

建屋内振動の測定方法の検討とその実測結果について

宮本 俊二 笹谷 純子

1 はじめに

工場、建設工事現場、交通機関などから発生する振動は、地盤を媒体として伝搬し、周辺の建屋をゆすり、そこに居住する人間に影響を及ぼすほか、時には物的被害を引き起すこともある。この場合に、建屋という構造物によって、伝搬してきた振動が拡大され、建屋内ではより大きな振動となってあらわれるとされている。このために、振動による被害の実態を究明するにあたっては、建家内の振動の発生状況を把握することが必要とされる。

振動測定においては、ある面に振動ピックアップを設置した場合に、その面の設置点におけるコンプライアンスと振動ピックアップの重量、形状などに起因する接触共振の影響によって、測定誤差が大きくなる場合がある。建屋内では種々の材質の材料が使われているが、これらの面に振動ピックアップを設置した場合の接触共振の影響についての検討が十分にされているとはいえない。

また、伝搬してきた振動によって、建屋の各部にどのような振動が発生し、どの程度拡大しているかを調べることも必要である。

これらの点を解明するために、木造床組模型と振動台を用いて実験を行って建屋内の床面に振動ピックアップを設置した場合の接触共振の影響について検討し、さらに、道路および鉄道の沿線の木造住宅において、地面振動と建屋内振動を実測して、これらのレベル関係および建屋内のレベル分布について解析を試みたので、これらの結果について報告する。

2 接触共振に関する実験

(1) 実験の概要

建屋内における振動測定は床面振動について行われることが多く、また、木造住宅では、床面はフローリング、表面仕上げ積層合板、プラスチックタイル、畳などで形成されている場合が大半である。

このことから、実験にあたっては、なるべく実際の測定条件と類似の条件で実験できるようにするために、ア

ピトンフローリング、寄木仕上げ積層合板、プラスチックタイル、畳を床材料とし、木造住宅の床組と同一構造をした床組模型を4組製作して、つぎの実験を行った。

これらの床組模型を垂直振動台および水平振動台に据え付け、振動レベル計の振動ピックアップを各床組模型の床面に設置して、動電形加振機で励振した場合の

- ① 振動ピックアップの周波数特性
- ② 衝撃振動および準定常振動についての加速度レベル^{注1)}と振動レベル^{注2)}の測定誤差

を求め、この結果から、各床面に振動ピックアップを設置した場合の共振特性を解析するとともに、加速度レベルと振動レベルの測定および周波数分析を行う場合の誤差の範囲および測定の適否について検討を行った。

(2) 実験方法

実験した振動レベル計は市販品3種で、振動ピックアップの形状寸法は表1のとおりである。いずれの振動レベル計も振動レベル計規格¹⁾の総合周波数レスポンスの仕様を満足する特性を有することを事前に確認してある。

床組模型の形状、寸法は図1のとおりで、床材料の仕様は図1のとおりである。

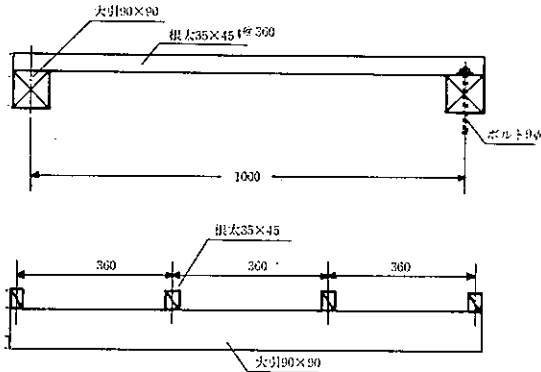
実験にあたっては、床組模型は垂直振動台および水平振動台にボルト締めで固定し、基準ピックアップは各床面に瞬間接着剤で固定した。ただし、畳の場合は3本の釘で畳床に固定したラワン材(長さ200mm、幅200mm、厚さ10mm)の面に瞬間接着剤で固定した。被試験振動レベル計の振動ピックアップは、アピトンフローリング、寄木仕上げ積層合板、プラスチックタイルの場合はそのまま床面に据え置き、畳の場合は両面接着テープで畳表に接着させたラワン材(長さ200mm、幅200mm、厚さ10mm)の面にそのまま設置した。

正弦振動による周波数特性についての実験では、垂直振動および水平振動のいずれの場合も、基準ピックアップを参照として、周波数20Hzで加速度レベル100dBとなるように校正し、3~120Hzの周波数範囲について実験した。衝撃振動および準定常振動に対する加速度レベ

註 1) 加速度レベル = $20 \log_{10} \frac{A}{A_0}$ (dB)
 A : 下図の平坦特性で補正した振動加速度実効値
 $A_0 : 10^{-5} \text{m/s}^2$

註 2) 振動レベル = $20 \log_{10} \frac{A_n}{A_0}$ (dB)
 A_n : 下図の振動感覚補正特性で補正した振動加速度実効値
 $A_0 : 10^{-5} \text{m/s}^2$

図1 床組模型と床材料の概要



仕上材の種類	形状・寸法	取付方法
Pタイル	⑩2.0mm 300×300	下地：床板+ラワン合板 (⑩12mm) (⑩13mm)
畳	⑩60mm	下地・床板 ⑩12mm 間隙に畳芯(30×60)あり
積層合板	⑩13mm	釘と接着材の併用
アビトン	⑩15mm 幅90mm	釘止め

表1 実験した振動ピックアップの概要

略称	変換方式	素子数	形状寸法	重さ	脚の数,長さ	備考
A形	動電形	1	円筒状, 52φ×98	約 800 g	3, 3mm	
B形	圧電形	1	立方体, 50×50×50	800 g	3, 3mm	
C形	圧電形	3	立方体, 170×70×130	2, 300 g	3, 3mm	
基準 ピックアップ	圧電形	1	六角柱状0.62φ×1.5	35 g	なし	ENDEVCO社(米) 2270

