

人間の振動知覚特性の解明とそれに基づく環境振動評価手法の構築

Development of assessment method of vibration in living environment based on human vibration perception

プロジェクト代表者： 松本 泰尚（理工学研究科・准教授）

Yasunao Matsumoto, Associate Professor, Graduate School of Science and Engineering

1 はじめに

近年、都市部を中心に振動苦情が増加傾向にあり、特に建設作業に係るものについては、コンクリート構造物解体工事の増加等と相まって苦情全体の6割を占めるに至っている。このような背景から、今後の環境振動評価のあり方について、環境省を中心として検討が行われている。環境振動の評価においては、振動に対する人間の知覚特性の解明が重要である。すなわち、通常の居住環境においては振動が発生していないことが期待されることから、人間がようやく知覚できる振動の大きさ（知覚閾値）が、環境振動の評価を客観的に行うための一つの指標となる。そこで、本研究では、人間の知覚特性の理解のため、特に、実際の居住環境で発生し得る、複数の振動数成分を含む複合振動に着目し、それに対する知覚特性を実験により解明することを目的とした。また、現行の振動評価法の妥当性について、実験結果を用いて考察を加えた。

2 実験方法

実験は、水平方向の振動を発生させることのできる動電型の加振装置を用いて実施した。加振機の可動部には、約3m四方の加振台が固定されており、実験中は、さらにその台上に居室（3m×3m、高さ3m）を設置した。実験では、左右水平方向の振動を対象とし、2つの異なる振動数成分を複合させた振動に対する、被験者の知覚および心理量を測定した。

入力振動の振動数については、既往の研究で示された知覚閾の振動数特性や環境振動の実測事例を踏まえ、6.3 Hzを基準振動とし、それに0.4, 1.6, あるいは25 Hzを付加することで、複合振動を設定した。入力振動の振幅は、振動数成分ごとに設定しており、具体的には、0.63 cm/s²から63 cm/s²の範囲を対数で等間隔に分割した6種類の加速度振幅を目標値とした。振動の入力方法としては、1系列の実験として、基準振動の振幅、付加振動の振動数を固定し、付加振動の振幅を段階的に増加させる方法で連続的に振動を入力した。その間、振動が目標値の振幅に達した時点で、40秒程振動を定常にし、その間に被験者に入力振動を評価させることとした。上記のような設定により、実験で用いた入力振動は、68種類の複合振動と22種類の正弦振動であり、これらを21系列に分けて実験を実施した。すべての入力振動は、加振台上に設置したサーボ型加速度計で測定しており、入力振動の波形の確認および実験結果の解析に用いた。

実験には、性別や年齢によるばらつきを少なくするため、18~24歳の女性36名を用いた。1セットの実験につき9名の被験者に対して実験を行った。実験中、被験者は居室内で足を伸ばして床面に直接座るようにし

表1 被験者回答用アンケート（Q1：不快，Q2：大きさ，Q3：不安，Q4：知覚）

Q1	まったく不快でない	あまり不快でない	不快である	かなり不快である	非常に不快である
Q2	とても小さい	小さい	どちらでもない	大きい	とても大きい
Q3	まったく不安を感じない	あまり不安を感じない	不安を感じる	かなり不安を感じる	非常に強く不安を感じる
Q4	まったく感じない	あまり感じない	感じる	強く感じる	耐えられない

た。被験者による振動の評価には、表1に示すアンケートを用いた。アンケートは、不快、大きさ、不安、知覚それぞれに対する感じ方について5段階の評価項目で問うものとした。被験者は、各振動に曝されている間に、4種類の評価それぞれに関する質問に対して、あてはまると思った表現を1つずつ選択することとした。

3 結果・考察

図1に、付加振動を25 Hzとした複合振動に対する知覚に関する結果を示す。図では、横軸に入力振動の加速度実効値、縦軸にアンケートQ4に対する「まったく感じない」の回答率を不知覚確率として示している。また、対応する正弦振動の結果も合わせて示している。図より、加速度実効値と被験者の知覚の関係が、振動数に依存することが分かり、そのため、複合振動については、2つの振動数成分の振幅比によって、おおよそ、対応する2つの正弦振動に対する評価の間の評価となっていることが分かる。

