗装(コルクチップ, 空隙率 35%) t=2cm | SMA (13mmTop) t=3cm | 密粒度混合物 (13mmTop) t=7cm |
| | 第二層 | ガラスグリッド | ガラスグリッド | 重量開粒度アスファルト混合物 (13mmTop,空隙率 20%,かさ密度 3.435) t=4cm | PC版(高強度 RC プレキャスト版) t=20cm | |
| 基層付近 | | SMA (5mmTop) t=2.5cm 開粒度アスファルト混合物 (20mmTop,空隙率 20%) t=7.5cm | SMA (5mmTop) t=2.5cm 開粒度アスファルト混合物 (20mmTop,空隙率 20%) t=6.5cm | 粗粒度アスファルト混合物 (20mmTop) t=6cm | ゴム支承(φ=300mm, バネ定数 2000kN/m) t=10cm | 粗粒度混合物 (20mmTop) t=7cm |
| 上層路盤 | | 粒度調整砕石 (M-30) t=16cm | 粒度調整砕石 (M-30) t=16cm | 粒度調整砕石 (M-30) t=16cm | 下部スラブ(現場打ち RC スラブ) t=20cm | 粒度調整砕石 (M-30) t=16cm |
| 下層路盤 | | クラッシュラン (C-40) t=40cm | クラッシュラン (C-40) t=40cm | クラッシュラン (C-40) t=40cm | セメント安定処理路盤 t=30cm | クラッシュラン (C-40) t=40cm |

表 - 2 路面性状結果

| 路面性状 | | FWD たわみ量 (μm) | 路面・平たん性 (3m ² ロイルメータ) | | 路面平たん性 (慣性 ² ロイルメータ) | | 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 | 1.96 | 1.28 | 2.35 | 2.34 | 65 | 0.503 | 0.487 | - | 0.18 | 0.16 |
| | 促進載荷後 | 527 | 2.29 | 2.17 | 2.84 | 2.96 | 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 |

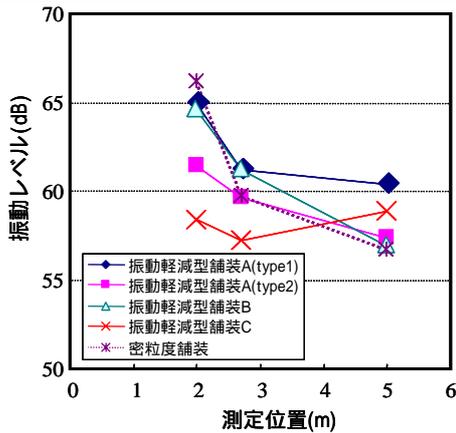


図 - 3 振動測定結果 (荷重条件: 117.6kN)

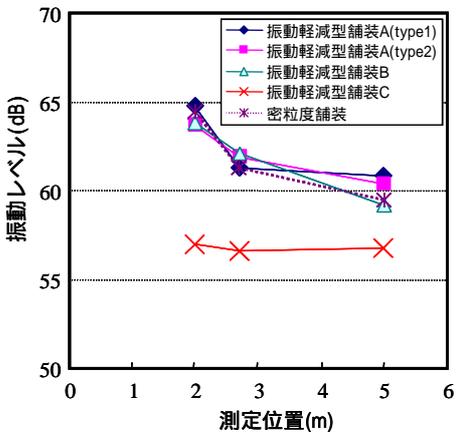


図 - 4 振動測定結果 (荷重条件: 58.8kN)

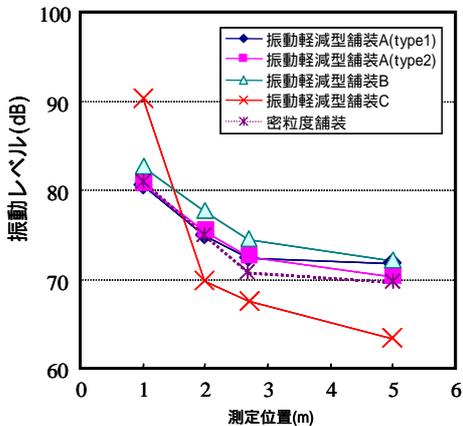


図 - 5 振動測定結果 (荷重条件: FWD)

