

都市高速道路(高架部)沿道の振動知覚とその要因分析*

An Analysis of Resident's Perception for Vibration Nuisance in Roadside Areas of Urban Elevated Expressway *

岡崎展也**、西村昂***、日野泰雄****、徳永法夫*****

by Nobuya OKAZAKI, Takashi NISHIMURA, Yasuo HINO, Norio TOKUNAGA

1.はじめに

急増する多様な交通需要に対応し、トラフィック機能とアクセス機能の両立をはかるため、都市空間利用の高度化が進む中、高速道路等の幹線道路は建物と近接していることも少なくない。そのため、騒音、大気汚染、振動、低周波空気振動等の環境問題への取り組みは今後ますます重要となることは言うまでもない。

このような状況の中で振動苦情に対し道路管理者をはじめとする関係機関では、発振源側の対策、周辺地盤の伝播経路対策や受振側対策等の広範な調査研究が行われ、その結果に基づいて各種の防振対策が検討実施されている^{1),2)}。

しかしながら、従来の対策では、住民個人の振動に対する感覚のばらつき、建物の揺れ易さ(家屋の構造、老朽度等)の程度のばらつきに対する配慮が必ずしも十分ではなかったと考えられる。また、阪神・淡路大震災以降、沿道住民の振動感覚が敏感になったためか、道路交通振動問題が苦情件数の増加として、顕在化する傾向にある³⁾。そのため、これまでに高架道路周辺においてアンケート調査ならびに振動測定調査を実施し、物理面、意識面の両側面からその実態の一端を明らかにしてきた^{4),5)}。本稿では、人の振動に対する知覚を基礎にした今後の振動対策の検討を目的として振動知覚に関連する各種要因について詳細に分析することとした。

2.振動知覚メカニズムと従来の研究

一般に振動現象知覚は、発振→伝播→受振→知覚のプロセス(図-1)を経ると考えられるが、これまで、

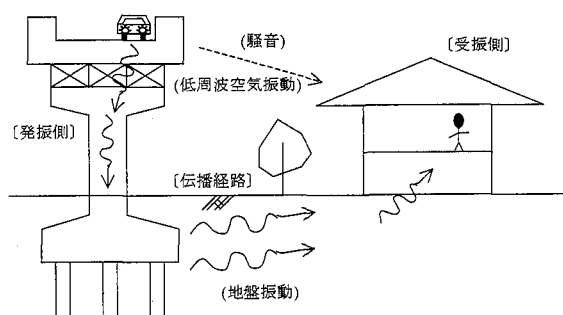


図-1 振動現象の伝播模式図

発振側に関する研究⁶⁾、伝播経路に関する研究⁷⁾が多く行われているのに対して、受振側に関する研究は少ない。この種の研究例では、池館が、振動の状態はかなり近い場所でも異なることがあり、細かな検討を要し、建物による振動増幅も含めて影響評価すべきであることを示している⁸⁾。このような状況を踏まえて道路交通振動への振動現象知覚を総合的にとらえる必要があり、とくに受振側に着目した調査・研究を通して、住民の振動に対する意識を細かく捕らえることが重要であると考えられる。

3.意識調査の概要

(1)調査の対象と内容

調査の対象は、阪神高速道路沿道部で定期的に苦情が発生している20地区、682世帯(各地区20世帯以上(事務所も含む))とした(図-2)。調査票は各世帯当たりに各1部の世帯票と各3票程度の個人票として、調査員が直接配布・直接回収した。但し、配布後1週間と2週間の2回で回収できなかったものについては郵送方式とした。調査の内容は、個人や世