現行の主な国内外の環境振動の評価法では、上記のような人間の振動感覚の振動数依存性を考慮するため、周波数補正加速度実効値を用いることが規定されている。図2は、JIS C 1510に規定された周波数補正係数を用いた補正加速度実効値と、不知覚確率の関係を示している。図の正弦振動の結果から分かるとおり、JIS C 1510の周波数補正係数は、本実験における被験者の知覚の振動数依存性を適切に表していない。そこで、本実験の正弦振動の結果に基づき周波数補正係数を決定し、それを適用して求めた周波数補正加速度実効値と不知覚確率の関係を示したものが図3である。ある程度のばらつきは認められるものの、いずれの振動に対しても、ほぼ同一の周波数補正加速度実効値と不知覚確率との関係が得られており、図で示した実験条件については、周波数補正加速度実効値で知覚特性が適切に評価できるものと言える。

4 まとめ

本実験により、周波数補正係数を適切に設定することで、周波数補正加速度実効値を用いて、複合振動の知覚を適切に評価できる可能性が高いことが示唆された。しかし、本報告で示してはいないが、実験で用いた加振条件の中には、周波数補正加速度実効値による評価が必ずしも適切でないものもあったため、それらの条件に対する再実験も含め、さらに検討を進める予

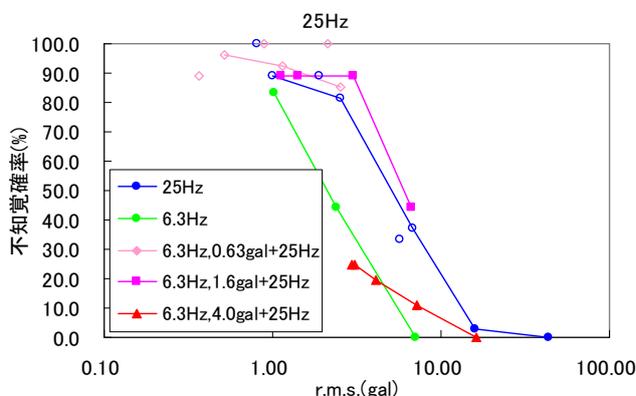


図1 付加振動 25 Hz の複合振動に対する知覚

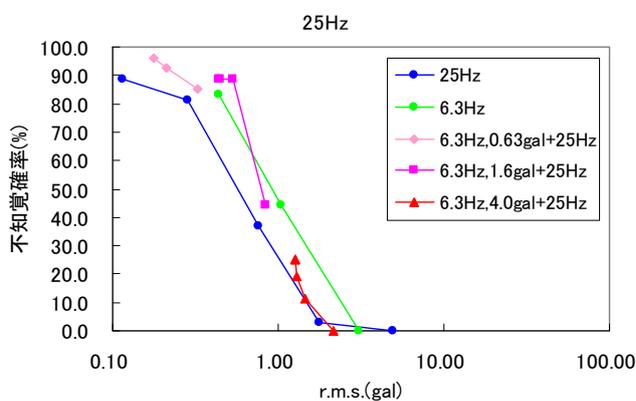


図2 JIS C 1510 の周波数補正加速度実効値による振動知覚の評価

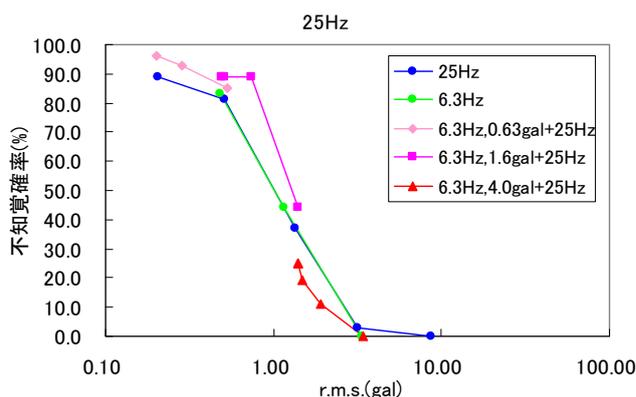


図3 正弦振動の実験結果に基づく周波数補正加速度実効値による振動知覚の評価

定である.