の、促進載荷試験後のすべり抵抗値(DFT)が低くなった。振動軽減型舗装Cは、施工直後のすべり抵抗値があまり良くなかったものの、車両の走行により、問題ないレベルになった。

(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。ここでは、人の振動感覚特性に基づく周波数補正をかけた振動レベルを示す。図-3,4のように荷重を走行させて振動を測定した場合、5m付近で振動が大きくなる例も観測されている。これは、もともと5m付近では振動のピークが出にくい傾向があり、今回のような試験工区が短く、走行車両がおおよそ2.6秒(測定部付近までは1.3秒)で通過してしまうような場合、工区境で発生した大きな振動に工区の中で発生する振動が影響を受ける場合があるためと考えられる。従って、今回の試験条件では、走行による振動は路面に比較的近い部分でしか評価できない可能性が考えられた。

促進載荷試験前の性状では、振動低減型舗装A(type1)およびBは、比較工区の差があまり見られなかった。振動軽減型舗装A(type2)では多少の振動低減効果が、また振動軽減型舗装Cでは、大幅な振動軽減効果がみられた。図-5のようにFWDの打撃による加振実験では、振動軽減型舗装Bの振動軽減効果はみられず、A(type1)、A(type2)も振動軽減効果はわずかであった。振動軽減型舗装Cでは、路面上である1mの振動が大きくなっているが、2m以遠では振動が急激に低下しており、ゴム支承の効果によって、振動が大幅に軽減されていることが分かる。

3.2 舗装構造のモデル化による振動予測

3.2.1 3D-FEM 解析

(1) 解析方法

本検討では、点加振入力可能な有限要素動的応答プログラム(Strand7)を使用し、舗装-地盤系の3次元モデルにより応答解析を行った。解析は、3次元解析モデルの作成(2次元固有値解析による

境界条件の設定), 3次元固有値解析によるモード等価減衰定数の算出, 卓越モードの抽出, モード解析法による3次元線形時刻歴応答解析, の手順で行った.

等価減衰定数の算出に当たっては, 各要素の等価減衰定数には地盤の振動伝播解析において多く用いられている 0.05 を用いた. 時刻歴応答解析で考慮するモード次数は, 寄与率が最も高いモード(表-3参照)及びその周辺で寄与率が高いモードとした. ただし, PC版を用いた舗装については, 地盤部と舗装部の固有周期が大きく異なることから, 地盤部の卓越モードに加えて, 舗装部の卓越モード周辺も考慮した.

