

鉛直振動と水平振動の位相差が人間の応答へ及ぼす影響に関する研究

埼玉大学大学院	学生員	○齊藤 徹郎
埼玉大学工学部	正会員	松本 泰尚
産業安全研究所	正会員	大幢 勝利

1. 研究背景・目的

乗物や建設構造物における振動を人間の不快感に基づいて評価する方法として国際規格 ISO2631-1^{1), 2)} が定められているが、その方法には問題点も残されている。その1つに多軸複合振動における軸間の振動の位相差が人間の不快感に与える影響が挙げられる。例えば、鉛直正弦振動と水平正弦振動による2次元の振動の場合、鉛直振動と水平振動の位相差により斜め並進運動、楕円運動、円運動といったように異なった運動となるが、ISO2631-1では、これらの複合振動に対する人間の不快感は同一と評価される。しかし、既往の研究³⁾では、人間の不快感が複合振動の位相差に依存する傾向が報告されている。そこで本研究では、複合振動の位相差が人間の不快感に与える影響に関して、詳細な検討を行った。同時に、振動に対する人間の不快感は人体の動的応答に何らかの関係があると考えられることから、複合振動の位相差が人体の動的応答に与える影響を検討し、不快感との関係の検討も行った。

2. 実験方法

被験者実験を行い、振動数が同一の鉛直正弦振動と水平正弦振動を異なる位相差で組み合わせた複合振動に対して、被験者が感じた不快感と、そのときの身体の動的応答を測定した。水平方向としては、既往の研究³⁾で複合振動に暴露された時の不快感の変化に位相差への依存性が見られた前後方向を用いた。また、鉛直振動のみ、水平振動のみの場合の動的応答も測定した。被験者は男性15名、姿勢は座位を用いた。振動数は2.5Hzから1/3オクターブバンド幅で8Hzまでの6種類を使用、振動の大きさはそれぞれ0.7 m/s² r.m.s.とし、鉛直方向と前後方向の振動の位相差は0°から45°間隔に315°までの8種類を用いた。不快感の測定にはマグニチュード推定法を用いた。すなわち、継続時間6秒の2つの入力振動を2秒間の休止をはさんで1組とし、1組の振動暴露後に、1つ目の振動（標準振動）の不快感を100として、2つ目の振動（比較振動）の不快感を標準振動の不快感に対する比を表す数字で被験者に答えさせた。標準振動としては、各振動数で位相差が0°の振動を使用し、比較振動として各振動数で位相差が0°から315°の8種類を使用した。人体の動的応答については、頭部、及び背骨に沿った第1胸椎（T1）、第10胸椎（T10）、第3腰椎（L3）の4箇所、その位置に対応する体の表面で測定した（図1）。それぞれの位置で鉛直方向と前後方向の加速度を測定した。

3. 結果・考察

図2に位相差の異なる複合振動に対する全被験者の不快感の中央値を示す。2.5Hz以外の振動数で複合振動の位相差による不快感の間に統計的に有意な差が認められた（Friedman検定、 $p < 0.05$ 、但し8Hzのみ $p < 0.1$ ）。また、図2より明らかなように位相差による不快感の変化の傾向は、振動数により異なっていた。

図3に入力加速度と応答加速度の間の振動伝達率の例を示す。複合振動

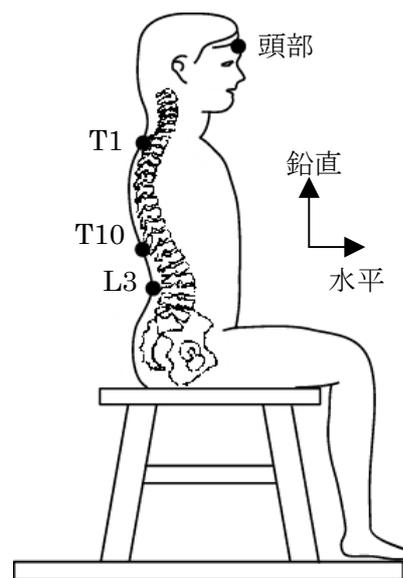


図1 動的応答の計測位置

キーワード ISO2631-1, 振動, 位相差, 不快感, 動的応答

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市下大久保 255 TEL:048-858-3557 FAX:048-858-7374

の位相差により図3に示したL3の鉛直方向の振動伝達率は変化していた。このことは、他の測定場所でも同様の傾向が見られた。位相差による振動伝達率の変化は、鉛直振動に対する応答と水平振動に対する応答の相互作用によるものと考えられる。L3の鉛直方向の場合では、位相差が 45° 、 90° の間で振動伝達率は小さくなり、位相差が 225° 、 270° の間で大きくなった。

