

道路交通振動の評価に関する一考察*

A Study on Evaluation of Road Traffic Vibration *

徳永法夫** 西村昂*** 日野泰雄*** 宮原哲****

By Norio TOKUNAGA ** Takashi NISHIMURA *** Yasuo HINO *** Satoshi MIYAHARA ****

1. はじめに

現状の振動規制法に基づいた道路交通振動の評価、すなわち官民境界における鉛直方向地盤振動レベルVL(L₁₀)は、阪神高速道路沿道では、要請限度値を下回っているにもかかわらず、道路交通振動に関する苦情は絶えない。理由として、現行の道路交通振動に関する評価指標(振動レベルVL(L₁₀))が住民感覚と比例していないことが考えられる。

そこで、住民感覚を的確に反映する交通振動の評価方法を模索するため、アンケートと地盤および家屋内の振動計測を実施した。本文は、アンケート結果と計測結果の両者を判別分析法により比較検討し、より適切と考えられる新しい道路交通振動評価方法を求めた。

2. アンケートと計測結果

(1)アンケートと計測の手法

環境振動に関するアンケートは、交通振動に関する苦情が繰り返し発生している高架橋沿道の20エリアを抽出し、用紙配布・郵送による回答方式で実施した。

20エリアの691家屋それぞれにアンケート用紙を複数配布し、回収家屋数は443家屋(回収率64%)、有効回答者数は、930人であった(表-1)。

アンケートの回答で「振動計測に協力しても良い」と答えた家屋の中から、エリア番号1,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,15,16,17,19の代表的家屋構造27家屋(31部屋)を抽出し、地盤(官民境界、家屋脇)ならびに室内(柱脇、部屋中央)の振動レベル計測を実施した。

全アンケート回答者930人と、振動計測を実施した家屋の居住者76人の属性を表-2に示す。

* キーワード:交通公害、道路交通振動
 ** 正員、阪神高速道路公団保全施設部
 (大阪市中央区久太郎町4丁目1-3 TEL.06-252-8121 FAX252-1583)
 *** 正員、工博、大阪市立大学工学部土木工学科
 (大阪市住吉区杉本3丁目3-138 TEL.(FAX)06-605-2731)
 ****正員、日本技術開発株式会社大阪支社
 (大阪府北区豊崎5丁目6-10 TEL.06-359-5341 FAX06-359-5298)

表-1 アンケート箇所一覧表

路線	エリア	配布家屋数	回収家屋数	回収率(%)	路線	エリア	配布家屋数	回収家屋数	回収率(%)
Mb線	1	23	19	82.6	Mg線	15	56	33	58.9
	2	40	27	67.5		16	29	19	65.5
	3	35	26	74.3	Kk線	17	30	23	76.7
	4	38	28	73.7					
S線	5	26	18	69.2	No線	18	24	18	75.0
	6	28	18	64.3					
	7	37	22	59.5	On線	19	33	27	81.8
	8	34	22	64.7		20	19	7	36.8
Kj線	9	85	45	52.9	合計		691	443	64.1
	10	29	15	51.7					
	11	21	19	90.5					
	12	27	16	59.3					
	13	36	22	61.1					
	14	41	19	46.3					

表-2 アンケート回答者の属性

項目	属性	全アンケート回答者		振動計測実施家屋	
		回答数	比率(%)	回答数	比率(%)
性別	男性	455	48.9	39	51.3
	女性	459	49.4	37	48.7
	無回答	16	1.7	0	0.0
	合計	930	100.0	76	100.0
年齢	～19才	32	3.4	3	3.9
	20～39才	274	29.5	24	31.6
	40～59才	349	37.5	30	39.5
	60才～	256	27.5	19	25.0
	無回答	19	2.0	0	0.0
	合計	930	100.0	76	100.0
家屋構造	木造	413	44.4	35	46.1
	鉄骨造	164	17.6	17	22.4
	RC造	77	8.3	8	10.5
	マンション・ビル	193	20.8	16	21.1
	無回答	83	8.9	0	0.0
	合計	930	100.0	76	100.0

(2)アンケート結果の分析

20エリアの中から、平面道路や鉄道などの影響が強いNo.4,6,14,18エリアを除いて、振動の原因が阪神高速道路高架橋であると感じている人が多い14エリア663人に絞り込み、アンケート結果等と、人や建物の属性の関連をクロス集計によって分析した。