(2)解析条件

1)対象とした舗装-地盤系

図-6に舗装-地盤系の解析モデルを示す. 解析モデルは, 道路軸方向の舗装を中心に対称1/2モデル

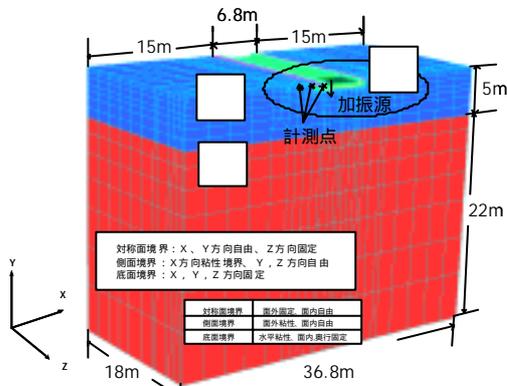


図-6 3次元FEM解析モデル

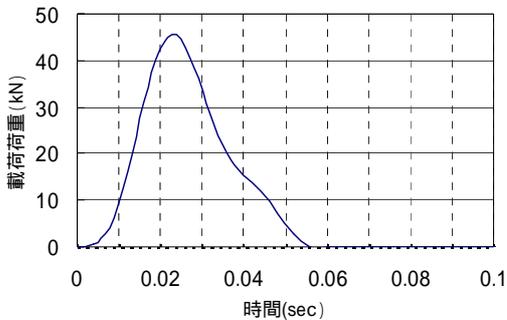


図-7 FWDによる入力荷重の時刻歴波形

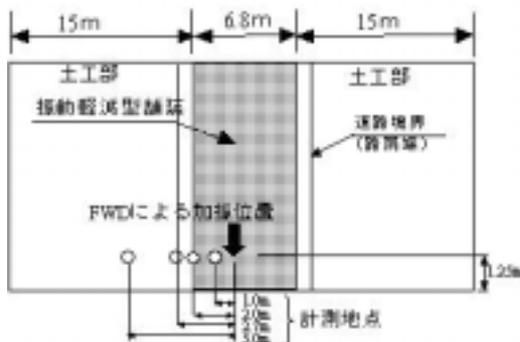


図-8 舗装部分平面図(図-6円内の拡大)

表-3 各モデルの最も寄与率の高い振動モード

| 舗装の種類 | 固有周波数 (Hz) | 固有円振動数 (rad/s) | 等価減衰定数 (hi) | 寄与率 (%) |
|-------------------|------------|----------------|-------------|---------|
| 振動軽減型舗装 A (type1) | 5.52 | 34.7 | 0.045 | 40.5 |
| 振動軽減型舗装 B | 5.48 | 34.5 | 0.046 | 39.4 |
| 振動軽減型舗装 C | 3.94 | 24.8 | 0.044 | 70.6 |
| 密粒度舗装 | 5.51 | 34.6 | 0.045 | 39.2 |

* 振動軽減型舗装 C での PC 版の固有周波数は 9.32Hz

表-4 解析に用いた主な物性値

| 舗装の種類 | 弾性係数 (KN/m ²) | 密度 (t/m ³) | ポアソン比 | |
|-------------------|---------------------------|------------------------|-------|------|
| 振動軽減型舗装 A (type1) | SMA | 5.13*10 ⁶ | 2.375 | 0.35 |
| | 開粒度 | 1.32*10 ⁶ | 1.996 | 0.35 |
| 振動軽減型舗装 B | 多孔質弾性 | 1.60*10 ⁵ | 0.862 | 0.35 |
| | 重量開粒度 | 1.90*10 ⁶ | 3.45 | 0.35 |
| 振動軽減型舗装 C | SMA | 5.10*10 ⁶ | 2.386 | 0.35 |
| | 上部スラブ | 3.90*10 ⁷ | 2.500 | 0.17 |
| | ゴム支承 | 3.30*10 ⁵ | 1.500 | 0.48 |
| 密粒度舗装 | 下部スラブ | 3.50*10 ⁷ | 2.500 | 0.17 |
| | 密粒度 | 6.00*10 ⁶ | 2.364 | 0.3 |
| | 粗粒度 | 6.00*10 ⁶ | 2.395 | 0.3 |

ルとした. 着目する 3~12Hz 程度の振動特性が表現できるように, 既存の解析事例と事前実施した 2次元時刻歴応答解析結果を参考に, 道路軸直角方向 40m 程度, 道路軸方向 18m, 深さ方向 30m 程度に設定した. 図中の の部分(幅 6.8m の舗装部)には各舗装モデルが組み込まれる. また, 地盤は試験施工・振動実験を行った土木研究所内の実験場付近柱状図⁴⁾を参考にモデル化した. 図中(深さ 5m までの層)の部分がローム層 (Vs=120m/s, 密度 1.4t/m³, ポアソン比 0.45), (深さ 5m 以深の層)の部分が洪積砂質土層 (Vs=250m/s, 密度 1.8t/m³, ポアソン比 0.45)である.