図2 実験系の構成

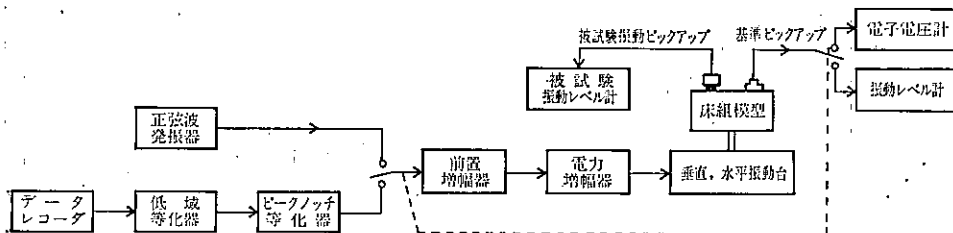


図3 垂直振動についての振動ピックアップの周波数特性

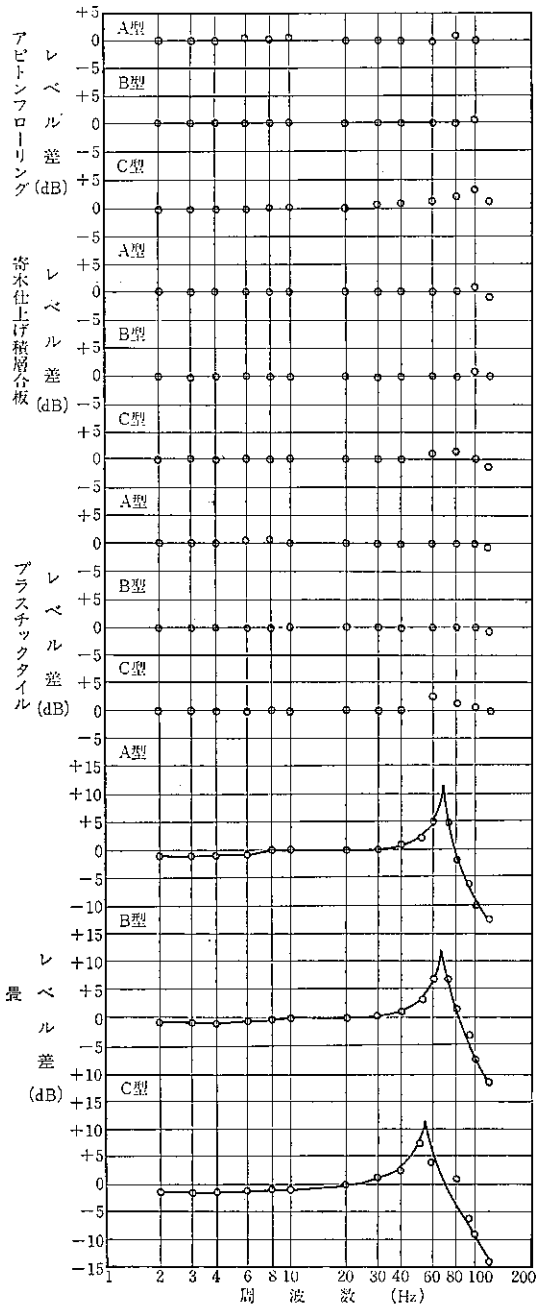
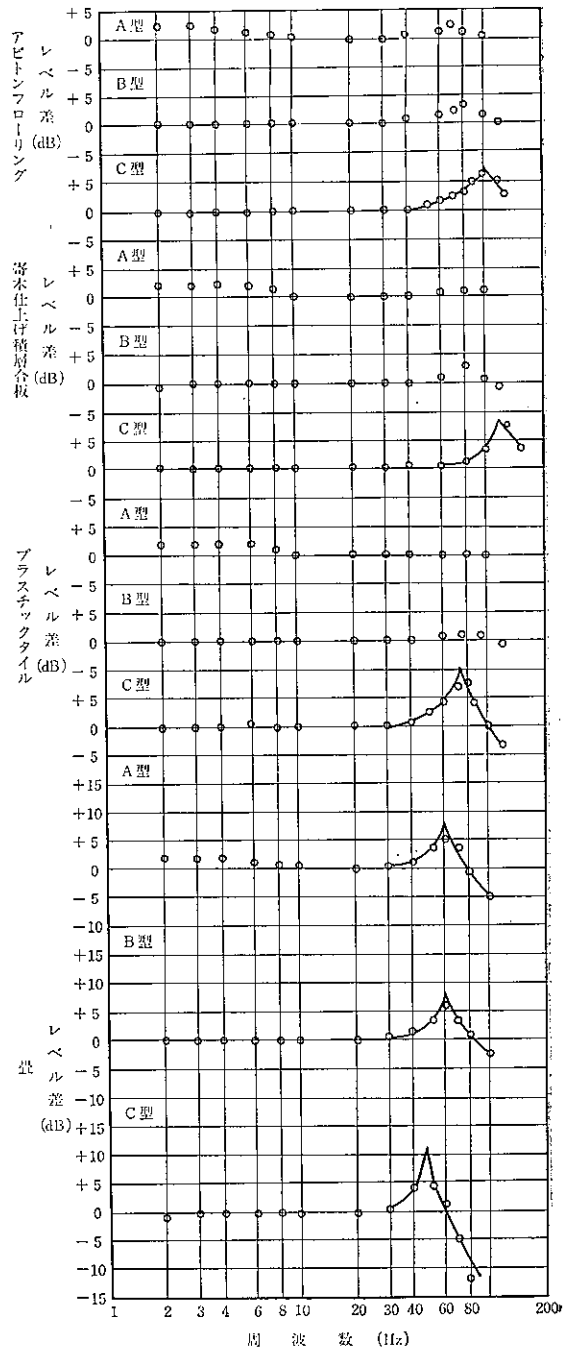


図4 水平振動についての振動ピックアップの周波数特性



ルと振動レベルの測定誤差を調べる実験では、衝撃振動としてはくい打ち地点から10mの距離におけるくい打ちによる地面振動を、準定常振動としては鉄軌道中心から10mの距離における電車走行による地面振動をそれぞれ用い、これらの振動加速度波形が各床組模型の床面においてはほぼ類似した波形で再生されるように、振動台および各床組模型の振動加速度-周波数特性をアナログ式等化器で周波数補償して、実験を行った。この場合の印加振動のレベルは、垂直振動および水平振動のいずれの場合も、各床面に固定した基準ピックアップにおいて、加速度レベルで90~100dBである。

実験系の構成は図2に示したとおりである。

(3) 実験結果と考察

① 各床組模型上における振動ピックアップの周波数特性

アピトンフローリング、寄木仕上げ積層合板、プラスチックタイル、畳を床面とする床組模型上に、A形、B形、C形の振動ピックアップを設置したときの垂直振動および水平振動についての周波数特性を測定した結果を示したものが、それぞれ図3および図4である。図において、縦軸は基準ピックアップと被試験振動ピックアップのレベル差(dB)で、横軸は試験周波数(Hz)である。

ア アピトンフローリングの場合

垂直振動では、A形およびB形の振動ピックアップはいずれもほぼ平坦であるが、C形の振動ピックアップでは100Hz前後に約3dBのピークをもつ共振があらわれている。水平振動では、A形の振動ピックアップは70Hz前後に、B形の振動ピックアップは80Hz前後にそれぞれ約3dBのピークをもつ共振があらわれており、C形の振動ピックアップには100Hz前後に約6dBのピークをもつ共振があらわれている。また、A形の振動ピックアップには2~6Hzの間で約2dBのレベル上昇がみられる。

イ 寄木仕上げ積層合板

垂直振動では、A形およびB形の振動ピックアップはいずれもほぼ平坦であるが、C形の振動ピックアップは80Hz前後に約2dBのピークをもつ共振があらわれている。水平振動では、A形の振動ピックアップは8Hz以上ではほぼ平坦であるが、2~6Hzの間で約2dBのレベル上昇がみられ、B形の振動ピックアップには80Hz前後に約3dBのピークをもつ共振があらわれている。C形の振動ピックアップには120Hz前後に約7dBとみら

れるピークをもつ共振があらわれている。

ウ プラスチックタイルの場合

垂直振動では、A形およびB形の振動ピックアップはいずれもほぼ平坦であるが、C形の振動ピックアップには60Hz前後に約3dBとみられるピークをもつ共振があらわれている。水平振動では、A形の振動ピックアップは2~6Hzの間で約2dBのレベル上昇がみられるが、8Hz以上ではほぼ平坦である。B形の振動ピックアップはほぼ平坦であるが、C形の振動ピックアップには70Hz前後に約10dBとみられるピークをもつ共振があらわれている。

エ 畳の場合

垂直振動では、A形およびB形の振動ピックアップはいずれも70Hz前後に12~15dBとみられるピークをもつ共振があらわれており、C形の振動ピックアップには50Hz前後に約12dBとみられるピークの共振があらわれている。

水平振動では、A形およびB形の振動ピックアップはいずれも60Hz前後に約7dBとみられるピークの共振があらわれており、C形の振動ピックアップには50Hz前後に約15dBとみられるピークの共振があらわれている。また、どの振動ピックアップも60~80Hz前後からレベル差がマイナスとなることが示されている。

