

複合道路構造の道路交通振動の寄与率に関する一考察

Method Study for the Road-building Plans that considered Traffic Vibration

徳永法夫**・日野泰雄***・西村 昂****

By Norio TOKUNAGA**・Yasuo HINO***・Takashi NISHIMURA****

1. はじめに

現代社会におけるキーワードのひとつとして「マネジメント」という用語があげられる。マネジメントとは「合理的に管理・運営すること」であり、国土開発を担う土木においては、様々な制約条件の下で合理的な判断のもとに「国土マネジメント」を実施することが求められている。また、このような状況の中で、道路計画の策定や道路周辺の環境保全を実施するにあたって、より合理的な判断基準に基づき施策の実行が求められているといえる。

本研究では、道路周辺の環境保全のひとつとして、振動（道路交通振動）を取り上げる。都市内の道路は、大規模な平面道路を併設している高架道路である場合が多い。このような高架道路と平面道路の複合道路構造の場合、交通振動の発生源が高架道路であるのか、平面道路であるのかを判別することが困難となる¹⁻³⁾ため、振動に関する苦情が発生しても、合理的かつ適切な対応が図りにくいという現状がある。そこで、このような複合道路構造における交通振動の発生源や沿道の家屋に対する寄与率を明らかにする上での手始めとして、現状における交通振動の状況と交通条件の調査を行い、振動の発生源となる道路を客観的に特定する手法について検討を行った。

2. 振動発生源の特定方法

(1) 検討概要

検討を行った手法は、振動レベルのエネルギー平均値と各道路別交通条件との時刻変動の関連性に着目し、重回帰分析を用いた統計処理を行うものである。この手法では、各々の道路における交通条件の総運動エネルギーを説明変数とし、振動測定地点におけるエネルギー平均値を目的変数とする重回帰分析を利用している。

(2) 重回帰モデル

各道路別の寄与率の推計に用いる重回帰モデルを検討する。ただし、このモデルでは、各道路の振動源のエネルギーが測定点に与える寄与率算出を目的とすることから、地盤性状などのパラメータ⁴⁾は無視するものとした。

各道路で発生する振動源のエネルギーを算出するパラメータとしては、振動レベルの予測式⁴⁾の中で大きな影響を与える交通量・速度を対象とした。

振動エネルギーの算出式を式(1)に示す。式(1)における右辺は、各道路で発生する運動エネルギーを表している。

$$E = \sum_{i=1}^P E_i = \sum_{i=1}^P a_i (N_{i_1} + 13N_{i_2}) V_i^2 \quad (1)$$

E : 測定点位置での振動エネルギー

E_i : i 番目の道路からの振動エネルギー

a_i : i 番目の道路の偏回帰係数

V_i : i 番目の道路における平均走行速度

P : 分析対象とする道路数

N_{i_1} : i 番目の道路における小型車類の交通量

N_{i_2} : i 番目の道路における大型車類の交通量

* キーワード：環境計画，交通公害

** 正員，大阪メディアポート(株) (大阪市北区中之島6-2-40 中之島インテス6F，TEL:06-7501-0635，E-mail: no-tokunaga@po.omp.co.jp)

*** 正員，工博，大阪市立大学大学院工学研究科教授，(大阪市住吉区杉本3丁目138，TEL & FAX 06-6605-2731)

**** フェロー，工博，大阪市立大学工学部名誉教授，(大阪市住吉区杉本3丁目138，TEL & FAX 06-6605-2731)

(3) 振動の大きさの評価指標と道路別の振動エネルギー寄与率の算出方法

現行の振動規制法における規制値は、鉛直方向の時間率振動レベル $L_{1/3}$ (80%レンジの上端値) である。しかし、複数の振動源から発生した振動の合成値として測定点の振動の大きさを評価する場合、振動レベルのエネルギー平均値 (L_{eq}) を指標として採用するほうが妥当であると考えられる。そこで、式 (1) の振動エネルギーは、振動測定において求められるエネルギー平均値から算出するものとする。

また、上述した回帰モデルの偏回帰係数を求めることによって、各道路からの振動エネルギーを個別に算出することができる。この道路別の振動エネルギーの寄与率は、24 時間分のデータを加算して (2) 式で与えられる。

$$I_i = \sum_{j=1}^{24} E_{ij} / \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^{24} E_{ij} \quad (2)$$