境界条件は図-6中に示しているが, 粘性境界については, 2次元固有値解析の結果を基に地盤の卓越周期に対し, 理論解と等価な解が得られるようにバネ定数と減衰定数の設定を行った. 地盤部分の要素分割は, 波長の 1/10 (ローム層のせん断弾性波速度 Vs=120m/s 及び上限振動数 12Hz より計算: 1m)を目安とし, 計測地点周辺では 30~50cm 程度として舗装モデルとすりつけ, 加振点から離れるに従い順次大きくした.

2)舗装のモデル化

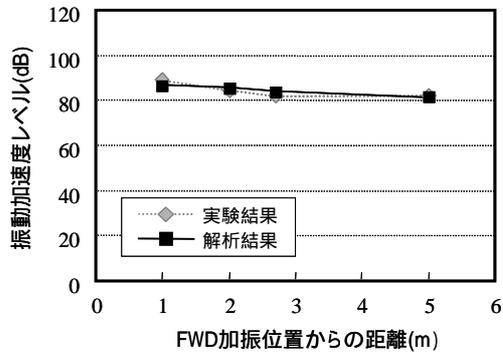
振動軽減型舗装 A, B 及び密粒度舗装については, ソリッド要素でモデル化した. 振動軽減型舗装 C については, モデルの簡略化を図るために, 舗装全体をソリッド要素でモデル化した場合との精度比較を行った上で, アスファルト舗装と PC 版をシェル要素に置き換え, ゴム支承をソリッド要素とした. 舗装体の要素分割数については, 事前に 2次元 FEM 解析により要素分割数が振動加速度レベルに与える影響の感度分析を行い, 最大辺の長さを 20cm 程度

とした。

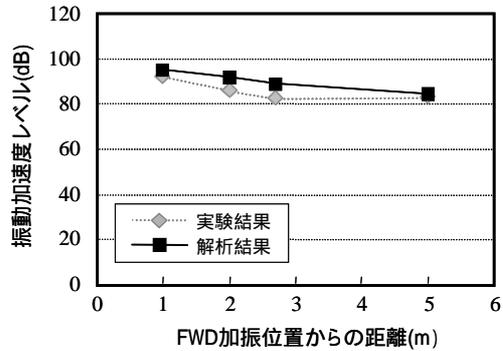
物性値としては、各舗装の弾性係数、密度、ポアソン比を用いた。なお、ここで用いた材料物性値（表 - 4）は舗装材料の供試体レベルの試験値を用いており、実際に試験施工されたものとは若干異なる。

3) FWD による入力波形

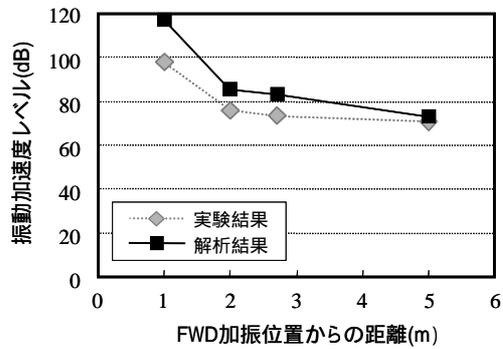
今回の FWD による加振実験では、入力荷重として



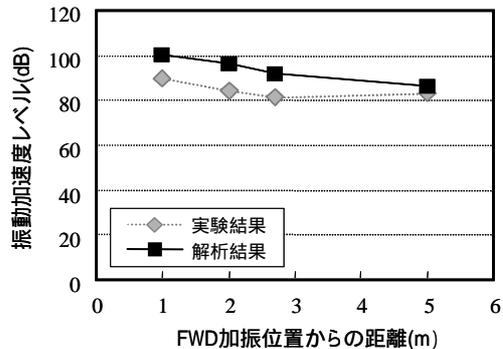
(a) 振動軽減型舗装 A (type1)



(b) 振動軽減型舗装 B



(c) 振動軽減型舗装 C



(d) 密粒度舗装

図 - 9 実験結果と解析結果の比較

最大応答値（45.7kN）以外は測定していないことから、既往の他の舗装体における FWD 実験結果により、最大応答値に至る時間を概略推定し、図 - 7 に示す時刻歴応答波形を用いることとした。