以上の結果をまとめると、つぎのようになる。

A形とB形の振動ピックアップは、垂直振動および水平振動のいずれの場合もほぼ類似した周波数特性を示しており、畳の場合を除き、他の床面の場合の周波数特性はほぼ平坦であるとしてよく、加速度レベルと振動レベルの測定および周波数分析で接触共振による影響が問題とされることは少いと考えられる。C形の振動ピックアップは、垂直振動についてのアピトンフローリング、寄木仕上げ積層合板、プラスチックタイルの場合には周波数特性はほぼ平坦とみなしてよいと考えられるが、水平振動についてのアピトンフローリング、寄木仕上げ積層合板、プラスチックタイルの場合には70~120Hzの間にピークが約7~12dBとみられる共振があらわれていることから、加速度レベルの測定と周波数分析には若干の誤差を伴うものとおもわれる。しかし、振動レベルの測定の場合には、振動レベルとは加速度レベルに周波数補正を加えた量であり、70~120Hzの周波数範囲では-18~-24dBの補正を加えることになることから、接触共振

による影響は比較的小さくなるものと考えられる。

畳の場合は、畳表の凹凸による振動ピックアップのガタツキを避けるために、この実験では前述の設置方法を採用したのであるが、垂直振動および水平振動のいずれの場合も、70~80Hz 近辺からレベル差がマイナスとなっており、畳床と畳表との結合が密でないために、周波数の高い領域では、振動の伝達が円滑に行われていないことを示している。接触共振による影響も無視できないが、振動ピックアップの設置方法に問題があることを示しており、畳の上での振動計測のむずかしさを物語っている。

また、A形の振動ピックアップでは、2~6Hz の範囲で約2dB のレベル上昇が水平振動でみられるが、これはA形の振動ピックアップのももとの周波数特性であって、床面に設置したことによる影響ではない。工場機械、建設機械、交通機関などによる振動は、ほとんどが10~60Hz の間に振動の主成分があるので、この特性が問題になることは少ないものとおもわれる。

- ② 衝撃振動および準定常振動による加速度レベル、振動レベルの測定誤差に関する実験
アピトンフローリング、寄木仕上げ積層合板、プラス

表2 垂直振動についての加速度レベル、振動レベルの差

床種材の類	ピックアップの型	衝撃振動		準定常振動	
		加速度レベルの差 (dB)	振動レベルの差 (dB)	加速度レベルの差 (dB)	振動レベルの差 (dB)
アピトンフローリング	A 型	0 (0~+1)	0 (0~+1)	0 (0~+1)	0 (-1~+1)
	B 型	0 (0~+1)	0 (-1~0)	0 (0~+1)	0 (-1~+1)
	C 型	0 (0~+1)	0 (0~+1)	+1 (0~+1)	0 (0~+1)
寄木仕上げ積層合板	A 型	0 (0~+1)	0 (-1~0)	0 (0~+1)	0 (-1~0)
	B 型	0 (0~+1)	0 (-1~0)	0 (0~+1)	0 (-1~0)
	C 型	0 (0~+1)	0 (0~+1)	+1 (0~+1)	0 (0~+1)
プラスティックタイル	A 型	0 (0~+1)	0 (0~+1)	0 (0~+1)	0 (0~+1)
	B 型	0 (0~+1)	0 (0~+1)	0 (0~+1)	0 (0~+1)
	C 型	0 (+1~+2)	0 (0~+1)	+1 (+1~+2)	0 (0~+1)

チックタイルを床面とする場合について、くい打ち振動および電車走行に伴う振動を印加したときの基準ピックアップとA形、B形、C形の振動ピックアップによる加速度レベルおよび振動レベルの差を、垂直振動および水平振動について示したものが表2、表3である。

垂直振動では、くい打ち振動および電車振動のいずれの場合も、基準ピックアップとA形、B形、C形の振動ピックアップの加速度レベル、振動レベルの差は、どの床面の場合もほとんどなく、接触共振の影響はほとんどないものと考えられる。前項の実験では、A形、B形、C形の振動ピックアップはいずれもこれらの床面での周波数特性がほぼ平坦であるという結果が得られていたが、この結果と一致している。

水平振動では、A形とB形の振動ピックアップは、どの床面の場合も、ほぼ近似した基準ピックアップとのレベル差を示しており、加速度レベルでは0~2dB、振動レベルでは0~1dBのレベル差となっている。これは、前項の実験結果にあるように、接触共振の影響と考えられるが、振動レベル計の主要周波数範囲での許容差が±2dBであることを考慮に入れると、±1~2dB程度のレベル差が問題とされることはまずないものと考えられ

表3 水平振動についての加速度レベル、振動レベルの差

床種材の類	ピックアップの型	衝撃振動		準定常振動	
		加速度レベルの差 (dB)	振動レベルの差 (dB)	加速度レベルの差 (dB)	振動レベルの差 (dB)
アピトンフローリング	A 型	+1 (0~+1)	0 (-1~+1)	+1 (0~+1)	0 (0~+1)
	B 型	+2 (+1~+2)	+1 (0~+1)	+2 (+2~+4)	+1 (0~+1)
	C 型	+4 (+3~+4)	+2 (0~+2)	+3 (+3~+4)	+2 (+2~+3)
寄木仕上げ積層合板	A 型	0 (0~+1)	0 (0~+1)	+1 (0~+1)	0 (0~+1)
	B 型	+1 (+1~+2)	0 (-1~+1)	+1 (+1~+2)	0 (0~+1)
	C 型	+2 (+2~+4)	+1 (0~+2)	+2 (+2~+3)	+1 (0~+1)
プラスティックタイル	A 型	+2 (+1~+2)	+1 (0~+1)	+2 (+4~+2)	+1 (+1~+2)
	B 型	+1 (0~+1)	0 (0~+1)	+1 (0~+1)	0 (0~+1)
	C 型	+4 (+4~+5)	+2 (+2~+3)	+4 (+4~+5)	+2 (+2~+3)

る。C形の振動ピックアップは、アピトンフローリング、プラスチックタイルの場合には、加速度レベルでの基準ピックアップとのレベル差が3～4dB となっており、前項の実験結果にあるように、接触共振の影響があらわれているが、振動レベルについてのレベル差は2dBで、実用上とくに支障となることはないものと考えられる。寄木仕上げ積層合板の場合は、加速度レベルについてのレベル差は2dB、振動レベルについてのレベル差は1dB であり、実用上ほとんど問題はおきないものと考えられる。

3 建屋内外の振動の実測調査

(1) 実測調査の概要

実測調査は、道路沿いおよび鉄道沿線の木造住宅を対象として行ったが、その内訳は

① 2車線道路 3道路

1道路当り住宅数 3～4軒 計10軒

② 国電、私鉄沿線 3ヵ所

1ヵ所当り住宅数 3～4軒 計10軒

である。木造住宅としては、道路または線路に直面しかつ一般的家屋構造とみられる、二階屋および平屋の個人住宅を実測対象とした。

各住宅においては、建屋沿いの地面および建屋内の床面における上下方向と水平の2方向の3方向の振動レベルを測定量としたが、図5に例示するように、地面の場合には建屋に沿いかつ道路または線路からの距離を異にする2～3ヵ所の測定点を、建屋内の場合には1階と2階のそれぞれに2～3ヵ所の測定点をそれぞれ設けて、