I_i : i 番目の道路からの振動エネルギー寄与率
 j : j 番目の測定データ

3. 分析方法

高架道路と平面街路が併設された、同一路線沿道地域の計 5 箇所 (調査箇所: ~) を対象として検討を行った。

調査箇所の道路構造を表 - 1 に、代表的な調査箇所の断面図を図 - 1 に示す。また、表 - 2、図 - 2 ~ 図 - 3 は、この調査箇所の交通条件の一例である。高架道路の下り方向の総交通量は上り方向の総交通量に比べて約 2 割程度多く、平均走行速度には大きな差がある。

また、振動レベル (鉛直方向) の時刻変動パターン (調査箇所) を図 - 4 に示す。このように、高架道路と平面街路では、交通量の時刻変動パターンは類似しているが、走行速度の時刻変動パターンには相違が認められる。また、振動レベルの時刻変動パターンと交通量単独、走行速度単独の時刻変動パターンの関係は明確ではない。このように複合道路沿道における道路交通振動は、高架道路および平面

表 - 1 調査箇所の道路構造

調査箇所	高架道路	一般道路	備考
	上下線分離の単柱形式	平面構造	高架道路の下り側は、測定点よりかなり遠方
	T型単柱形式	平面構造	特になし
	T型単柱形式	高架一体型の上下線分離高架構造	一般道路の高架高さは約5m程度
	T型単柱形式	平面構造	平面道路にマンホールがある
	門柱形式	平面構造	特になし

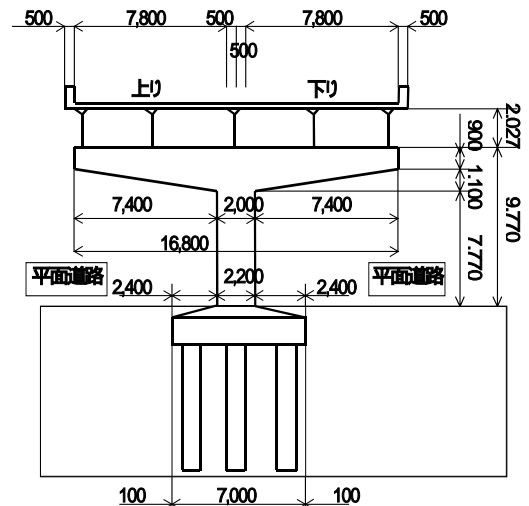


図 - 1 調査箇所の横断面図 (調査箇所)

表 - 2 道路別交通条件 (調査箇所)

道路区分	方向	日交通量 (台/日)	大型車類混入率 (%)	平均走行速度 (km/h)
高架道路	上り	40,000	20	48
	下り	49,000	20	80
平面道路	上り	43,000	17	47
	下り	39,000	15	53

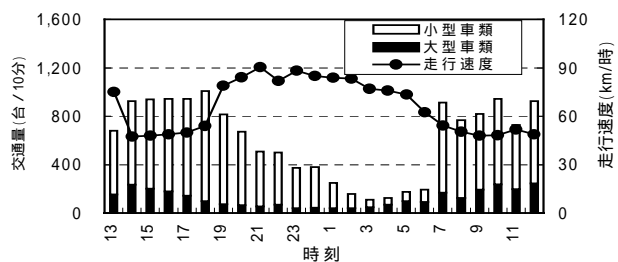


図 - 2 交通条件の時刻変動 (高架道路) (調査箇所)

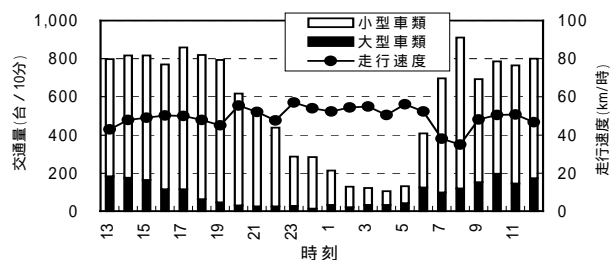


図 - 3 交通条件の時刻変動 (平面道路) (調査箇所)