(3) 解析結果の評価

解析に当たっては、人の感覚補正を行わない振動加速度レベルについて行った。解析結果については、図 - 8 に示す実験時の計測地点（FWD 加振位置から 1m, 2.0m, 2.7m, 5m の位置の地表面）と同じ位置における振動加速度レベルの最大値（鉛直方向）を整理し、振動実験結果（4 回の測定の平均値）と比較した。なお、2.7m 地点は道路境界（路肩端）と一致する。

3.2.2 解析結果

(1) 各舗装における実験値と解析値の比較

図 - 9 に、各振動軽減型舗装及び密粒度舗装の実験結果と解析結果について、加振位置からの距離と振動加速度レベルの関係を示す。

1) 振動軽減型舗装 A (type1)

加振位置から道路境界の 2.7m 地点では、実験値で 82dB、解析値で 84dB を示し、他の位置においても、実験値と解析値はほぼ一致した。実験値と解析値の差は、最大 3dB (2.7m 地点) であった。

2) 振動軽減型舗装 B

加振位置から 2.7m 地点では、実験値で 82dB、解析値で 89dB を示し、ほぼ近い値を示した。実験値と解析値の差は、最大 6.8dB (2.7m 地点) であった。

3) 振動軽減型舗装 C

加振位置から 2.7m 地点では、実験値で 74dB、解析値で 83dB を示し、舗装 A, B と比較して両者の差は大きい結果となった。実験値と解析値の差は、最大 19dB (1m 地点) であった。また、他の舗装と比較して実験値および解析値ともに、2m 地点の振動加速度レベルに対して、1m 地点の値が大きいのが、これは 1m 地点がゴム支承で支持した PC 版上にあり、他の舗装が舗装体と地盤が追従した挙動を示すのに対して、版単独としての振動が生じているためと考えられる。

4) 密粒度舗装

加振位置から 2.7m 地点では、実験値で 81dB、解析値で 92dB を示した。両者の絶対値は異なるが、1m 地点から 2.7m 地点の間の低減された値は、実験値で 9dB、解析値で 8dB であり、ほぼ一致している。

(2) 解析の妥当性

上記実験値と解析値の比較により、舗装によっては 10dB 以上の差が見られるが、両者の差としては解析モデルの仮定上の誤差（解析に用いた材料定数と実舗装の材料定数の違い、地盤のモデル化の仮定の影響等）の影響が考えられる。実舗装の値を用いるなど、さらに改善を図る必要があるが、振動軽減型舗装 C を除いては実験値との差が小さいことも踏まえれば、解析値は各舗装体の振動特性の傾向を概ね表現出来ているものと考えられる。

表 - 5 振動レベルにおける重回帰分析の結果

| | | | VL _{FWD} , IRI | | VL _{FWD} , 3m | |
|------|---------|------|-------------------------|-------|------------------------|-------|
| | | | R ² | P-値 | R ² | P-値 |
| 荷重条件 | 117.6kN | 2.0m | 0.780 | 0.010 | 0.724 | 0.021 |
| | | 2.7m | 0.842 | 0.004 | 0.658 | 0.040 |
| | | 5.0m | 0.579 | 0.075 | 0.150 | 0.600 |
| | 58.8kN | 2.0m | 0.822 | 0.006 | 0.819 | 0.006 |
| | | 2.7m | 0.778 | 0.010 | 0.779 | 0.059 |
| | | 5.0m | 0.664 | 0.038 | 0.450 | 0.170 |

網掛け部分は、P 値による判定で有意と認められない部分

表 - 6 振動加速度レベルにおける重回帰分析の結果

| | | | VAL _{FWD} , IRI | | VAL _{FWD} , 3m | |
|------|---------|------|--------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | | | R ² | P-値 | R ² | P-値 |
| 荷重条件 | 117.6kN | 2.0m | 0.876 | 0.002 | 0.764 | 0.013 |
| | | 2.7m | 0.847 | 0.004 | 0.629 | 0.051 |
| | | 5.0m | 0.667 | 0.038 | 0.211 | 0.490 |
| | 58.8kN | 2.0m | 0.872 | 0.002 | 0.840 | 0.004 |
| | | 2.7m | 0.824 | 0.005 | 0.745 | 0.017 |
| | | 5.0m | 0.669 | 0.036 | 0.474 | 0.150 |