* Key Words:意識調査分析,交通公害

** 学生員 大阪市立大学大学院工学研究科土木工学専攻
(〒558-5858 大阪市住吉区杉本 3-3-138 TEL/FAX06-605-2731)

***フェロー会員 大阪市立大学工学部土木工学科教授

****正会員 大阪市立大学工学部土木工学科助教授

*****正会員 阪神高速道路公団神戸第2建設部設計課
(〒650-0044 神戸市中央区東川崎町 1-3-3
(神戸ハーバーランドセンタービル 22 階))
TEL078-360-8141, FAX078-360-8158)

帯、家屋に関する属性と、主に振動・騒音の感じ方やその影響の程度にかかわる項目で構成されている。

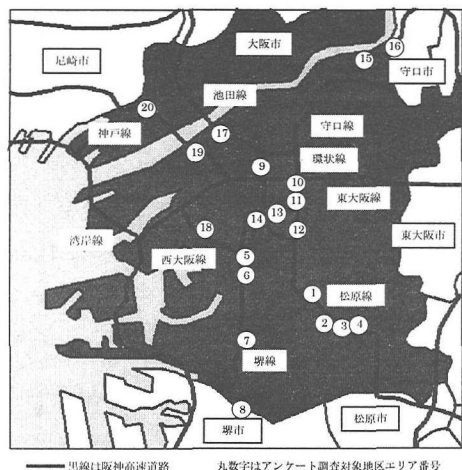


図-2 アンケート調査対象地区

(2) 回収状況とサンプル属性

各箇所毎の世帯(もしくは事務所)票及び個人票の回収数はそれぞれ 451 票、930 票であり、その回収率は 66.1%、39.1%となっており(図-3)、統計的処理が可能なサンプリングと考えられる。

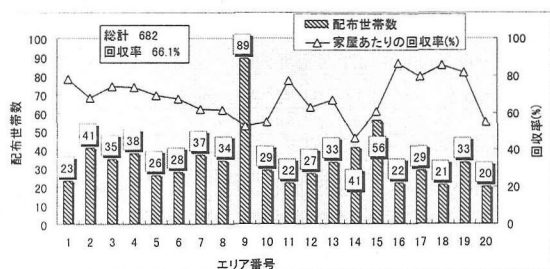


図-3 アンケート対象地区の配布世帯数と回収率

サンプルの性別はほぼ同数であり、年齢の分布にも大きな偏りはみられない(図-4)。

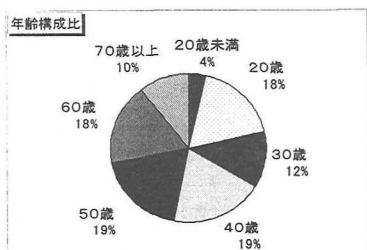


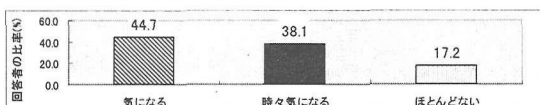
図-4 アンケート回答者の年齢構成比

4. 騒音・振動に対する感じ方

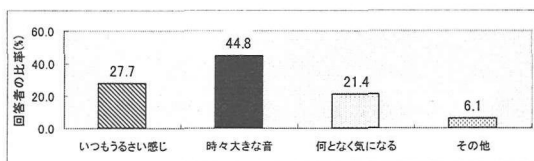
(1) 騒音の感じ方

アンケート調査から騒音の種類、頻度、時間帯等について整理すると次のようである(図-5)。

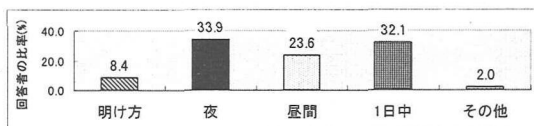
- ①約 80%の人が騒音を感じている。
- ②高架道路を通行する大型車の間欠的な大きな音(ドン・ゴーなど)を不快と感じている。
- ③夜、明け方に騒音を感じる割合が多いが、一日中との回答もかなり多いことから、都市部での交通状況を反映して、騒音は日常的問題として意識されていることがわかる。