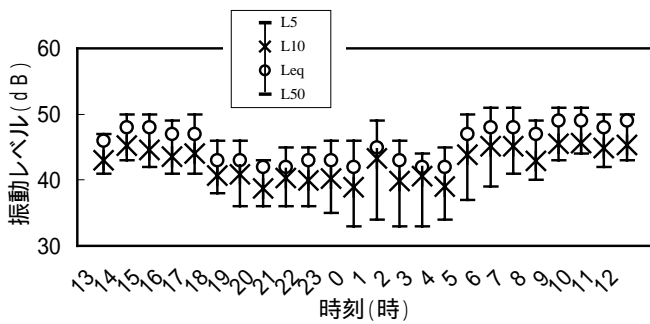


図 - 4 振動レベルの時刻変動 (調査箇所)

街路の両者の影響を受けていることがわかる。

4. 分析結果

(1) 振動エネルギーの重回帰分析結果

このような高架道路，平面街路沿道における5箇所の振動レベル（鉛直方向）のエネルギー平均値と交通条件の調査結果の重回帰分析⁵⁾を行った。なお，重回帰分析にあたっては，上記の4種類の変数をすべて用いる強制投入法ではなく，投入基準 $F=0.05$ ，除去基準 $F=0.10$ に設定した変数増減法 (stepwise method)^{6,7)} を用いた。分析結果のモデル集計結果を表 - 3 に示す。

表 - 3 モデル集計結果

調査箇所	調整済み重相関係数の自乗値	F 値変化量の有意確率	ダービン・ワトソン比	分散分析の有意確率
	0.965	0.006	0.594	0.000
	0.959	0.030	1.250	0.000
	0.943	0.009	1.447	0.000
	0.903	0.000	0.986	0.000
	0.838	0.019	0.941	0.000

(2) 非標準化偏回帰係数

前述の重回帰分析による，各説明変数の非標準化偏回帰係数を表 - 4 に示す。表 - 4 中の空欄は，前述した変数増減法により選定されなかった説明変数

表 - 4 非標準化偏回帰係数

調査箇所	高架道路		平面道路		測定点の位置
	上り線	下り線	上り線	下り線	
	2.58E-03			1.64E-02	上り
		6.81E-03		7.88E-03	下り
	2.98E-03		2.01E-02		上り
				9.13E-03	下り
	1.37E-03	1.70E-03			上り

であることを示している。調査箇所 ~ のうち，高架道路のみの変数が選定された箇所，および平面道路のみの変数が選定された箇所が各々1箇所であり，その他の3箇所は，高架道路と平面道路の複合的な影響を受けていると考えられる。

このようにすべての調査箇所では，使用した4種類の説明変数すべてがモデルに選定されていないが，これは前述したように複合道路における交通条件の時刻変動パターンの類似性によるものと考えられる。

(3) 推計モデルの評価分析

求められた非標準化偏回帰係数を用いて，各道路の寄与率算出の基準となる振動レベルのエネルギー平均値を算出できる。

振動レベルのエネルギー平均値は，各説明変数（交通量，走行速度）に表 - 4 の偏回帰係数を乗算し，次式により各道路および全体の振動レベルのエネルギー平均値を算出したものである（式 (3), (4) 参照）。

$$L_{eq_i} = 10 \log_{10} E_i \quad (3)$$

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^n E_i \quad (4)$$

L_{eq_i} : 各道路の振動レベルのエネルギー平均値

L_{eq} : 全体の振動レベルのエネルギー平均値

(4) 道路構造別の振動エネルギー寄与率

式 (3), (4) から求めた道路構造別の振動レベルのエネルギー平均値を式 (2) に代入して，各道路別に振動エネルギーの寄与率を算出した。その算出結果を図化したものを図 - 5 に示す。

図 - 5 から，調査箇所 ， ， では高架道路の寄与率が高く，調査箇所 ， では平面道路の寄与率が高いことがわかる。ここで，たとえば調査箇所 では，測定点側の平面道路の影響が卓越しているが，この平面道路の下り側にマンホールが存在するため，マンホール上を車両が走行する際の振動の影響が顕著に現れているものと考えられる。