網掛け部分は、P 値による判定で有意と認められない部分

3.3 小規模実験による交通振動予測

交通振動を小規模な試験施工から予測するために、試験施工で行った振動測定結果と路面性状などの諸性状との相関について検討を行った。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⁵⁾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。

表 - 5, 6 に独立変数として FWD 加振時の振動レベルおよび振動加速度レベルと路面平坦性(3m プロフィールメータ使用時の 及び国際ラフネス指数 IRI)を設定した場合の決定係数 R², P-値の一覧を示す。5 m では、有意ではないと判定される部分が増えている。また、3m を変数としたものでは判定が悪くなっている。P = 0.01 となるのは、比較的路端に近い部分となっている。

表 - 5, 6 より、2.0m 地点における荷重件 58.8kN, 独立変数が FWD 加振時の振動レベル VL(または振動加速度レベル VAL)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。

$$[大型車加振時 VL] = 0.729 \times [FWD 時 VL] + 3.017 \times [IRI] + 2.148$$

$$[大型車加振時 VAL] = 0.677 \times [FWD 時 VAL] + 3.626 \times [IRI] + 6.082$$

上式より求めた予測値と実際に測定した観測値を図 - 10, 11 に示す。やや測定点が少なく、特に振動加速度レベルでは、数値がやや両端に寄っている。このため、現時点では十分な信頼性があるとは言えない。これについては、今後データをさらに補充して信頼性の向上を図る必要がある。

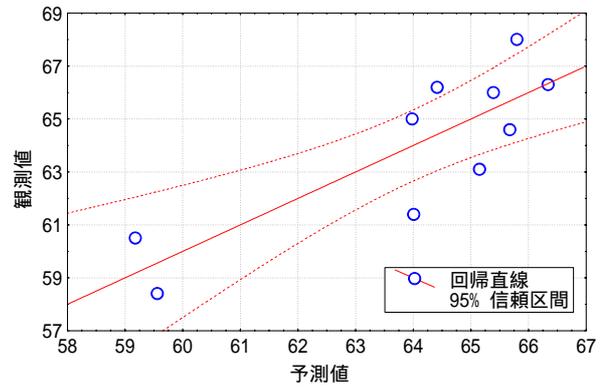


図 - 10 振動レベルの観測値と予測値

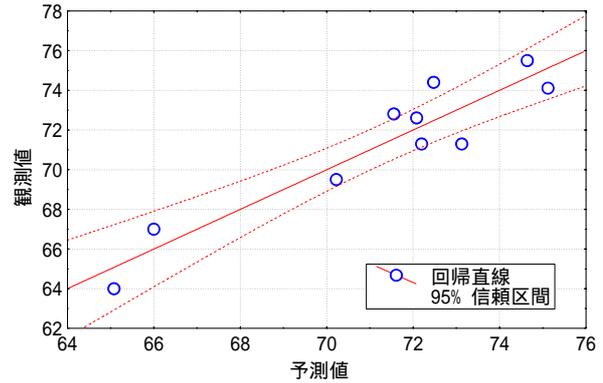


図 - 11 振動加速度レベルの観測値と予測値

3.4 新しい舗装構造の交通振動予測について

解析の精度や予測式の信頼性の向上など、まだ課題が多い状態であるが、これらが完成すれば、振動軽減型の新しい舗装を開発するに当たり、図 - 12 のフローのような検討ができるようになると思われる。3D-FEM 解析により、振動軽減に効果のある材料・構造を選定し、これにより選定した材料・構造での小規模での試験施工で振動特性の確認を行う。打撃試験の振動測定結果と目標の平坦性により、実施工の場合の車両走行時の振動を予測し、効果の高い振動軽減舗装の選択を行う。