ここで、不快感と体の特定部位の振動伝達率との関係に注目すると、図2・3の比較からも分かるように、各振動伝達率と不快感の間には相関は認められなかった。このことは、他の測定点でも同様であった。従って、人体のある特定の部位の動的応答の測定からは不快感を予測できないと考えられる。

図4に鉛直方向のL3とT10間の振動伝達率を示す。この値はT10の振動伝達率をL3の振動伝達率で除したものである。L3とT10間の振動伝達率も、位相差により変化することがわかるが、その変化の傾向は図3に示したL3の振動伝達率と異なり、位相差が 135° 、 180° で振動伝達率は小さくなっていた。多くの振動数、位相差の組み合わせで振動伝達率は1より大きい値であり、L3とT10間で振動が増幅されていることが推測される。L3とT10間の振動伝達率と不快感との相関を検討したところ、2.5Hz、8Hz以外の振動数で振動伝達率の減少に伴い不快感が増加するという負の相関が得られた。

4. まとめ

鉛直方向と前後方向の複合振動に人間が暴露されたとき、3.15Hzから8Hzの振動数では、振動による不快感が複合振動の位相差に依存して変化することが分かった。また、不快感の変化の位相差への依存性は振動数によって異なることが分かった。人体のある特定部位で測定した動的応答は、実験で用いた全ての振動数で位相差に依存して変化することが分かった。各部位間の相対的な運動も位相差により変化していることが分かった。人体のある点で測定した動的応答のみからは不快感は予測できなかったが、L3とT10間の振動伝達率と不快感の間に関連性が見られ、今後他の測定結果についても各部位間の相対運動と不快感の関係を検討する。

参考文献

- 1) International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock-evaluation of human exposure to whole-body vibration-part 1: general requirements. ISO2631-1,1997.
- 2) 日本規格協会：全身振動の評価－基本的要求. TR Z0006, 2000.
- 3) 佐藤政博. 鉛直－水平複合振動暴露による人間の心理応答特性に関する研究. 埼玉大学建設工学科卒業論文, 2001.

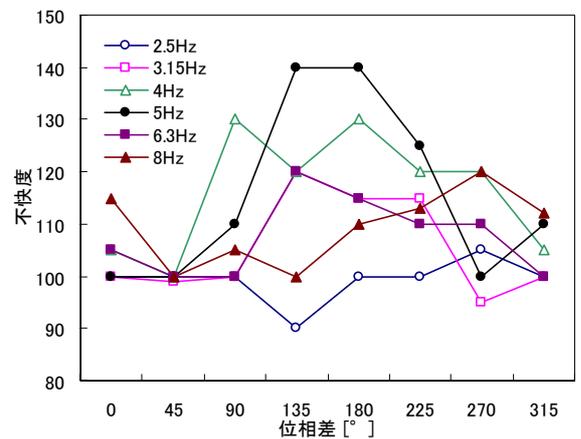


図2 不快感の全被験者の中央値

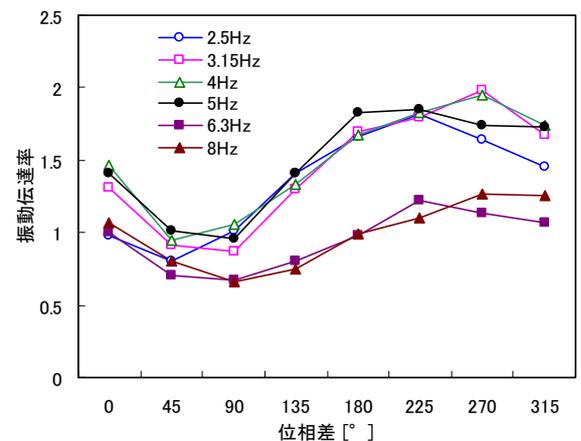


図3 L3の鉛直方向に対する全被験者の振動伝達率の中央値

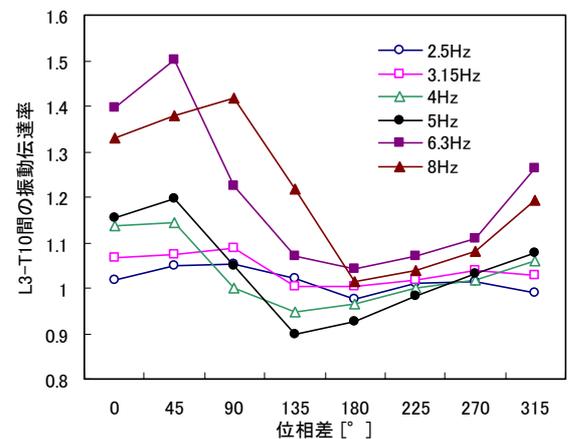


図4 L3-T10間の鉛直方向に対する全被験者の振動伝達率の中央値