(1) 騒音の感じ方



(2) 騒音の種類

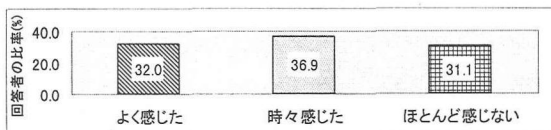


(3) 騒音の時間帯

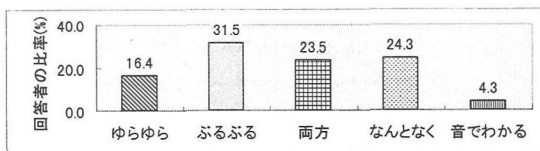
図-5 騒音に対する意識

(2) 振動の感じ方

振動についても騒音と同様に、約 70%とかなりの人が振動を感じており、その感じ方には細かい「ふるえ」と大きな揺れの両方があることがわかる(図-6)。



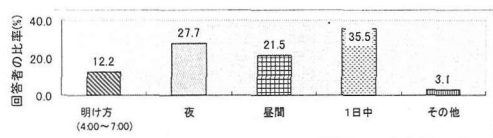
(1) 振動の感じ方



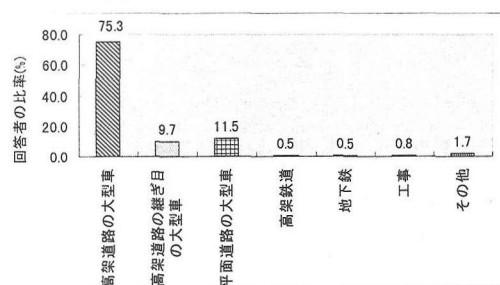
(2) 振動の種類

図-6 振動に対する意識

また、音で感じたり、なんとなく感じるとの回答も3割程度あり、振動に対する意識は直接の振動だけでなく低周波空気振動や騒音を含めた様々な周辺環境要素に影響されていると思われる。次に、振動を感じる時間帯とその原因についての回答から、特に夜間の大型車による影響の大きさが推測される(図-7)⁹⁾。



(1) 振動を感じる時間帯



(2) 主たる振動原因

図-7 振動原因に対する意識

5. 地区別にみた振動知覚特性

(1) 振動の感じ方からみた地区の分類

振動の知覚特性を詳細に分析するためには、振動をよく感じている地区のデータを抽出して、その要因を分析する必要がある。しかしながら、高架道路の立地条件によって、その影響度も異なると考えられるため、ここでは次のような条件によって、まず地区を分類することとした。

①振動影響感の小さい地区：「よく感じる」の比率が低く、「ほとんど感じない」の比率が高い3地区(No.2、12、13、14：これまで苦情件数の多かったNo.12は除く事とする：図-8)。

②振動の原因が特定されない地区：振動の原因として「高架道路」の比率が半数以下で平面幹線道路に近接している4地区(No.4、6、14、18：No.14は①、②の両方に該当：図-9)。

③高架道路が原因で振動影響感の大きい地区：①、②以外の14地区。

(2) 地区別振動実態

地区分類毎に振動物理指標値(L_{10})を分析すると、各グループに次のような特徴が認められた(表-1)。

1) 家屋脇地盤鉛直方向振動(L_{10})は、平面道路の影響

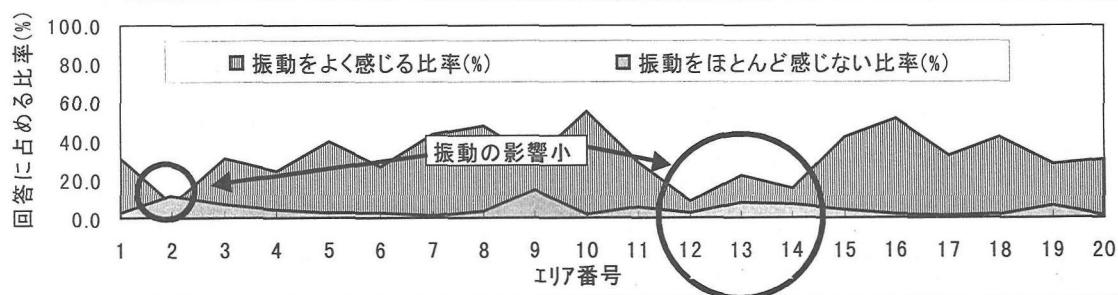


図-8 エリア別比較(揺れの感じ方)