測定を行った。

これらの測定結果から、建屋沿いと建屋内の振動のレベル分布および建屋内外の振動のかかりあい方についての解析をし、建屋内の振動の発生状況および建屋による振動増幅の程度についての検討を行った。

(2) 測定方法

測定量はX方向、Y方向、Z方向の振動レベルであるが、地面および建屋内のいずれの場合も、水平方向では建屋の長手方向をX方向、短手方向をY方向とし、上下方向はZ方向とした。

測定は、すべての測定点における振動の方向別の振動の検出に同時性をもたせるために、3チャンネル振動レベル計を地面、1階、2階のそれぞれに1組のように用

図5 振動ピックアップの配置例

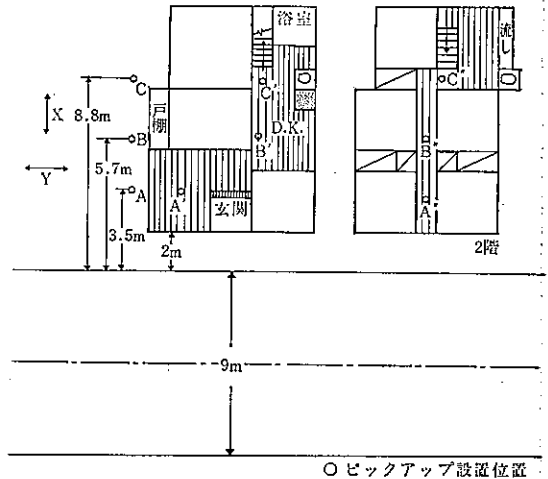
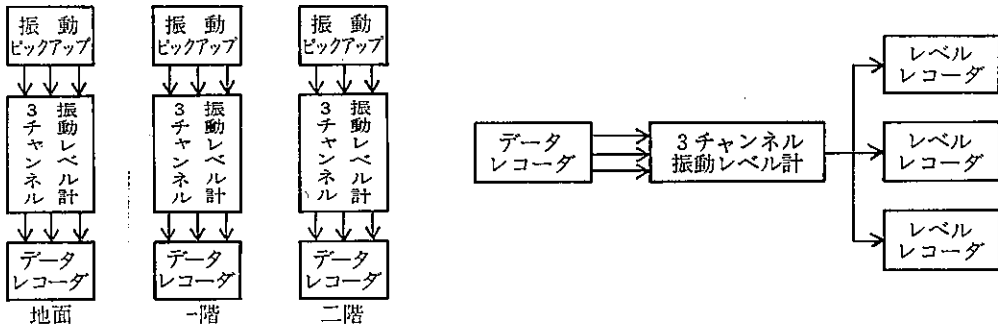


図6 測定系の構成



3チャンネル振動レベル計：リオンVM-08A 2台、VM-13 1台
データレコーダ：ソニーPFM-15 2台、ティアックR-40 1台
レベルレコーダ：リオンLR-03 3台

表4 道路沿いにおける建屋内外の振動レベルの測定結果

(単位: dB)

測定場所	車種	X								
		地 面			1 階			2 階		
		A	B	C	A'	B'	C'	A''	B''	C''
葛飾区 細田・高砂	1 乗用車 小型車 大型車・バス	41 (37~45)	41 (37~52)	40 (35~50)	41 (38~50)	36 (31~41)	40 (35~48)			
		47 (40~50)	47 (42~52)	44 (36~50)	46 (38~54)	40 (34~44)	45 (41~50)			
		55 (52~58)	52 (43~61)	52 (50~54)	54 (49~61)	50 (46~53)	50 (46~53)			
	2 乗用車 小型車 大型車・バス	49 (43~54)	41 (38~43)	46 (43~48)	47 (42~50)	42 (40~43)	43 (42~43)	52 (49~53)	50 (49~51)	
		48 (44~52)	42 (39~44)	45 (42~48)	49 (43~58)	44 (40~51)	43 (41~46)	52 (50~53)	51 (49~55)	
		50 (47~53)	43 (41~49)	46 (44~50)	51 (45~55)	45 (44~47)	45 (43~48)	52 (50~54)	52 (48~54)	
	3 乗用車 小型車 大型車・バス	45 (40~51)	43 (38~50)	47 (41~51)	46 (40~53)	37 (33~43)	44 (40~46)	51 (47~55)	48 (46~50)	51 (47~53)
		43 (39~50)	42 (37~49)	44 (40~48)	51 (42~55)	39 (36~45)	48 (43~59)	53 (49~62)	49 (47~57)	52 (49~59)
		48 (39~52)	46 (38~51)	49 (41~55)	52 (43~63)	42 (34~48)	50 (42~55)	55 (51~60)	51 (47~54)	54 (50~58)
世田谷区 下馬通り	4 乗用車 小型車 大型車・バス	52 (41~62)	47 (35~61)		40 (31~49)	39 (30~59)	42 (33~52)	54 (48~60)	50 (45~58)	52 (45~59)
		52 (46~63)	49 (44~62)		42 (38~46)	41 (36~45)	46 (39~50)	57 (51~61)	54 (48~58)	55 (45~60)
		58 (51~69)	58 (52~68)		50 (42~59)	50 (44~57)	53 (45~62)	62 (59~65)	58 (55~61)	55 (50~62)
	5 乗用車 小型車 大型車・バス	52 (45~56)	49 (45~52)	48 (44~52)	53 (48~59)	50 (45~54)		53 (47~57)		
		54 (39~59)	50 (38~52)	50 (37~57)	55 (47~59)	51 (42~55)		55 (46~59)		
		63 (55~67)	59 (52~64)	59 (51~64)	64 (53~70)	51 (49~73)		63 (53~74)		
	6 乗用車 小型車 大型車・バス	53 (47~61)	47 (41~55)		41 (37~46)			42 (37~50)	43 (39~49)	
		55 (47~61)	49 (42~56)		41 (38~45)			42 (37~46)	43 (39~49)	
		65 (57~70)	59 (51~65)		51 (47~56)			53 (48~58)	55 (52~58)	
7 乗用車 小型車 大型車・バス	41 (37~43)	40 (36~44)	40 (37~44)	43 (36~51)	44 (35~53)	41 (36~48)	49 (45~55)	47 (44~53)		
	45 (38~52)	44 (36~51)	43 (35~51)	47 (40~53)	46 (39~52)	46 (39~52)	49 (45~51)	47 (42~49)		
	48 (42~52)	48 (42~51)	46 (41~50)	54 (46~66)	54 (48~61)	51 (45~57)	53 (49~59)	51 (46~58)		
世田谷区 梅丘通り	8 乗用車 小型車 大型車・バス	43 (38~48)	44 (36~52)	44 (37~61)	50 (47~52)	48 (43~49)	49 (47~51)	47 (44~53)	43 (39~47)	46 (42~52)
		44 (37~54)	46 (42~52)	42 (38~51)	50 (47~52)	48 (45~51)	49 (47~52)	48 (42~57)	45 (39~50)	45 (41~53)
		50 (49~51)	53 (49~58)	54 (51~55)	61 (52~70)	58 (55~62)	51 (50~53)	57 (50~64)	52 (49~56)	48 (45~49)
	9 乗用車 小型車 大型車・バス	41 (34~46)	42 (35~49)	41 (32~47)	45 (35~62)	37 (33~44)	39 (34~44)			
		42 (34~45)	42 (35~47)	42 (37~48)	47 (40~55)	38 (36~41)	38 (36~43)			
		51 (49~53)	52 (49~52)	50 (47~51)	58 (52~62)	48 (41~53)	51 (43~56)			
	10 乗用車 小型車 大型車・バス	39 (34~48)	37 (32~48)	37 (31~48)	43 (35~49)	39 (33~46)	41 (36~54)	50 (47~51)	50 (45~54)	49 (46~50)
		40 (35~51)	39 (33~48)	38 (32~48)	44 (36~50)	42 (35~51)	42 (35~50)	50 (48~52)	50 (46~52)	49 (46~50)
		41 (40~42)	39 (38~40)	37 (34~39)	46 (39~59)	39 (38~41)	42 (40~44)	51 (47~56)	52 (44~66)	50 (45~63)

