

道路交通振動に関する基本的取り組みの考え方*

A Study on Basic Methods of Coping with Road Traffic Vibrations*

徳永法夫** 西村昂*** 日野泰雄**** 多川潤*****

by Norio TOKUNAGA** Takashi NISHIMURA*** Yasuo HINO**** Jun TAGAWA*****

1. はじめに

都市高速道路のように高架構造を主体とした道路は、振動の伝播・受振のメカニズムが複雑に絡み合い、道路構造面からだけではその解決に限度があることがわかってきた。そのため、面的かつ総合的な対策が必要となってきた。

また、振動苦情の対応及び対策は、国の基準である「振動規制法」及び「同施行規制」に基づいて行うこととなっているが、要請限度値を満足しているにも係らず振動の苦情が発生しているため、適切な苦情対応ができないのが現状である。

このような状況の中、振動苦情の実態に即した対応を図ることを目的とし、「都市高速道路沿道の交通振動に対する考え方」をとりまとめた。

本論文の内容及び作成方針は以下の通りである。

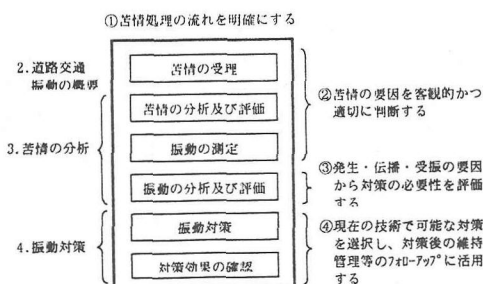


図-1 道路交通振動に関する基本的取り組みの考え方の作成方針

* キーワード：交通公害、振動

** 正会員、阪神高速道路公団神戸第二建設部
(〒650-0044 神戸市中央区東川崎町1-3-3 TEL 078-360-8141 FAX 078-360-8158)

*** 正会員、大阪市立大学土木工学科
(〒558-0022 大阪市住吉区杉本3-3-138 TEL/FAX 06-605-2731)

**** 正会員、大阪市立大学土木工学科

***** 株式会社社長神戸支店

(〒650-0021 神戸市中央区三宮町1-3-1 TEL 078-393-3500 FAX 078-393-3522)

2. 道路交通振動の概要

(1) 沿道環境の現状

苦情の現状を把握するために、我が国における公害の苦情件数の推移状況、振動苦情の内訳の推移状況の整理を行った。公害苦情における振動苦情件数は、全体の1割に満たないが、ほぼ横ばい状態で、減少傾向はみられない。また、振動苦情の内訳も、道路交通振動に関するものは、全体の1割程度であるが、同様に横ばいで減少傾向はみられない。

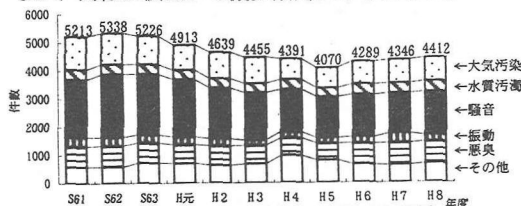


図-2 公害の種類別苦情件数の推移（大阪府）

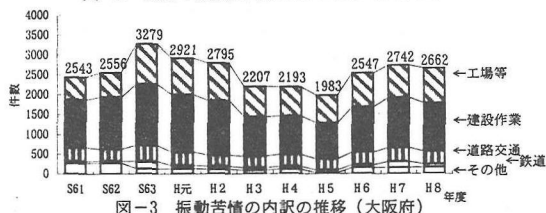


図-3 振動苦情の内訳の推移（大阪府）

(2) 都市高速道路の沿道環境の現状

都市高速道路における沿道環境の現状の一例として、阪神高速道路沿道における苦情件数の推移を整理した。

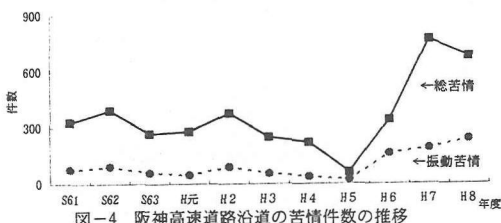


図-4 阪神高速道路沿道の苦情件数の推移

なお、阪神高速道路沿道における総苦情件数は、兵庫県南部地震以降は、急激な増加傾向を示してお

り、振動苦情についても地震以降は、全体の約3割に達している。しかし、阪神高速道路沿道の振動レベル (L_{10}) は、地震前後、昼間、夜間ともに一度も要請限度を超えていない。

これらの状況を勘案し、過去の文献調査、苦情者へのアンケートを行った結果、振動苦情は振動レベル L_{10} で発生しているのではなくピークレベルで発生していることがわかってきた。¹⁾ このため、振動苦情を評価するにあたっては、振動のピークレベルに着目して行うことが望ましいと思われる。