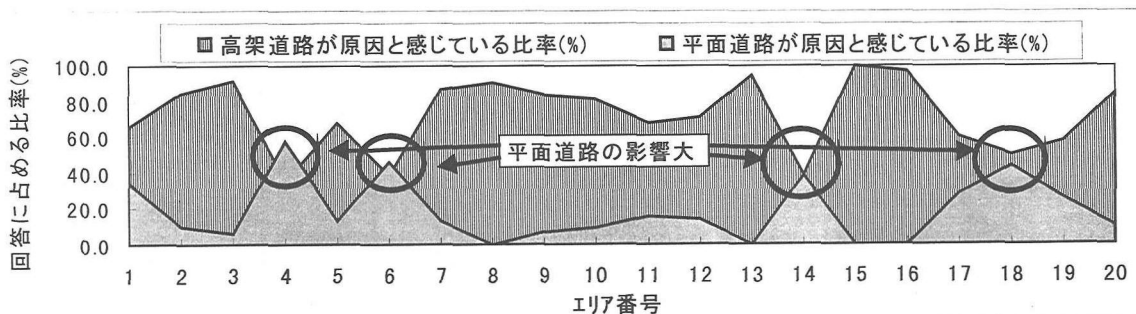


図-9 エリア別比較(振動の原因)

が大きい②の地区で2~4dB程度大きい。

2) ①の地区では、地盤の鉛直方向振動測定値(L_{10})は他の地区と2dB程度の違いであるが、家屋内中央部の鉛直方向振動測定値(L_{10})は他に比べて7dB小さい。

3) ③の地区では、家屋内の水平方向振動測定値が②に比べて6~8dB程度大きい。

表-1 振動測定値のグループ間比較

	1(振動影響小)の地区	2(平面道路影響大)の地区	3(高架道路振動影響大)の地区
家屋地盤 ZL_{10}	44.0	46.8	42.8
家屋中央部 XL_{10}	37.0	39.2	45.5
家屋中央部 YL_{10}	38.8	38.5	46.6
家屋中央部 ZL_{10}	40.0	47.5	47.4

表中の値は地区の平均値 単位(dB)

これらのことについては、高架道路を発生源と考えている人に水平方向の振動を感じている人が多いという、アンケートの振動感覚の回答結果(図-10)と一致している。

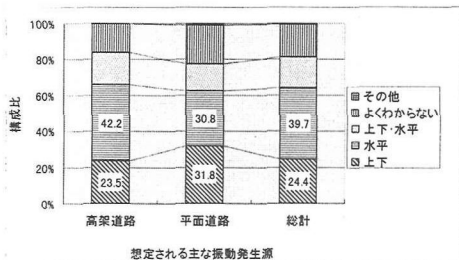


図-10 想定される主な振動発生源と振動の方向

また、家屋地盤と家屋内中央部における振動測定値(L_{10})の差をとり、家屋による振動増幅量を見る

と図-11 のようであり、高架道路の影響が大きいエリアでは平面道路からの影響が大きいエリアよりも鉛直・水平方向とも大きくなっていることがわかる。

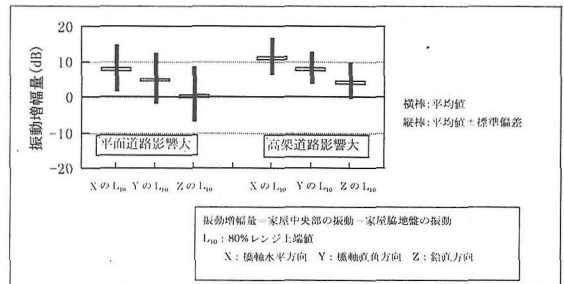


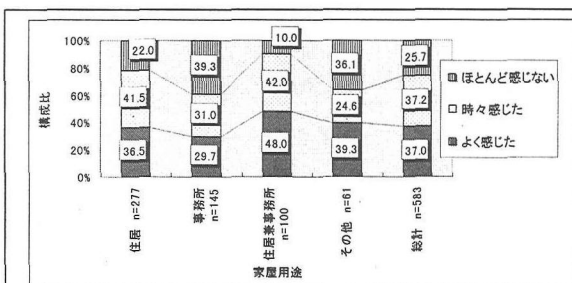
図-11 振動増幅量平均値比較表

これに関しては、平面道路から発生する主たる振動数である10Hz以上の振動は、地盤や家屋のフィルター作用により減衰するのに対し、都市内高速から発生する振動のうち大型車のバネ上振動や橋梁の上下部構造の固有振動に起因する2~4Hzの振動が家屋の水平方向固有振動(3~4Hz)と共振し増幅するためであると考えられる^{10),11),12)}。