現段階では、FEM 解析では、材料定数の入力値の検討や舗装モデルの仮定などで、今後さらなる改善が必要な状態である。しかし、現在のままでも、同じ構造で材料を変えた場合の振動特性の比較には利用できると考えられる。

また、打撃加振からの交通振動予測についても、実測との相関がまだあまり高くなく、現状ではデータの補充、独立変数の入力値などをさらに検討する必要がある。しかし、このような関係が十分信頼性のある形で示すことができれば、路面性状の影響の把握、交通振動を考慮した路面性状の目標の設定などに使用できると考えられる。

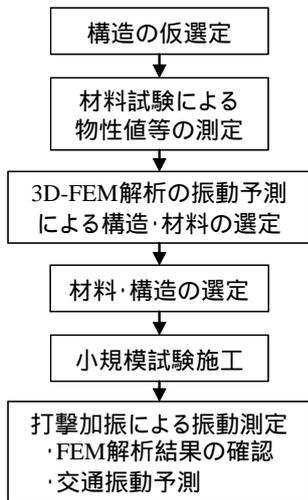


図 - 12 振動軽減型舗装の検討手順

4. まとめ

本研究では、舗装構造を考慮した振動伝播メカニズムの解析手法の検討を行った。また、小規模試験施工からの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。

舗装体の材料物性と地盤を考慮した3次元立体FEM解析モデルを用いた時刻歴応答解析による解析手法を示した。

FWDによる打撃加振実験結果に対して、実験値とFEM解析値の比較を行った結果、加振位置からの距離と振動加速度レベルに関して、両者の傾向が概ね一致することを確認した。

荷重車走行時の振動レベル（振動加速度レベル）は、路面平坦性（もしくはIRI値）およ

びFWDを用いた際の振動レベル（振動加速度レベル）と関係が深い。

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できる可能性が示された。今回の試験結果をもとに作成した2.0m地点での振動予測式を以下に示す。

[大型車加振時VL]=

$$0.729 \times [FWD \text{ 時 } VL] + 3.017 \times [IRI] + 2.148$$

[大型車加振時VAL]=

$$0.677 \times [FWD \text{ 時 } VAL] + 3.626 \times [IRI] + 6.082$$

FEM解析や振動予測式などを完成させることにより、振動軽減型舗装の開発がより効率的になると考えられた。

なお、今後の課題としては、以下のようなことが挙げられる。

データの補充

FEM解析へ入力する物性値

振動予測式での独立変数の選定

参考文献

- 1) 例えば、早川清，原文人他：鋼矢板振壁による地盤振動遮断メカニズム，地盤環境振動の評価・予測・対策に関するシンポジウム，pp.79～pp.84，2001.2
- 2) 梁，新田，吉田，大石，新井：交通振動の軽減に寄与する新しい舗装の開発，土木技術資料 Vol.44-12，2002.12
- 3) 土木研究所，日本道路，日本舗道，ガイアトクマガイ，ジオスター，日本エラストー：交通振動の軽減のための舗装技術の開発共同研究報告書，共同研究報告書，第290号，2003.2
- 4) 財団法人建築保全センター：筑波研究学園都市地盤図，1986
- 5) 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

VIBRATION PREDICTION of VIBRATION REDUCTION PAVEMENT

Hiroyuki NITTA, Masahide ITO, Jun MURAKOSHI and Keiichi ARAI

This study examines the prediction technique of a convenient traffic vibration of new pavement structure, when developing pavement which has the reduction effect in traffic vibration. The analysis model to four kinds of pavement was made, and the time history response which took input load into consideration about vibration by blow was analyzed. Moreover, the simple traffic vibration prediction formula in consideration of the road surface performance was also examined.

As the result, the tendency of an experiment value and an analysis value was in agreement in general in the vibration acceleration level. Moreover, the vibration from a vehicles run was able to be predicted in simple from the vibration from a blow, and road surface evenness.