3. 苦情の分析

(1) 苦情の要因分析結果

苦情を適切に評価するためには、「振動規制法」等にとらわれることなく、苦情を評価する必要がある。また、その際に、苦情の妥当性を客観的に判断しなければならない。このため、苦情の発生した橋脚：919 台と苦情の発生していない橋脚：2,495 台について、苦情の要因分析検討（数量化Ⅱ類）を行い、苦情要因についてカテゴリー分析を行った。

表-2 振動苦情要因のカテゴリー数量

分類	分析要因	カテゴリー	数量
交通条件	平均速度 (4~7時)	60km/h未満	-0.82
		60km/h~70km/h	+0.05
		70km/h~80km/h	-0.10
		80km/h以上	+0.42
		鋼製フィンガー	-0.34
路面条件	伸縮継手 形式	ゴム	-0.29
		弾金せき付	+0.43
		切削目地	+0.52
		ノーマライズ	-0.46
		その他 or 不明	+0.52
距離	側方空間	2種類以上	+0.70
		5m未満	+0.47
		5~10m	-0.03
		10~20m	-0.41
		20m以上	-0.50
受振条件	家屋建築 年次	昭和30年以前	+0.31
		昭和31~40年	+0.51
		昭和41~50年	-0.02
		昭和51年以降	-1.10
		0~29%	-0.74
建物用途 (住宅系)	建物用途	25~50%	+0.04
		50~75%	+0.26
		75~100%	+0.42

これらのカテゴリー数量を用いて、各橋脚についてスコアを計算し、苦情発生率（任意のスコア範囲内で苦情の発生した橋脚数/任意のスコア範囲内の全橋脚数）を求めた。

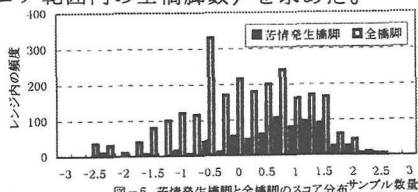


図-5 苦情発生橋脚と全橋脚のスコア分布

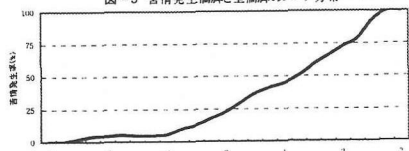


図-6 カテゴリー数量のスコアによる苦情発生率

上記の要因分析により各橋脚の特性と受振側の特性を考慮して、ある程度客観的な指標を得ることが可能で、これを苦情の対処内容とリンクさせて整理した結果を下表に示す。

ランク	対 処 内 容
I	住民に理解を求める
II	路面等の調査を行う
III	現地測定（対策要否の判断）を行う
IV	現地測定（対策方法の検討）を行う

1) ランクⅠでの対応

このランクは、苦情の妥当性にやや疑問があるため、振動に関する法律、定点測定結果等を説明し、理解が得られるように努める。

2) ランクⅡでの対応

このランクは、苦情発生箇所の調査を行い、苦情発生要因の特定（路面やジョイントの状況確認、発生源の確認等）に努める。

3) ランクⅢでの対応

このランクは、苦情が妥当である可能性が大きいいため、ランクⅡの対応に加え、現地において振動測定を行う必要があると考える。また、この測定結果によって、苦情の発生源を特定し、必要ならば対策方法を検討する。

4) ランクⅣでの対応

このランクは、最も処理が優先される必要がある。また、地域的な対応が必要である可能性が高いため、ランクⅢまでの対応に加え、地域的な対策の必要性を考慮し、対策方法の検討を行う。

(2) 振動発生源特定のための測定方法

通常、都市高速道路沿道における振動の発生源は、併設される平面道路が想定される。²⁾ ここでは、振動レベル測定値と都市高速道路、併設平面道路の交通条件を使用し、定量的に振動発生源を特定する手法の検討を行った。これにより、振動源に対する適切な振動対策が可能となった。

1) 算出方法

検討方法は、客観性と信頼性を持たせるため、多変量解析の手法を用いるものとする。ここでは、以下の統計解析手法を用い、解析結果の検

定までを行うものとする。

- ・統計解析手法…多変量解析
- ・変数投入方…変数増減法
- ・留意事項…多重共線性を生じないこと
- ・データ数…毎正時10分間データを24時間連続
- ・有意水準…1%以下
- ・目的変数…振動レベル (dB) の各統計値
鉛直方向の L_{max} , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{eq}
- ・説明変数…都市高速道路、併設道路の交通条件
各車線別の走行速度及び交通量

2) 推計モデル及び寄与率算出方法

$$L_x = \sum_{i=0}^3 \beta_i \log_{10} (Q_{i1} + Q_{i2}) + \sum_{i=4}^7 \beta_i \log_{10} V_i \text{ (dB)}$$