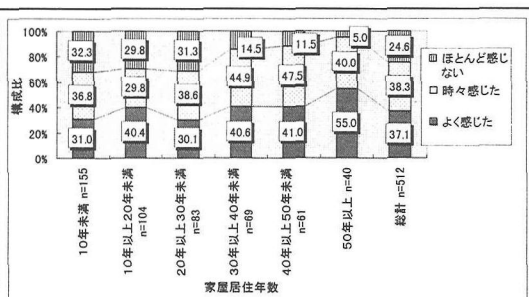
6. 振動知覚要因

(1) 高架道路からの振動の感じ方と関連要因

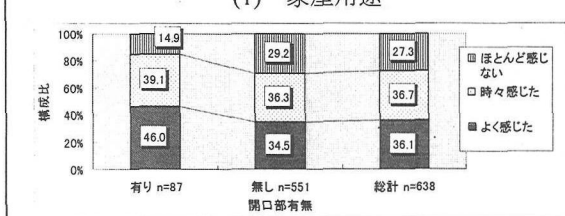
ここでは5章の地区分類の結果から、振動の影響の大きい地区として抽出された③の地区(317世帯,663人)を対象に、振動の感じ方とこれに関連すると考えられる各種要因との関係をさらに詳細に分



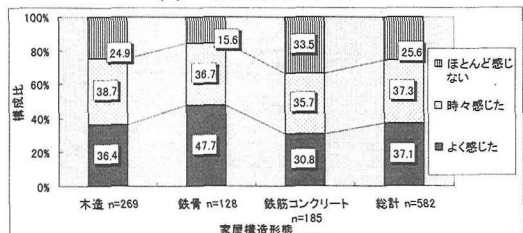
(1) 家屋用途



(2) 家屋居住年数



(3) 家屋1階部開口部有無



(4) 家屋構造形態

図-12 主要因と振動の感じ方

分析する。

主要要因と振動の感じ方は図-12 に示す通りであり、これらのことから、1)から 5)の場合に影響が大きいことがわかった。

- 1) 建物の用途が住居(事務所兼用を含む)の場合
- 2) 居住年数が長い場合
- 3) 家屋構造が鉄骨もしくは木造の場合
- 4) 建物 1 階部分に開口部がある(壁が少ない)場合
- 5) 高齢者や自営業など在宅時間が長い場合

これらの中からとくに、家屋構造形態と振動の種類との関係についてみると、木造は「ぶるぶる細かく揺れる」の割合が他の構造形態と比べて多く、鉄筋コンクリート造は「ゆらゆらゆっくり揺れる」の割合が高くなっている(図-13)。このことは、振動の実測データから、木造は他の構造と比べ、鉛直方向の振動が家屋中央部において大きく増幅していること(表-2)と対応しており、また、鉄筋コンクリート造に関しても、マンション・ビル等の高層の鉄筋コンクリート造が 15dB 程度増幅していることと対応している(図-14)。

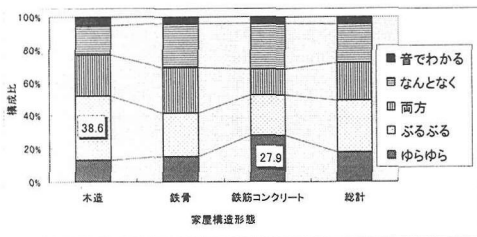


図-13 家屋構造形態と振動の種類

表-2 家屋のフロア内における振動増幅量の比較

家屋内振動増幅量＝ 中央部鉛直方向 L_{10} －家屋柱廊部鉛直方向 L_{10}	家屋構造	
	木造(2F部9件)	鉄骨(2F部5件)
平均値(dB)	4.33	2.00