表4 (つづき)

測定場所	車種	Y								
		地 面			1 階			2 階		
		A	B	C	A'	B'	C'	A''	B''	C''
葛飾区 細田 高砂	1 乗用車 小型車 大型車・バス	43 (39~51)	44 (38~50)	41 (35~48)	43 (38~51)	38 (34~45)	44 (38~56)			
		48 (42~53)	48 (42~54)	45 (40~51)	47 (40~53)	42 (37~47)	50 (40~59)			
		59 (55~62)	61 (60~63)	58 (55~62)	57 (53~59)	53 (50~55)	57 (56~59)			
	2 乗用車 小型車 大型車・バス	45 (42~49)	43 (41~47)	46 (43~49)	45 (40~50)	44 (42~47)	42 (40~45)	51 (48~53)	49 (46~55)	51 (48~54)
		47 (42~50)	44 (42~46)	45 (42~50)	46 (41~54)	45 (41~48)	43 (40~48)	53 (51~57)	51 (48~55)	54 (51~60)
		52 (44~58)	48 (42~52)	51 (44~56)	53 (46~62)	52 (44~56)	48 (43~51)	56 (52~61)	56 (51~62)	57 (51~60)
	3 乗用車 小型車 大型車・バス	42 (35~46)	40 (35~44)	43 (39~47)	43 (38~51)	38 (36~44)	44 (40~50)	51 (49~54)	49 (42~51)	51 (48~53)
		45 (40~50)	42 (37~48)	44 (39~49)	46 (41~51)	39 (36~42)	46 (40~49)	51 (48~54)	51 (47~54)	52 (49~56)
		50 (47~56)	47 (40~53)	50 (43~55)	52 (43~69)	44 (39~52)	52 (44~61)	54 (49~59)	55 (44~62)	56 (51~64)
世田谷区 下馬通 り	4 乗用車 小型車 大型車・バス	44 (39~50)	44 (37~58)		38 (33~45)	42 (35~51)	42 (37~46)	50 (48~51)	48 (46~50)	51 (47~62)
		53 (49~56)	50 (45~56)		41 (38~48)	46 (38~50)	44 (40~51)	51 (49~56)	47 (46~50)	56 (50~69)
		60 (54~66)	58 (52~62)		50 (46~53)	62 (61~63)	57 (55~60)	59 (59~59)	56 (53~58)	69 (62~75)
	5 乗用車 小型車 大型車・バス	52 (42~57)	55 (44~60)	54 (45~59)	50 (47~57)	51 (46~55)		57 (48~64)		
		55 (40~62)	58 (42~63)	56 (41~62)	51 (45~57)	52 (45~57)		59 (48~66)		
		63 (55~68)	66 (58~71)	66 (57~72)	58 (51~63)	63 (55~67)		69 (63~74)		
	6 乗用車 小型車 大型車・バス	53 (42~56)	48 (38~52)		42 (40~47)			45 (39~54)	43 (39~49)	
		56 (45~70)	52 (46~64)		40 (35~48)			48 (41~52)	44 (38~47)	
		65 (58~74)	60 (54~69)		45 (39~52)			53 (46~59)	52 (46~57)	
7 乗用車 小型車 大型車・バス	43 (39~51)	44 (38~49)	42 (37~52)	45 (37~52)	46 (41~53)	45 (41~50)	48 (44~50)	47 (45~48)		
	45 (39~53)	45 (39~51)	43 (38~49)	47 (37~53)	48 (41~54)	45 (40~50)	49 (45~50)	49 (46~50)		
	50 (41~55)	52 (46~57)	49 (45~55)	57 (49~67)	55 (49~60)	55 (47~63)	50 (49~51)	49 (48~50)		
世田谷区 梅丘 通り	8 乗用車 小型車 大型車・バス	47 (41~57)	47 (38~53)	44 (39~52)	50 (46~54)	46 (43~49)	49 (46~53)	50 (44~58)	46 (40~63)	43 (37~48)
		47 (33~61)	47 (37~57)	45 (36~58)	49 (47~53)	45 (43~47)	48 (46~50)	50 (44~58)	45 (38~52)	43 (37~52)
		56 (55~57)	57 (53~60)	54 (53~55)	53 (50~56)	47 (45~49)	43 (49~56)	60 (59~61)	56 (55~57)	53 (48~57)
	9 乗用車 小型車 大型車・バス	38 (31~46)	40 (31~48)	38 (33~42)	48 (36~57)	45 (36~52)	41 (36~49)			
		38 (33~47)	41 (34~51)	41 (36~48)	53 (40~68)	48 (39~57)	43 (36~51)			
		44 (40~48)	47 (42~49)	46 (42~49)	66 (62~75)	59 (49~70)	56 (46~64)			
	10 乗用車 小型車 大型車・バス	40 (36~45)	39 (35~47)	39 (35~44)	45 (36~56)	39 (36~43)	42 (36~50)	53 (48~60)	50 (46~57)	51 (46~54)
		43 (36~46)	42 (33~50)	42 (33~51)	45 (37~54)	42 (37~50)	43 (36~49)	51 (49~62)	49 (46~52)	50 (47~52)
		51 (46~60)	49 (43~59)	46 (43~55)	54 (43~67)	46 (40~54)	52 (40~54)	53 (49~64)	50 (48~52)	50 (47~53)

表4 (つづき)