L_x : L_{max} , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{eq} の予測値
 β_i : 各説明変数の回帰係数
 Q_{i1} : 各道路区分の小型車交通量 (台/10分)
 Q_{i2} : 各道路区分の大型車交通量 (台/10分)
 V_i : 各道路区分の平均走行速度 (km/h)

目的変数に対する各説明変数の寄与率は、変数増減法により決定されたモデルに投入された各説明変数の標準回帰係数の比率により求めるものとする。

3) 検討結果の例

都市高速道路と併設平面道路に、以下のデータを用いた際の検討結果を示す。

表-3 検討データ

	大型車交通量の日交通量		官民境界における鉛直方向振動レベル (dB)	
	都市高速	併設道路	L_{max}	L_{10}
例1	37,926	4,434	57	52
例2	5,454	9,048	56	47

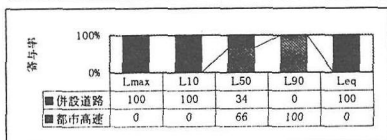
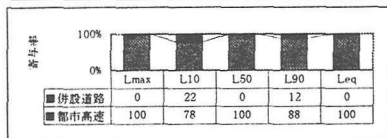


図-7 検討結果の例

算出された結果は、どの道路の振動に対策を施せばより効果的かを判別することができ、適

切な振動対策を実施する根拠となり得る。

4. 振動対策

(1) 対策工の評価・検討

振動対策を実施するには、苦情の実態ならびに発生・伝播のメカニズムを把握し、それらに基づいた有効な振動対策手法の実施(場合によっては組み合わせる)を行っていく必要がある。ここでは、振動対策の評価及び検討を行う。

1) 振動対策の総合評価

振動対策工の選定にあたっては、下記の項目を総合的に評価して検討する必要があると思われる。

- ・対策場所…原則は道路敷地内での施工が可能なこと。
- ・振動低減効果の永続性
- ・振動低減効果の大きさ
- ・経済性…施工費用が低廉であること
- ・施工性…施工が容易であること

これらの項目について振動の対策工を総合評価したものを以下に示す。

表-2 交通振動対策工の総合評価

振動対策の種類	対策する場所	効果の大きさ	永続性	経済性	施工性	総合評価
全振動対策	①ジョイント・舗装の補修	○	△	○	△	○
	②防振壁設置	○	△	○	○	○
	③床版補修	○	△	○	○	○
	④橋脚補修	○	○	△	○	△
	⑤支保束替え	○	○	△	○	○
	⑥ノージョイント化	○	○	△	△	○
	⑦動床装置 (TMD)	○	△	△	△	△
	⑧交通規制	○	○	○	△	△
	⑨下部構造対策	○	○	△	△	△
	⑩地盤改良	△	○	△	△	△
伝播経路	⑪地中防振壁の設置	△	○	△	△	△
	⑫防振壁の設置	△	○	△	△	△
	⑬水半板の埋設	△	○	△	△	△
	⑭環境施設帯の設置	△	○	△	○	○
受振側	①東岸防振補修	△	△	△	△	△
	②家屋の耐震対策 (TMD)	△	△	△	△	△
	③建替え・移転助成	△	○	△	△	△
	④土間コンクリート打設	△	○	△	△	△

注) 場所…○: 公園用地内 △: 平面道路用地内 - : 民地内
 永続性…○: 効果の持続が確実 △: 場合によっては不確実
 効果…○: 効果あり △: 場合によっては効果なし ×: 効果なしが現実的
 経済性…○: 安価 △: 中程度 ×: 高価
 施工性…○: 比較的容易 △: 中程度 ×: 困難あり

以上の項目を検討した結果発振源側の対策では、ジョイント・舗装の補修、ノージョイント化、伝播経路では環境施設帯の設置が、振動苦情の対策工として効果的であると考えられる。^{2) 3)}

2) 高架道路の振動対策

都市高速道路で問題となる振動は、主として高架道路から発生する交通振動である。交通振動の軽減対策として、主に国内で実施・実験・提案された対策手法は以下に示すようなものがある。