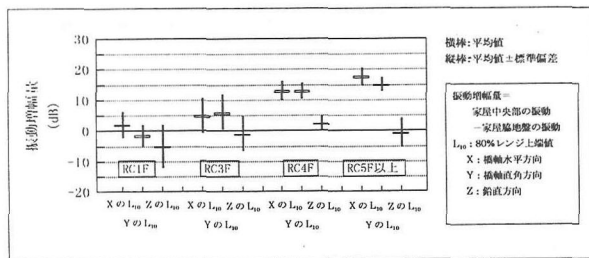


図-14 RC 構造における階数別振動増幅量

また、家屋 1 階部の開口部の有無については、開口部のある場合には、全体として「ゆらゆら」や「ぶ

るぶる」といった具体的な感じ方の割合が高く、しかもどちらかと言えば「ぶるぶると細かい揺れ」を感じやすいようである(図-15)。

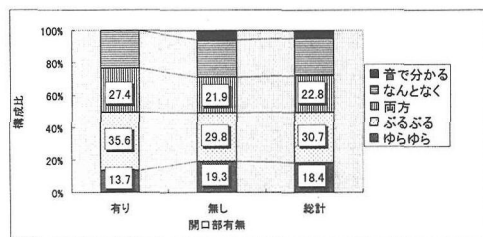


図-15 開口部有無と振動の種類

(2) 振動知覚要因の特性

先に示した振動をよく感じるケースにおける特徴の傾向を総合的に把握するため、振動知覚関連要因(職業、開口部有無、家屋居住年数、家屋用途、家屋構造形態、年齢)を説明変数とし、揺れの感じ方(感じる or 感じない)を目的変数として数量化理論第Ⅱ類を用いて分析した。

その結果は、表-3 のようであり、相関性があまり高いとはいえないため明確な結論づけは難しいが、家屋居住年数が最も振動に対する影響が強く、ついで家屋 1 階部開口部有無、職業、家屋用途の要因が振動に対する影響が強くなっている。また、先にも示したように家屋居住年数が長い(家屋の築後年数も長い)ほど振動をよく感じる傾向にあるといえ、さらに住宅用途の居住者、および学生、自営業、家事の職業の人が振動をよく感じており、以上のことから在宅の時間的要素と若さの要素が振動知覚への影響を強くしている大きな要因であると考えられる。

表-3 振動知覚関連要因と揺れの感じ方(数量化理論Ⅱ類)

アイテム	カテゴリー	サンプル数	カテゴリー 数量	カテゴリー レンジ	偏相関係数
職業	公務員	11	-0.65720	【2】 1.80540	【4】 0.1470675
	会社員	193	-0.26726		
	自営業	130	0.25294		
	学生	22	1.14821		
	家事	91	0.19123		
	その他	42	-0.39840		
	有り	59	1.26572		
開口部有無	無し	430	-0.17367	【3】 1.43939	【2】 0.1891946
	10年未満	151	-0.50458	【1】 1.94950	【1】 0.2225071
10年～20年	97	-0.23618			
20年～30年	79	-0.43301			
30年～40年	67	0.55062			
40年～50年	57	0.72824			
50年以上	38	1.44493			
家屋用途	住居	227	0.34162	【4】 1.37237	【3】 0.1734263
	事務所	123	-0.47525		
	住居兼事務所	98	0.23641		
	その他	41	-1.03074		
家屋構造形態	木造	227	-0.42799	【5】 0.83461	【5】 0.1416382
	鉄骨	113	0.40662		
	鉄筋コンクリート	149	0.34365		
年齢	30歳未満	100	-0.27247	【6】 0.37384	【6】 0.0572898
	30歳～50歳	171	0.10137		
	50歳以上	218	0.04547		