振動を感じる強さを判別する「地震以外の異常な揺れを感じたことがありますか?」という設問への3段階の

選択回答「ほとんど感じない、時々感じた、よく感じた」と、その他の質問への回答とのクロス集計結果から、表-3のような傾向が得られた。

表-3 人や建物の属性と振動の感じ方

- ①騒音を強く感じるほど、振動を感じる比率も高い。
②建物の上層階ほど、振動を感じる比率が高い。
③振動を感じる方向は、上下方向よりも水平方向がやや多い。
④家屋の建築年数と振動感覚の相関はみられない。
⑤建物の1階に開口部がある家では、振動を感じる比率がやや高い。

(3)家屋における振動増幅量¹⁾

振動規制法に基づく道路交通振動に係る振動測定点は、官民境界地表面と定められているが、住民が振動を感じるのは家屋の中である。このため、振動感覚を振動の大きさと評価する場合には、地表面の振動レベルに対する家屋内の振動増幅量が大きな問題となる。

今回の計測では、過去の実測^{2),3)}でも示されているとおり、「家屋における振動増幅」により、地盤に比べ家屋内の振動レベルが大きくなることが再確認された。今回の計測結果は、水平方向平均で11.5dB、鉛直方向平均で7.1dBの増幅量であり、振動規制法で想定している5～6dBよりもかなり大きな値である。

また、振動増幅量の標準偏差は6～7dBと家屋毎のばらつきが大きいことから、地表面の振動レベルが同じ

でも、居住する家屋毎に実際に感じる振動は大きく異なると言える。

3. 振動レベルとアンケート結果の判別分析

高速道路の場合には、夜間特に明け方の重車両通行が多いことから、住民が睡眠姿勢をとっている場合が多い。また、都市部に近年増加している3階建て住宅などは、家屋における水平方向振動増幅が、鉛直方向よりも大きくなる場合が多いことなどから、振動規制法のように地表面の鉛直方向振動レベルだけでは、住民の振動感覚の評価方向として不十分になってきている。

他にも過去の研究等において、下記のように現行の振動規制法の問題点が指摘されている。

- a)道路交通振動のような間欠振動において、VL(L₁₀)値よりもピーク値が、住民感情を反映する。^{4),5)}
b)ISO 2631(1995)においては、間欠振動に対して、MTVV(Maximum Transient Vibration Value)法や、VDV(Vibration Dose Value)法などで、ピーク値を評価するよう規定している。⁶⁾
c)振動規制法では鉛直方向のみを採用しているが、ISO 2631/1(1985)では、Z軸を人の姿勢で定義し、横臥姿勢では、水平方向をZ軸として考える。⁷⁾
これらの問題点を踏まえて、以下の分析を行った。
サンプルを、家屋内振動測定に協力を得られた31家

表-4 測定平均値(dB)と判別分析による的中率(%)一覧表

測定項目			測定平均値dB(的中率%)				
			補正無し	振動数に応じた体感補正あり(JIS)			
			VALピーク	VLピーク	VL(L ₁₀)	L ₁₀ -L ₉₀	ピーク-L ₉₀
地盤の鉛直振動		官民境界地盤Z	57.2(47%)	52.8(-%)	44.1(-%) ^{※1}	12.1(-%)	—
		家屋脇地盤 Z	56.0(49%)	52.4(-%)	43.5(-%)	11.5(-%)	—
家屋内	鉛直振動	家屋中央 Z	63.1(59%)	55.5(55%)	47.3(51%)	10.1(62%)	19.0(57%)
		家屋柱脇 Z	57.9(55%)	52.7(53%)	44.2(53%)	10.4(62%)	18.9(66%)
		上記2者の大きい方	63.6(63%)	56.0(59%)	47.7(55%)	11.3(58%)	19.1(57%)
	水平振動	家屋内XYの最大値	61.3(55%)	56.1(63%)	46.6(57%)	11.5(51%)	21.5(53%)
		家屋内XYZの最大値	65.2(62%)	59.1(67%)	50.7(61%)	12.5(50%)	22.3(51%)

ここで、

- ※1：現状の振動規制法における計測方法
(-)：測定値の大きさと振動を感じる人の比率が逆の関係になることを示す。
※2：計測時間帯は、明け方に振動を感じる人が多いことと、重車量が多いことから、5～6時に着目した。

- VALピーク：5～6時の振動加速度レベル瞬間最大値
VLピーク：5～6時の振動レベル瞬間最大値
VL(L₁₀)：5～6時の振動レベル80%レンジ上端値
VL(L₉₀)：5～6時の振動レベル80%レンジ下端値
L₁₀-L₉₀、ピーク-L₉₀：暗振動と交通振動の差を意味する値として設定したもの