測定場所	車種	Z								
		地面			1階			2階		
		A	B	C	A'	B'	C'	A''	B''	C''
葛飾区 細田 高砂	1 乗用車 小型車 大型車・バス	53 (48~56)	50 (45~53)	49 (45~52)	52 (48~62)	50 (47~53)	52 (46~59)			
		58 (48~64)	55 (43~61)	54 (46~59)	57 (47~61)	55 (45~59)	57 (50~68)			
		63 (57~71)	61 (53~67)	60 (52~65)	63 (60~69)	61 (56~67)	62 (57~64)			
	2 乗用車 小型車 大型車・バス	53 (48~56)	51 (48~56)	52 (47~57)	61 (55~67)	55 (49~60)	53 (49~56)	54 (50~60)	52 (48~58)	57 (52~62)
		58 (53~65)	54 (49~61)	53 (49~61)	63 (56~71)	60 (52~65)	56 (51~62)	57 (51~63)	55 (50~60)	61 (53~68)
		62 (52~71)	58 (50~64)	59 (51~66)	68 (57~72)	63 (55~73)	59 (51~66)	62 (54~69)	59 (52~63)	66 (54~71)
	3 乗用車 小型車 大型車・バス	47 (44~53)	45 (41~52)	48 (41~53)	56 (50~67)	51 (46~58)	53 (47~60)	51 (48~54)	50 (47~55)	51 (48~55)
		52 (45~58)	49 (43~56)	51 (44~59)	61 (48~73)	55 (49~63)	55 (49~63)	55 (49~62)	54 (48~58)	53 (49~60)
		55 (43~60)	53 (40~57)	54 (42~59)	64 (55~78)	58 (53~65)	58 (51~63)	59 (51~66)	57 (50~62)	56 (50~60)
世田谷区 下馬通 り	4 乗用車 小型車 大型車・バス	51 (41~63)	43 (36~51)		50 (42~60)	53 (44~66)	55 (46~60)	59 (50~62)	55 (47~61)	58 (49~65)
		55 (44~66)	47 (40~58)		55 (44~70)	56 (45~65)	56 (46~66)	61 (52~66)	57 (46~62)	62 (53~69)
		67 (66~67)	58 (58~58)		68 (63~72)	72 (71~73)	71 (70~72)	72 (70~74)	63 (62~64)	75 (74~75)
	5 乗用車 小型車 大型車・バス	61 (52~69)	62 (53~71)	60 (49~67)	67 (58~74)	64 (46~72)		61 (41~70)		
		65 (60~72)	64 (50~73)	63 (51~71)	70 (60~80)	68 (61~78)		65 (56~75)		
		71 (71~82)	75 (71~81)	74 (70~80)	82 (78~87)	78 (68~86)		77 (73~83)		
	6 乗用車 小型車 大型車・バス	56 (50~62)	52 (46~59)		51 (44~58)			49 (44~58)	47 (39~53)	
		61 (53~65)	55 (47~59)		54 (47~62)			52 (45~60)	50 (42~57)	
		70 (56~77)	64 (52~71)		63 (51~71)			63 (51~71)	59 (48~65)	
7 乗用車 小型車 大型車・バス	48 (42~53)	44 (37~48)	41 (37~45)	56 (47~70)	54 (50~57)	53 (46~63)	51 (48~58)	51 (47~64)		
	50 (43~53)	44 (40~48)	43 (39~47)	57 (50~64)	54 (50~59)	54 (48~63)	51 (48~57)	52 (48~64)		
	52 (42~57)	48 (41~51)	46 (40~50)	63 (55~72)	59 (52~63)	61 (55~72)	56 (51~68)	60 (52~80)		
世田谷区 梅丘 通り	8 乗用車 小型車 大型車・バス	54 (47~64)	53 (45~66)	48 (41~60)	56 (51~66)	53 (49~58)	54 (50~65)	59 (45~70)	54 (48~66)	52 (48~61)
		54 (47~62)	53 (44~63)	47 (36~57)	57 (51~63)	53 (47~62)	55 (49~61)	59 (47~67)	54 (48~61)	52 (46~59)
		63 (60~71)	65 (57~70)	57 (52~64)	63 (61~70)	60 (56~68)	65 (56~79)	69 (64~75)	63 (59~69)	60 (55~67)
	9 乗用車 小型車 大型車・バス	47 (38~58)	46 (40~56)	48 (39~63)	63 (51~70)	51 (44~61)	51 (43~56)			
		48 (44~52)	50 (47~52)	49 (42~55)	65 (55~74)	54 (45~62)	49 (45~52)			
		55 (50~62)	52 (49~59)	52 (46~56)	71 (59~81)	60 (50~67)	62 (52~74)			
	10 乗用車 小型車 大型車・バス	48 (36~58)	43 (34~57)	42 (33~55)	48 (41~56)	43 (37~61)	43 (40~45)	59 (50~72)	53 (47~63)	52 (48~59)
		51 (45~55)	43 (38~46)	42 (34~48)	50 (47~53)	43 (39~48)	42 (41~42)	57 (51~63)	50 (47~53)	49 (48~51)
		51 (41~60)	46 (40~56)	43 (37~50)	57 (45~70)	50 (43~62)	60 (45~72)	63 (53~75)	59 (48~77)	57 (49~66)

表5 鉄道沿線における建屋内外の振動レベルの測定結果

(単位: dB)

			X			Y			Z		
			A	B	C	A'	B'	C'	A''	B''	C''
小 田 急 線	1	地 面	79 (71~83)	70 (67~74)	76 (73~79)	76 (71~79)	72 (68~75)	76 (72~79)	77 (73~79)	72 (68~75)	75 (71~78)
		一 階	69 (61~74)	64 (61~69)	69 (65~72)	66 (62~70)	60 (56~62)	70 (67~72)	76 (72~79)	78 (73~82)	80 (77~83)
	2	二 階	65 (62~68)	65 (60~69)	64 (60~68)	66 (63~70)	62 (60~65)	64 (60~67)	75 (69~81)	71 (66~72)	72 (70~75)
		地 面	77 (73~81)	74 (69~79)	72 (67~77)	78 (74~83)	74 (69~79)	74 (71~80)	73 (69~77)	70 (66~75)	72 (69~76)
	3	一 階	61 (56~65)	60 (57~65)	62 (57~66)	62 (58~68)	62 (60~65)	64 (62~65)	65 (61~68)	73 (66~77)	65 (63~69)
		二 階	80 (77~81)	77 (74~78)	76 (74~78)	78 (73~88)	77 (72~80)	76 (71~80)	74 (71~75)	72 (68~73)	74 (70~74)
	4	一 階	62 (61~66)	68 (64~72)	63 (61~67)	66 (62~70)	65 (62~68)	66 (63~71)	83 (79~87)	76 (74~79)	77 (74~79)
		二 階	65 (59~70)			65 (62~69)			72 (69~76)		
	5	地 面	72 (68~76)	71 (68~72)	66 (63~69)	71 (66~79)	70 (67~72)	67 (63~71)	68 (64~72)	67 (63~71)	62 (60~68)
		一 階	61 (59~62)	61 (60~62)	63 (61~63)	61 (60~63)	61 (60~62)	63 (62~63)	72 (68~75)	66 (61~72)	71 (66~75)
	6	二 階	58 (54~60)	58 (55~60)		56 (51~60)	61 (56~69)		62 (58~66)	67 (59~72)	
		地 面	62 (59~64)	65 (63~66)	64 (62~65)	67 (63~71)	61 (63~72)	64 (60~70)	70 (65~72)	70 (65~75)	68 (62~71)
7	一 階	61 (59~62)	60 (58~62)	61 (59~62)	67 (62~71)	64 (62~67)	64 (62~68)	71 (67~73)	71 (69~73)	72 (70~73)	
	二 階	61 (58~62)	63 (60~65)	62 (59~63)	62 (60~64)	62 (60~64)	64 (60~67)	70 (65~74)	69 (65~72)	67 (64~69)	
8	地 面	67 (65~68)	70 (67~71)	64 (62~66)	67 (64~71)	70 (67~73)	64 (62~68)	69 (66~72)	69 (67~70)	70 (68~72)	
	一 階	62 (59~65)	61 (58~66)		62 (59~65)	60 (57~65)		71 (65~74)	68 (66~72)		
9	二 階	65 (61~68)			67 (61~70)			70 (64~73)			
	地 面	73 (70~77)	68 (65~70)	66 (61~69)	77 (73~80)	74 (69~80)	71 (67~74)	76 (72~80)	70 (66~74)	68 (64~70)	
10	一 階	68 (61~73)	57 (47~63)	58 (48~62)	64 (60~67)	61 (55~64)	59 (55~62)	69 (65~72)	61 (53~67)	61 (57~64)	
	二 階	60 (53~68)	61 (52~68)	62 (53~67)	64 (61~66)	64 (59~69)	65 (61~67)	66 (61~69)	65 (62~68)	63 (59~66)	
11	地 面	67 (64~70)	59 (54~62)		62 (59~65)	61 (56~68)		70 (68~71)	66 (63~68)		
	一 階	51 (49~52)	54 (49~60)		55 (52~58)	54 (51~60)		66 (63~69)	64 (61~68)		
12	二 階	61 (56~63)			59 (56~64)			64 (62~67)			
	地 面	59 (57~60)	56 (54~59)					59 (56~62)	59 (56~62)		
13	一 階	53 (52~54)	52 (51~54)					51 (49~52)	50 (47~51)		
	二 階	58 (57~62)						56 (53~58)			
14	地 面	61 (57~63)	58 (55~61)	56 (54~59)	59 (55~62)	58 (54~59)	56 (54~59)	66 (63~69)	61 (58~65)	61 (57~64)	
	一 階	54 (51~57)	53 (49~56)		54 (49~56)	53 (49~57)		62 (59~66)	63 (59~66)		
15	二 階	56 (51~61)	59 (56~62)	60 (57~61)	56 (52~58)	56 (53~59)	57 (54~61)	66 (61~70)	63 (59~67)	62 (57~65)	

