

水平方向の環境振動の知覚に基づく評価に関する基礎的研究

埼玉大学 正会員 ○松本 泰尚
 産業技術総合研究所 正会員 国松 直
 国土交通省 末岡 英之

1. はじめに

様々な振動源により住居等で発生する環境振動問題に対して、わが国では振動規制法に基づく評価が行われる。振動規制法では、制定当時の事情を反映し、規制の対象とする振動は鉛直方向のみとされている。一方、近年、特に都市域において狭隘地に3階建て戸建住宅が建設される例が増加していることなどを背景に、居住空間での水平振動が問題となるケースも少なくない。都市内高架橋と戸建住宅の固有振動数は近い場合も多く、振動規制法の対象外ではあるものの、水平振動を適切に評価し、問題があれば対策を施すことは、環境振動問題の解決のために必要となる。本研究では、水平方向の環境振動を人の振動知覚に基づいて評価する方法を構築するための基礎的な研究として、振動台を用いた被験者実験を実施し、特に交通振動などで発生する過渡的な水平振動に対する人の知覚閾とその評価について検討した。



図1 実験風景

2. 被験者実験の概要

本研究では、対象とする過渡振動の種類を変えた2つの実験を実施した。実験1では正弦振動をハンギングウィンドウにより振幅変調した波形、実験2では1自由度振動系のインパルス応答波形をそれぞれ対象とした。その際、振動数は4.0, 6.3, 10 Hzで両実験共通とし、実験1ではウィンドウ長を10, 16, 25サイクルに相当する長さ、実験2では減衰定数を0.05, 0.1, 0.2にそれぞれ変化させた。比較対象として、それぞれの振動数の連続正弦振動に対する知覚閾も両実験で測定した。これらの条件は、外部振動源により戸建住宅で発生する振動の特性を勘案している。振動の方向は、被験者に対して左右方向とした。被験者は、それぞれ20名の男子学生で、図1のように座位で実験を実施した。知覚閾の測定には上下法を用いた。

3. 過渡振動の知覚閾

図2は、実験で測定した過渡振動の知覚閾の全被験者の中央値に相当する波形を、対応する連続正弦振動の閾値に相当する振幅と比較した例である。図より、知覚閾での過渡振動のピーク値は、知覚閾での正弦振動のピーク値(振幅)より大きかったことが分かる。正弦振動の閾値以上の振幅となる部分のみが知覚に寄与するものと仮定すれば、図2より、過渡振動の知覚には、振幅の他、連続正弦振動の閾値を超える振幅となる部分の継続時間やサイクル数が影響すると推察される。表1に、加速度ピーク値で閾値を表した場合の、正弦振動に対する過渡振動の閾値の差異を示す。表より、同一のサイクル数でも、振動数により閾値の上昇割合が異なるこ

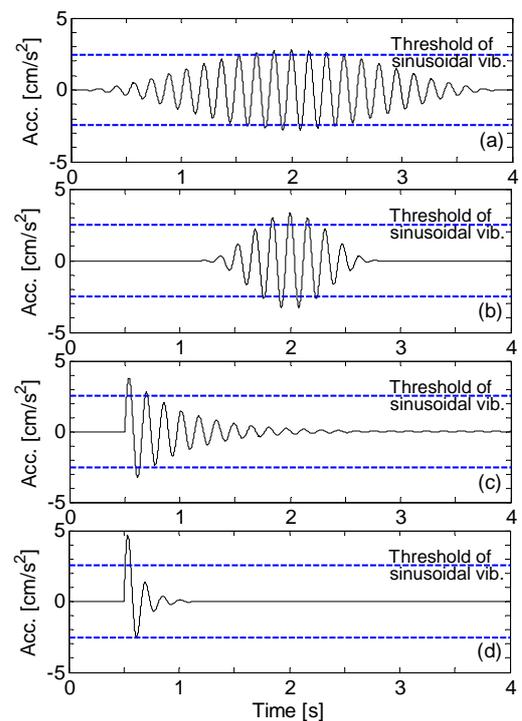


図2 過渡振動の閾値に相当する波形(実線)と連続正弦振動の閾値(点線)の比較例。(a) 6.3Hz, 25サイクル, (b) 6.3Hz, 10サイクル, (c) 6.3Hz, 減衰定数0.05, (d) 6.3Hz, 減衰定数0.2.