屋の居住者76人に絞り込み、「地震以外の異常な揺れを感じたことがありますか？」との設問に対する回答を目的変数にし、計測箇所別の様々な振動レベル測定値を説明変数にした判別分析を行った(表-4)。

なお、目的変数は、3者択一式の回答者(全76人)を振動をよく感じているグループ「①よく感じた42人」と、あまり感じていないグループ「②時々感じた27人+③ほとんど感じない+無回答7人」にカテゴリー化した。

この結果、振動感覚と振動測定値の相関が最も良いのは、家屋内XYZの最大値(鉛直・水平振動レベルピーク値のうち最大値、以下「家屋内VL(xyz,max)」と言う)であった。また、現行の振動規制法に基づくVL(L₁₀)値は振動感覚と比例関係がない結果となった。

4. 振動レベルと振動感覚閾値

判別分析の検証として、アンケート結果と最も相関の高い振動レベル計測値「家屋内VL(xyz,max)」と、振動感覚の関係を累積度数分布で表現したものを図-1に示す。この結果から、振動をよく感じる人が50%を超えるのは、家屋内VL(xyz,max)が58～60dB付近であることが分かる。

これは、ISO2631/1において示される振動感覚閾値の中央値(感覚補正加速度最大値0.015m/s²これを実効値に換算し振動レベルにすると60dBに相当する⁹⁾)とほぼ一致しており、妥当な結果と言える。

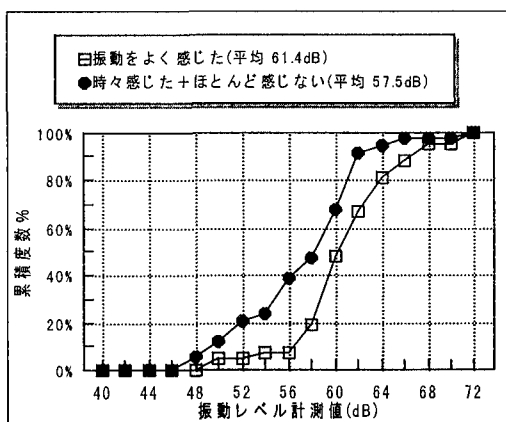


図-1 アンケートと家屋内VL(xyz,max)の関係

5. まとめ

以上の分析結果から、道路交通振動における評価指標として、現行の振動規制法に基づく計測方法以外に、下記の方法にて振動を評価する手法が考えられる。

ただし、振動発振源側(道路管理者)と受振側(家屋振動増幅が他と比べて極端に大きい場合など)の責任区分の整理が必要である。

(1)計測地点は、家屋内の居住位置(寝室・居間などの床中央)が望ましい。

実際に住民が振動を感じるのは、地盤上ではなく、家屋内の居住空間である。また、部屋の中央では、床組の鉛直たわみ振動(振動数10～20Hz付近)で柱脇に比べて鉛直振動が増幅することが多い。一般的な木造住宅では、床構造は図-2のような構造であり、1階床よりも2階床中央の方が鉛直振動増幅が大きい場合が多い¹⁰⁾。

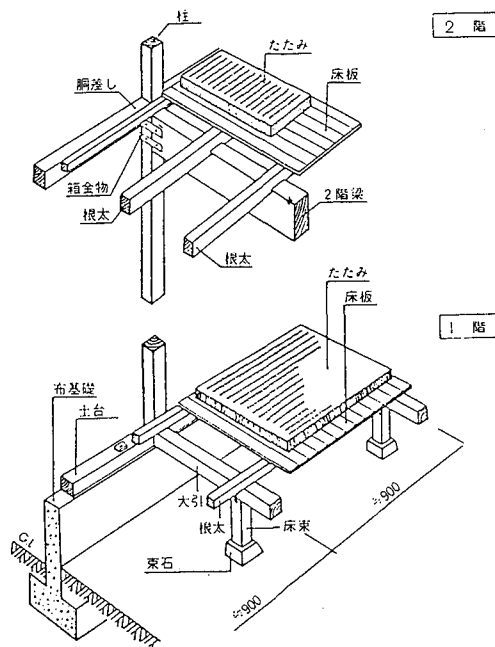


図-2 在来木造住宅の床構造⁹⁾

(2)計測方向は、水平方向と鉛直方向振動両者の厳しい方の値で代表するのが良い。

今回の測定では、家屋内の鉛直振動と水平振動は、ほぼ同程度のレベルであり、過去の調査⁹⁾でも同様の結果が報告されている。また、現行のJIS C1510-1995において振動周波数毎の体感補正量(図-3)は、水平方向と鉛直方向で異なることが定義しており、ISO 2631-1, 2(1985,1995)においては、Z軸を人の姿勢として定義し、睡眠姿勢では、水平方向と鉛直方向を逆転して考えることが示してある(図-4)。