7. まとめ

本研究では、高架道路沿道における振動実態に関連する住民の意識について詳細に分析した。その結果、振動、騒音ともに日常的に非常に高い割合で知覚されていることがわかった。とくに夜間(早朝)の大型車による間欠的な振動に対する知覚度合の大きさが推測された。また、振動物理量と関連づけてみると、高架道路の振動は平面道路からの振動と比べ、家屋と共振し増幅しやすいものであることが知覚面からも示された。さらに、振動知覚には、家屋や個人にかかわる多様な要因が関与しており、中でも家屋居住年数(築後年数)等や在宅の時間的要素の影響の大きいことが判った。これらは受振側の知覚の実態といえ、このような知見を参考にし、今後の対応が検討されるべきであると考えられる。しかしながら、その具体的な検討のためには、今後、振動物理量とその感じ方などの意識指標との関係データを蓄積し、分析を深めることが必要となろう。

【参考文献】

- 1) 阪神高速道路公団：平成 7 年度道路交通振動対策検討会報告書 1996. 3
- 2) 環境庁大気保全局：低周波空気振動調査報告書 1984. 12
- 3) 徳永法夫, 西村昂, 日野泰雄: 阪神高速道路の交通振動の現状と問題に関する考察, 交通科学第 26 巻第 2 号, pp. 71 ~78, 1997. 8

- 4) 岡崎展也, 西村昂, 日野泰雄, 徳永法夫: 都市高速道路(高架部)沿道の振動に関する意識の分析, 平成 9 年度土木学会関西支部年次学術講演概要, IV-71, 1997. 5
- 5) 岡崎展也, 西村昂, 日野泰雄, 徳永法夫: 都市高速道路(高架部)沿道の振動の実態と住民意識の分析, 土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集第 4 部, pp. 324~325, 1997. 9
- 6) 讃岐康博, 徳永法夫, 西村昂, 日野泰雄: 都市高速道路の交通制御と振動低減に関する一考察, 土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集第 7 部, pp. 138~139, 1997. 9
- 7) 樋口茂生, 石井皓, 水上雅義: 泥炭地における振動伝搬, 日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集, pp. 225 ~ 228, 1983. 9
- 8) 池館和江: 道路交通振動の環境影響評価に於ける評価上の問題, 日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集, pp. 89~92, 1993. 9
- 9) 徳永法夫, 西村昂, 日野泰雄, 宮原哲: 高架道路における交通振動実態と苦情の要因に関する分析, 土木計画学研究・講演集 19(2), pp. 229~232, 1996. 11
- 10) 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, pp. 140~141, 1997. 9
- 11) 衛生工学ハンドブック-騒音・振動編, 朝倉書店
- 12) 徳永法夫, 西村昂, 谷口与史也, 宮原哲: 道路交通に起因する家屋振動増幅に関する一考察, 土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集第 7 部, pp. 142~143, 1997. 9

都市高速道路(高架部)沿道の振動知覚とその要因分析

岡崎 展也、西村 昂、日野 泰雄、徳永 法夫

都市空間利用の高度化が進む中、高速道路等の幹線道路は建物と近接していることも少なくない。そのため、騒音、大気汚染、振動、低周波空気振動等の環境問題への取り組みは今後ますます重要となる。本研究では、振動感覚とそれに関連する要因の関係を分析した。その結果、住民の感覚における振動の影響は夜間の重量大型車が大きく影響していることが判った。加えて、振動知覚は高架道路の物理的な状況や家屋用途、家屋構造形態、家屋居住年数等によって変化することが明らかとなった。

An Analysis of Resident's Perception for Vibration Nuisance in Roadside Areas of Urban Elevated Expressway by Nobuya OKAZAKI, Takashi NISHIMURA, Yasuo HINO, Norio TOKUNAGA

As the urban areas have been highly developed, the elevated highways have become popular in the urbanized area, and the environmental problems caused by the traffic on the elevated highway, such as noise, vibration, air pollution, and so on, have become more serious. This paper treats with the resident's perception for vibration nuisance in relation to the associated factors. As the results of analysis on the influence of vibration on resident's feeling, it was found that heavy vehicles running in night-time or dawn caused the main influence on the perception of vibration. And the differences in the perception of vibration nuisance were analyzed by the type of use, the structure type of building, the length of residence years and so on, as well as the human factors or physical conditions of the expressway routes.