キーワード 環境振動, 振動評価, 振動知覚, 振動レベル

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255 埼玉大学大学院理工学研究科 TEL: 048-858-3557

表 1 加速度ピーク値での過渡振動の閾値の正弦振動の閾値に対する差異 [%]

	周波数 [Hz]	4.0	6.3	10
実験 1	サイクル数			
	10	27.5	36.8	42.7
	16	12.1	26.7	42.8
	25	24.0	14.1	13.5
実験 2	減衰定数			
	0.05	29.6	51.8	51.2
	0.1	31.5	60.6	52.0
	0.2	46.0	86.4	61.3

表 2 振動レベルでの過渡振動の閾値と正弦振動の閾値に対する差異[%]

	周波数 [Hz]	4.0	6.3	10
実験 1	サイクル数			
	10	4.5	3.0	-1.0
	16	0.2	7.0	14.3
	25	17.0	4.6	1.4
実験 2	減衰定数			
	0.05	-16.8	-6.8	-11.3
	0.1	-21.8	-11.5	-19.1
	0.2	-21.7	-4.0	-13.6

とがわかる。同程度の継続時間となる条件では、比較的上昇割合が近くなる傾向も見られるが（例：4.0 Hz の 10,16 サイクルと 6.3 Hz の 16,25 サイクル）、そうでない場合もあり（例：4.0 Hz の 10 サイクル、6.3 Hz の 16 サイクル、10 Hz の 25 サイクル）、過渡振動の知覚メカニズムの解明には至っていない。

4. 振動レベルによる水平過渡振動の知覚閾の評価

JIS C 1510 では、水平振動に対する振動レベルが定義されている。時刻 t における振動レベル $L_V(t)$ は、

$$L_V(t) = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t (a_w(\xi))^2 e^{\left(\frac{t-\xi}{\tau}\right)} d\xi \right\} / a_0^2$$

$a_w(\xi)$: 周波数補正（水平特性）振動加速度の瞬時値； a_0 : 基準値 (10^{-5} m/s^2)； τ : 時定数 (0.63 s) で与えられる。表 2 は、振動レベルで表した知覚閾値に対し表 1 と同様の比較を行った結果である。表 1, 2 を比較すると、振動レベルを用いたことにより過渡振動の閾値と連続正弦振動の閾値の差が減少したことが分かる。実振動の評価に用いるためには、振動の種類によらず同一の評価方法で同程度の閾値が得られることが望まれる。その意味で、加速度ピーク値での評価と比較し、振動レベルでの評価はより適切であると言える。

5. 知覚閾の個人差

個別の環境振動問題への対応においては、平均的な知覚閾とともに知覚閾の個人差を考慮に入れることも重要となる。図 3 に、本実験に参加した被験者の知覚閾の個人差の例を、振動レベルを用いて示している。この例では、知覚閾の中央値は振動の種類によらず 57~58dB であり、またその上下 40%程度（図で 10~90%）の被験者の閾値は 10dB 程度の範囲内にあることがわかる。

6. まとめ

水平方向の過渡振動に対する人の知覚特性とその評価方法について、被験者実験を実施し基礎的な検討を行った。本研究の一部は、環境省予算によっている。記して謝意を表す。

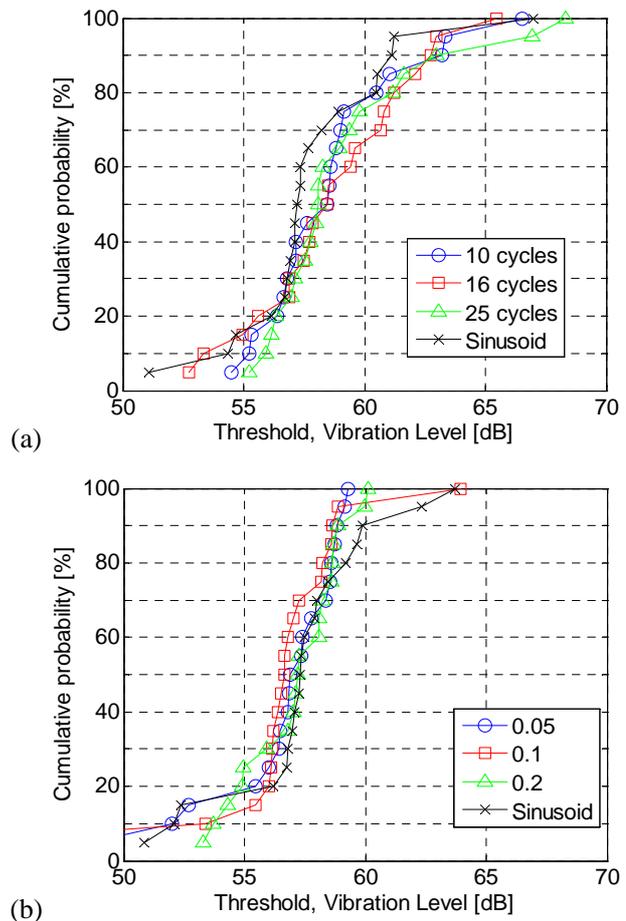


図 3 知覚閾の個人差の例。(a) 実験 1, 6.3 Hz, (b) 実験 2, 6.3 Hz