また、水平方向の家屋固有振動数(2.5～5Hz付近)が地盤の固有振動数が近接していると、共振現象により20dB程度の過大な振動増幅が発生する場合がみられる⁹⁾。

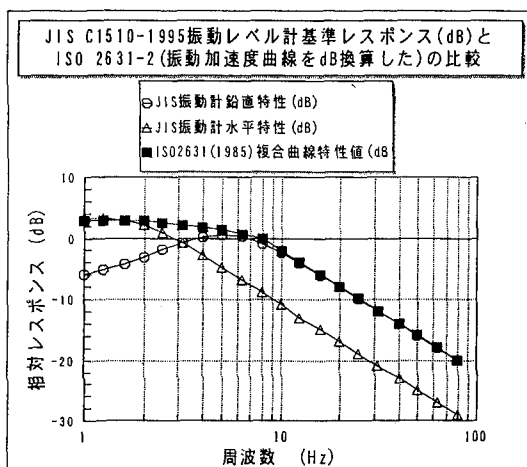


図-3 振動レベルの体感補正曲線

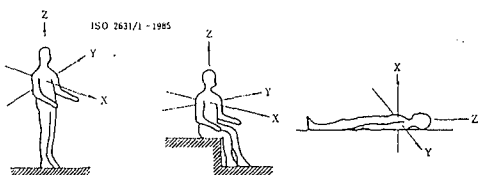


図-4 人体軸と振動方向

(3)計測値は、VL(L_{10})値ではなく、ピーク値とする。

特に夜間で交通量が少なく、走行速度が大きい時間帯の道路交通振動は、図-5に示すような間欠振動となる場合が多い。

振動レベルのピーク値の定義には、下記に示すように、過去に様々な方法が提案されてきた。これらを参考に最も適した方法を設定する必要がある。

- ①単純に最大値を採用する方法(単位時間例えば1時間の瞬間最大値≒MTVV法⁹⁾)
- ②ピーク上位10個のパワー平均を取る方法⁹⁾
- ③60dB以下を除いたパワー平均を取る方法⁹⁾
- ④4乗振動ドーズ法(VDV法⁹⁾)

現行の振動規制法に基づくJIS振動レベル計が普及していることと、実用性を考えると、阪神高速道路の場合には次の手法が適切であると考えられる。すなわち、大型車交通量が多いAM4:00～7:00のうち、平均走行速度が低下する前の5:00～6:00における、10分毎の瞬間最大値6個の算術平均値とする方法である。

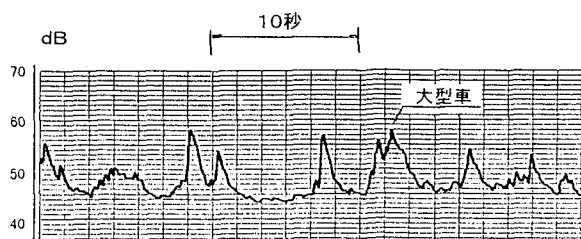


図-5 振動レベル時刻歴波形

参考文献)

- 1)徳永・西村・谷口・宮原:道路交通に起因する家屋振動増幅に関する一考察、第52回年次学術講演会概要集、平成9年9月
- 2)環境庁大気保全局特殊公害課:公害振動の新評価指標に関する研究結果報告書、平成2年3月
- 3)阪神高速道路公団:平成元年度道路交通振動対策に関する研究業務報告書、平成2年3月
- 4)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)
- 5)池館和江:二車線道路の交通振動公害と L_{10} 値規制問題、公害と対策、Vol.17 No.6(1981)
- 6)前田節雄:全身振動評価の国際動向、騒音制御、Vol.21 No.1(1997)
- 7)ISO 2631-2:1989(E) *Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Continuous and shock-induced vibration in buildings*
- 8)中野有朋:環境振動、(株)技術書院発行、1996年4月
- 9)大熊勝壽:新幹線沿線木造住宅における振動対策、音響技術、No39/aug.1982