表-3 道路高架橋における交通振動の対策例概要

対策工の種類	対策の効果	適用範囲と問題点
交通制	重量違反車の徹底的排除で橋脚部地震振動が2～10dB低減し、速度を20km/h落とす2dB低減できる。	違反車の対策は現在も実施しているが減少しない。高速道路から違反車を締め出すと一般道に公害が移行する。
主桁連結 (ノージョイント)	ジョイント部の段差を無くすることで、比較的高い振動数(20Hz以上)の地震振動・低周波空気振動に対して効果が大きい。主桁連結部では、主桁の固有振動数が20Hz程度から4Hz程度へ変化して残る。	単純鋼板橋で主桁配置が同じ区間に限られる。 現行の簡易ノージョイントタイプは耐久性が悪い。
端横桁補強	段差修正が完璧に出来れば、ノージョイントに近い効果がある。しかし、ジョイント部は劣化する。	端横桁部分に問題がある箇所しか適用できない。
ジョイント補修 舗装の打替え 薄層舗装 (応急)	段差修正が完璧に出来れば、ノージョイントに近い効果がある。しかし、修正作業は微妙で、経年劣化する。	ジョイント部と舗装の経年劣化はなくならない。
地中防振壁	比較的高い振動数に対して効果がある。(壁が深いほど、低い振動数にも効果がある。)	地中壁の効果予測は技術的限界がある。実験によるデータの蓄積が必要である。高価である。
環境施設等	地盤特性により効果が異なるが、高い振動数は距離減衰効果が大きい。	最も効果が期待できるが、用地取得が困難な箇所が多い。
家屋の防音助成	窓などのたたきによる2次音を抑制し、心理的效果をわらう。	一時的な心理効果は望めるが、根本的な対策ではない。
家屋の防振対策	JR新幹線の防振対策では、床組増強で鉛直振動を3dB以上低減している。	近隣のビル等への対策では、設置スペースなどから適用範囲が限られる。
建替・ 補修助成	木造や鉄骨構造は、振動増幅が大きい場合が多く、増幅の小さいRC造に建て替えることで平均でも5～10dBの低減が期待できる。	大きな効果が期待できるが、工事費負担が住民側に求められるため、適用範囲が限られる。

これらの検討結果を踏まえ、道路管理者が日常の管理において行うべき路面管理方法(ジョイント部付近)を明確にした、新たな路面管理基準(案)を以下に示す。

沿道環境に配慮した路面の望ましい管理基準(案)

- ①伸縮継手の周辺では、急激なすりつけを行わないよう補修する。
- ②伸縮継手周辺 10m での舗装の凹凸形状に注意し、縦断が滑らかな変化となるよう補修を行う。
- ③路面補修を行う際に実施する凹凸の計測箇所は、幅員方向には車輪の通行位置、橋軸方向には伸縮継手の前後片側 10mを測定範囲とする。路面凹凸は、水準測量によることが望ましい。測定の間隔は、片側 10m ずつを 0.5m ピッチとする。
- ④伸縮継手の前後 5m の範囲での最大的高低差が 20mm 以内となるよう補修する。

高架道路の振動対策についても、苦情の実態に促した対策工を選定しなければ、効果的な対策にはなり得ない。

(2) 路面の管理基準(案)

先の振動対策の選定にあたり検討すべき5項目及び沿道住民の苦情に多い「大型車の走行による振動苦情」に着目し、検討・解析を行った。この結果、以下のような要因が明らかになってきた。

- ・伸縮継手を通過した際に発生する車両ばね振動の加速度的最大振幅(全振幅)と路面平坦性の相関は、分散は低い路面凹凸量が大きくなると振動加速度が大きくなることを示している。
- ・比較的にゆるやかな凹凸変化であっても、車両の走行による最大反力は大きくなる場合がある。
- ・不陸高さが殆く 20mm を超えたあたりから最大反力が大きくなっている。
- ・路面凹凸の長さが約 4～6m で最大反力が最大となっている。
- ・対象橋梁の衝撃係数を基準値として最大反力の許容される最大値とすると、許容される不陸高さは 10～20mm 程度となる。
- ・凹凸のパターン毎の平均値を比較すると、パターン別の最大反力の差はわずかである、ただし、同一方向の凹凸パターン(凹凹、凸凸)の方が大きな値を示している。

5. 今後の課題

今回取り組んだ「道路交通振動に関する基本的取り組みの考え方」により、都市高速道路における振動苦情の実態に促した対応が図られ、苦情の減少に役立つものとする。

しかし、今後さらに、実施する対策工の効果量を定量的に把握すること、それらのデータを蓄積整理して今後の対応にフィードバックすること、対策工事後の定期管理(日常のフォローアップ体制)が重要になってくる。「振動規制法」に基づく要請限度を超えていないにもかかわらず、苦情が発生することから、多くのデータを蓄積し、この問題点の解決策を見つけ出す必要があると思われる。

参考文献)

- 1) 徳永、西村、日野、宮原: 道路交通振動の評価に関する一考察、土木計画学研究・講演集 No.20(2)、平成9年3月
- 2) 中野有朋: 道路交通振動の測定・評価における問題点と課題、環境技術、Vol.16 No.3(1987)
- 3) 宮原、徳永、西村、松井: 道路交通振動の評価手法と振動対策工に関する調査研究、土木学会第52回年次学術講演会、平成9年9月
- 4) 徳永、西村、日野、河村: 高架道路橋の伸縮継手と沿道環境に関する一考察、第17回交通工学研究発表会論文報告集 1997年11月