このようにほぼ同一形式構造の都市内高架道路の同一路線内においても，一般道路の併設形態や路面状況により，その振動エネルギーの寄与率に相違

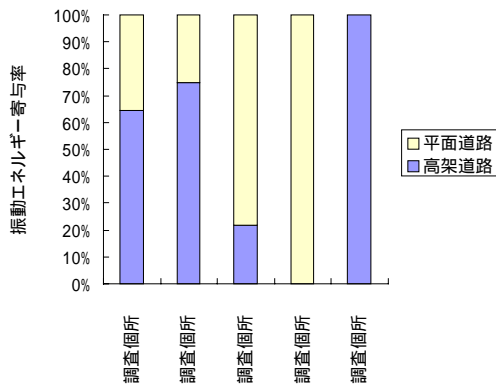


図 - 5 高架道路，平面道路別の振動エネルギー寄与率

があることがわかる。したがって、的確・迅速な振動対策を行うには、このような道路維持管轄別の振動エネルギー寄与率の考え方が必要になるものと考えられる。

(5) 実測値と推計値の分布と推計精度

振動レベルのエネルギー平均値の実測値と推計モデルによる推計値との分布を検討した 図 - 6 は、全調査箇所の実測値と推計値の分布を表したものである。これによると、振動エネルギーが大きいほど実測値と推計値の乖離は小さくなるのがわかる。振動レベルは、大きな振動レベルの領域が苦情の対象となることから、このエネルギー平均値の小さな領域における実測値と推計値の乖離は問題とならないと考える。

5 まとめ

設計分野において性能規定型設計法の導入が進む中で、他の分野においても、これまで以上に合理的な判断基準に基づく施策の実行が求められているといえる。

本論文では、道路周辺における交通振動の発生に関する一課題として、高架道路と平面街路が複合する複合道路構造における各々の振動エネルギーの寄与を分離し、発生源を特定する手法の提案を試みた。

本手法の実用性を検討するために行った道路構造の異なる5箇所における実測データを用いた結果によると、振動のエネルギー平均値のモデル化による推計値の時刻変動パターンは、実測値の時刻変動

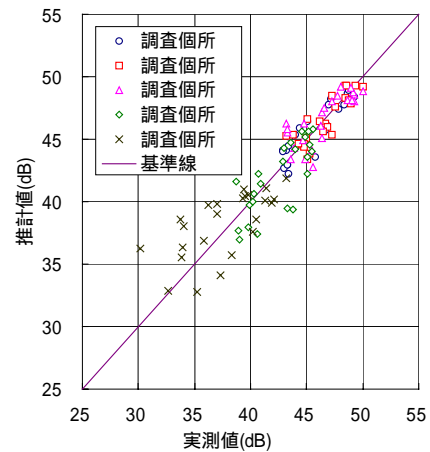


図 - 6 実測値と推計値の分布（全調査箇所）パターンとほぼ整合がとれていることがわかった。

また、算出された振動エネルギーの寄与率を用いて、各道路の振動エネルギーの寄与率と交通条件に整合性のあることを確認した。

ここで提案した手法は、一般的に行われる振動測定によって得られるデータを利用することにより、大まかではあるが複合道路における振動源を特定できるため、振動対策の実務において的確・迅速な対処方法の一助となるものとする。

参考文献

- 1) 徳永法夫，西村昂，日野泰雄，大竹由紀夫：連続高架道路と平面道路の道路交通振動特性に関する一考察，交通科学，Vol.27，No.1/2（合併号），pp.25-32，1998
- 2) 山本豊，徳永法夫，西村昂，日野泰雄：都市内交通振動の主たる振動源に関する一考察，土木学会第52回年次学術講演会講演概要集，第7部，-70
- 3) 徳永法夫，西村昂，日野泰雄，山本豊：都市内交通振動の振動源に関する一考察，第17回交通工学研究発表会論文報告集，1997
- 4) 財団法人道路環境研究所編：道路環境影響評価の技術手法，第2巻，pp.293～317，2000.11
- 5) 社団法人 交通工学研究会編：交通工学ハンドブック，技報堂出版，第1版3刷，1991
- 6) 武藤真介著：統計解析ハンドブック，朝倉書店，p.218，初版第二刷，1996
- 7) 田中豊，垂水共之，脇本和昌編：パソコン統計解析ハンドブック 多変量解析編，共立出版株式会社，初版15刷，1989