い、すべての測定点に振動ピックアップを設置して、つぎのような方法で行った。

振動レベル計の特性回路を平坦特性として、振動加速度をデータレコーダに収録し、のちに、これを再生して振動レベル計に入れ、特性回路を振動感覚補正特性として、振動レベルをレベル記録計に記録させ、道路振動および鉄道振動のいずれの場合も、振動発生ごとのピークレベルを読みとった。図6は、測定系の構成と測定器を示したものである。なお、振動ピックアップは、地面の場合はよくふみ固めた土の上に、建屋内の場合は前項の実験結果にもとづいてフローリング、表面仕上げ積層合板、プラスチックタイルの床面にそれぞれ設置した。

(3) 実測結果

① 建屋内外の振動のレベル分布

道路沿いおよび鉄道沿線の木造住宅において、地面および床面における振動レベルを測定した結果をまとめたものが、それぞれ表4、表5である。表4の数値は、乗用車と小型車はいずれも10台以上、大型車は5台以上についての平均値（最小値～最大値）であるが、ここでは、3トン以上の貨物自動車とバスなどを大型車として整理した。表5の場合は、いずれも急行電車および普通電車を含めた、10列車前後についての平均値である。なお、表中のABCは建屋沿いに設けた地面の各測定点を示し、A'B'C' およびA''B''C'' はそれぞれ1階および2

表6 地面および1階と2階の床面における振動レベルの平均値からの偏差

項目	レベル変 (dB)	地 面			1 階			2 階		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
道路沿いの住宅	0	6	3	1	1	1	1	3	3	2
	±1	6	5	6	3	4	4	9	8	4
	±2	11	19	8	9	8	8	7	5	4
	±3	5	3	6	5	6	6	1	0	5
	±4	2	0	7	3	4	3	0	3	4
	±5	0	0	2	5	3	2	1	2	1
	±6	0	0	0	1	1	3	0	0	1
	計	30	30	30	27	27	27	21	21	21
鉄道沿線の住宅	0	0	0	2	1	1	1	2	2	0
	±1	0	2	2	5	5	3	2	1	4
	±2	3	5	2	1	1	2	1	1	1
	±3	4	2	3	2	1	1	0	1	0
	±4	2	0	1	0	0	3	0	0	0
	±5	1	0	0	1	1	0	0	0	0
	±6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	計	10	9	10	10	9	10	5	5	5
計	0	6	3	3	2	2	2	5	5	2
	±1	6	7	8	8	9	7	11	9	8
	±2	14	24	10	10	9	10	8	6	5
	±3	9	5	9	7	7	7	1	1	4
	±4	4	0	8	3	4	6	0	3	5
	±5	1	0	2	6	4	2	1	2	1
	±6	0	0	0	1	1	3	0	0	1
	計	40	39	40	37	36	37	26	26	26

階の床面に設けた各測定点を示している。

建屋沿いの地面、1階、2階における振動のレベル分布を統計的にみるために、表4および表5にある各住宅の地面、1階、2階における測定結果から、それぞれの平均値（たとえば、地面のときはA, B, C, における測定値の平均値）と平均値からの偏差を求め、この平均値からの偏差ごとの度数を地面、1階、2階の別および振動の方向別に集計した結果が表6である。道路沿いの住宅について、平均値からの偏差が±3dB以内である割合をみると、地面では、X方向93%, Y方向100%, Z方向70%, 1階では、X方向76%, Y方向74%, Z方向70%, 2階では、X方向95%, Y方向76%, Z方向70%となっている。鉄道沿線の住宅の場合には、地面では、X方向70%, Y方向100%, Z方向90%, 1階では、X方向90%, Y方向90%, Z方向70%, 2階ではX方向100%, Y方向100%, Z方向100%となっており、±3dB以内に入る割合が道路沿いの住宅の場合よりもやや高いことを示している。

いずれの場合も、平均値に対する偏差が±3dB以内となる割合は70%以上となっているが、このような結果が得られた理由としては、建屋の奥行きは5~10m程度でこの距離の範囲では地面振動の減衰が著しくないこと、および建屋は伝搬してきた周辺の振動によって全体的にゆれており局部的にゆれているわけではない、などが挙げられる。

以上の結果から、木造住宅における建屋沿いの地面および建屋内の1階と2階の床面における振動のレベル分布は、だいたいにおいて、平均値±3dBの形で表現できるものと考えられる。さらに、このことから、建屋内の振動の発生状況を、1階および2階のそれぞれの1ヵ所の床面での測定結果から推定しても、さして大きな違いはあらわれないものと考えられる。

② 建屋内外の振動のレベル差

道路沿いの住宅について、表5にある地面、1階、2階の測定結果からそれぞれの平均値を求め、この平均値から建屋内外の振動レベルの差を求めたが、この結果を示したものが表7で、鉄道沿線の住宅について同様に示して求めた結果を示したものが表8である。

道路沿いの住宅の場合は、水平方向のX方向とY方向はほぼ似た傾向を示しており、概して1階より2階のほうがレベルが高く、1階では地面よりレベルが高い場合

と低い場合がありまちまちであるが、2階では大半が地面より高いレベルを示している。上下方向では、2階より1階のレベルがやや高いかもしくは同等となっており、地面と比較すると1階と2階のいずれも高いレベルを示している。鉄道沿線の住宅の場合には、水平方向では、2階のほうが1階よりレベルがやや高いかもしくは同等の場合が多いが、1階と2階といずれの場合も地面より低いレベルを示している。上下方向では、2階より1階のレベルが同等もしくは高くなっているが、地面に対しては、1階はレベルの高い場合と低い場合などまち

図7 地面の振動レベルと建屋内外のレベル差の関係

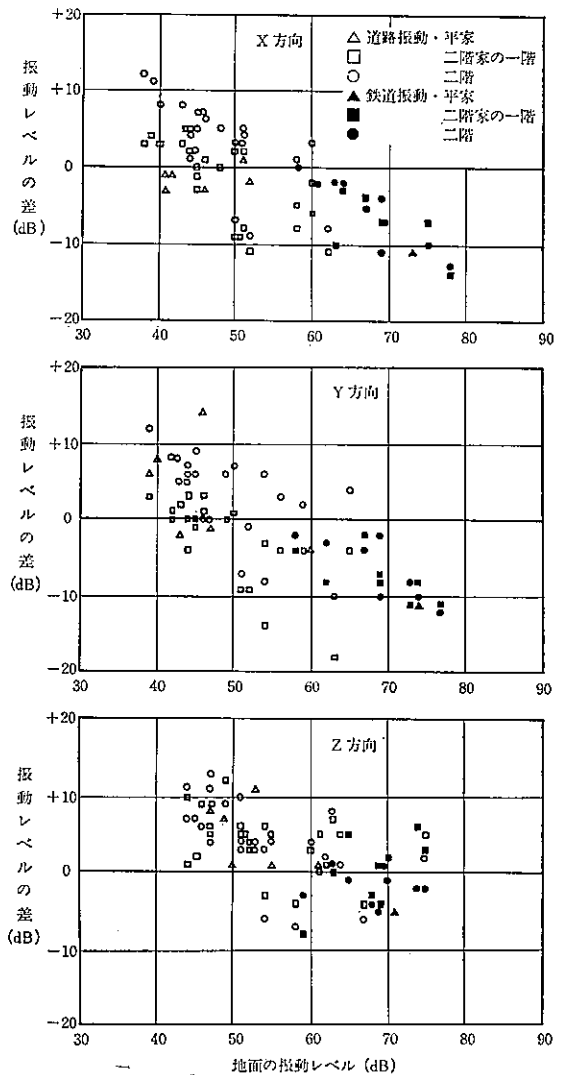


表7 道路沿いにおける建屋内外の振動レベルの差

(単位: dB)

測定場所	車種	X			Y			Z		
		地面の振動レベル	一階と地面の振動レベル差	二階と地面の振動レベル差	地面の振動レベル	一階と地面の振動レベル差	二階と地面の振動レベル差	地面の振動レベル	一階と地面の振動レベル差	二階と地面の振動レベル差
葛飾区 細田・高砂	1 乗用車 小型車 大型車・バス	41	-3		43	-2		50	+1	
		46	-3		47	-1		55	+1	
		52	-2		60	-4		61	+1	
	2 乗用車 小型車 大型車・バス	45	-1	+7	45	-1	+6	52	+4	+4
		45	0	+7	45	0	+9	55	+5	+4
		46	+1	+6	50	+1	+7	60	+3	+4
	3 乗用車 小型車 大型車・バス	45	-3	+5	42	0	+8	47	+6	+4
		43	+3	+8	44	0	+7	51	+6	+3
		48	0	+5	49	0	+6	54	+6	+3
世田谷区 下馬通り	4 乗用車 小型車 大型車・バス	50	-9	+3	44	-4	+6	47	+5	+11
		51	-8	+5	52	-9	-1	51	+5	+10
		58	-8	+1	59	-4	+2	63	+7	+8
	5 乗用車 小型車 大型車・バス	50	+2	+3	54	-3	+6	61	+5	0
		51	+2	+4	56	-4	+3	64	+5	+1
		60	-2	+3	65	-4	+4	75	+5	+2
	6 乗用車 小型車 大型車・バス	50	-9	-7	51	-9	-7	54	-3	-6
		52	-11	-9	54	-14	-8	58	-4	-7
		62	-11	-8	63	-18	-10	67	-4	-6
7 乗用車 小型車 大型車・バス	40	+3	+8	43	+2	+5	44	+10	+7	
	44	+2	+4	44	+3	+5	46	+9	+6	
							49	+12	+9	
世田谷区 梅丘通り	8 乗用車 小型車 大型車・バス	44	+5	+1	46	+3	0	52	+3	+3
		44	+5	+2	46	+1	0	51	+5	+4
								62	+1	+2
	9 乗用車 小型車 大型車・バス	41	-1		39	+6		47	+8	
		42	-1		40	+8		49	+7	
		51	+1		46	+14		53	+11	
	10 乗用車 小型車 大型車・バス	38	+3	+12	39	+3	+12	44	+1	+11
		39	+4	+11	42	+1	+8	45	+2	+7
								47	+9	+13

表8 鉄道沿線における建屋内外の振動レベルの差

(単位: dB)

測定場所		X			Y			Z		
		地面の振動レベル	一階と地面の振動レベル差	二階と地面の振動レベル差	地面の振動レベル	一階と地面の振動レベル差	二階と地面の振動レベル差	地面の振動レベル	一階と地面の振動レベル差	二階と地面の振動レベル差
小田急線	1	75	-7	-10	74	-8	-10	75	+3	-2
	2	73	-11		74	-11		71	-5	
	3	78	-14	-13	77	-11	-12	74	+6	-2
	4	69	-7	-11	69	-7	-10	65	+5	-1
東武東上線	5	64	-3	-2	67	-2	-4	70	+2	-1
	6	69	-7	-4	69	-8	-2	69	+1	+1
	7	67	-4	-5	73	-11	-8	69	-4	-5
総武線	8	63	-10	-2	62	-8	-3	68	-3	-4
	9	58	-5	0				59	-8	-3
	10	60	-6	-2	58	-4	-2	63	0	+1

まちであるが、2階では同等もしくは低いレベルを示している。

以上の結果をみると、道路沿いの住宅と鉄道沿線の住宅の場合では、建屋内外の振動のレベル差に違いがあり、道路沿いでは地面よりレベルが高い傾向を示しているが、鉄道沿線では概して地面より低いレベルを示している。この違いを調べるために、地面と1階のレベル差および地面と2階のレベル差と地面の振動レベルとの関係について検討を行ったが、この関係を示したものが図7である。図には、水平方向では、地面の振動レベルとレベル差の間にはほぼ逆比例する傾向があることが示されており、上下方向の場合にも、水平方向ほどではないが、この傾向があることが示されている。この傾向は、畑中が発破振動について行った調査結果²⁾にも紹介されている。また、時田らが行った工場振動、道路振動、鉄道振動についての測定結果³⁾をもとに検討を行ったが、この場合にもほぼ同様な傾向であることが認められた。この傾向が何に起因するかは詳かではないが興味ある事実である。

4 おわりに

振動公害においては、被害の実態として建屋内の振動が問題となるために、建屋内の振動の究明の一環とし

て、建屋内の振動測定方法および建屋内外の振動のレベル分布とその関係について検討を行い、

- (1) 測定でとくに問題となる振動ピックアップの接触共振による影響は、フローリング、表面仕上げ積層合板、プラスチック系タイルの床面における振動レベルの測定では、問題となることはほとんどなく、測定器の許容差内での測定が可能であるとみられる。
- (2) 振動のレベル分布は、地面および建屋内の1階と2階の床面において、それぞれの平均値に対して±3dBのバラツキである場合が多いとみられる。
- (3) 地面、1階、2階の床面では、上下方向は2階より1階のレベルが、水平方向では1階より2階のレベルがいずれも高くなる傾向があり、建屋による増幅は地面の振動レベルに関係し、ほぼ逆比例する傾向がみられる。

などが判明し、今後の振動防止対策を推進するうえでの基礎資料を得ることができたと考えている。しかし、建屋増幅については、今回の調査により一応のめどが得られたが、地盤の硬軟および建屋の構造など関係する要素が多いので、今後においても十分に資料を収集して究明していくことが必要である。

参 考 文 献

- 1) 日本音響学会：振動レベル計規格，日本音響学会誌，Vol. 26, No.10, 1970. または東京都：昭和48年告示第1356号
- 2) 畑中方弘：発破による地盤および建物の振動，建設工学研究所報告，第3号，第6号，第7号
- 3) 小林理学研究所：振動公害に関する調査研究報告書，昭48. 3
- 4) 宮本ほか：振動レベルの測定方法と振動レベル計の試験方法の標準化，東京都公害研究所年報，第3号，1972