

突発的水平振動を受ける人間の応答測定実験

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

1. はじめに

仮設足場などの揺れやすい構造物上では、建設機械や落下物等を原因とする突発的な振動によって、作業者がバランスを崩し、作業に支障がでたり安全上の問題が生じたりすることがある。こうした状況への対策を行うためには、振動環境下での人体の動的な応答特性を把握することが必要である。本研究では、立位姿勢をとる人間が突発的な水平振動を受けたときの応答特性を解明することを目的とし、被験者実験を行った。

2. 実験概要

振動台上に被験者を立たせ、突発的な振動を与える実験を行った。被験者の姿勢は、背筋を伸ばし、目を閉じ、腕を身体の前に組み、足を肩幅に開かせることとした。加振方向は、被験者にとっての前後方向とし、加振振動数、振幅、減衰定数、初期位相を変化させた。応答測定には2台のビデオカメラを用いた。被験者の身体8箇所（頭、首、肩、肘、腰、大腿、膝、足首）および振動台の振動面の1箇所にLED発光体を取り付け（図1参照）、ビデオカメラの画像から3次元座標を取得した。入力波形の順番はランダムとし、被験者が振動の予測をできないようにした。振動台には安全柵を取り付け被験者の安全を確保した。

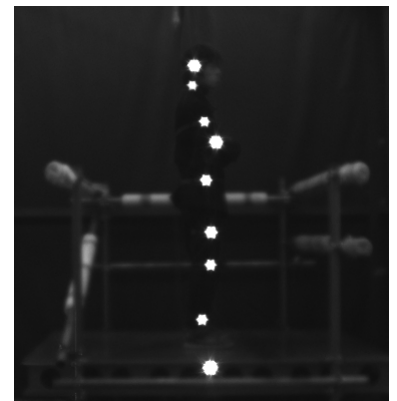


図1 測定画像

3. 座標取得方法

2台のビデオカメラ画像のLED座標を求め、三角測量の原理によって各測定点の3次元世界座標を取得した。LEDの光は画像上では直径10ピクセル程度の円状に広がっていた。円の中心がLED位置であるとして、この座標を最小二乗近似によって求めた。画像の2値化によりLEDの領域を抽出し、さらに領域の縁の座標を決定したうえで、円の中心座標を求めた。実験前にキャリブレーション画像を撮影し、世界座標とカメラ座標との対応をとった。カメラは每秒30フレームの全画素読み出し型で、シャッタースピードは125分の1秒に設定した。2台のカメラ間隔は60.0cm、振動台からカメラまでの距離は443cmであった。

4. 入力波形

入力波形は、1自由度系構造物のパルス応答波形とした。振動数は1.6, 2.5, 4.0Hzの3種類とし、振幅は既往の研究¹⁾から予想される人間の転倒限界速度（23.87kine）の0.7, 1.0, 1.4倍とした。初期位相は前方向と後ろ方向の2種類とした。定常的な応答と過渡的な応答をみるため、減衰なしの場合と、減衰あり（減衰定数0.02）の場合を想定した。なお、予備的な実験により、入力振動の振幅と振動数が同じ場合、減衰定数が大きいほど被験者の応答が減衰するのも早いことを確認した。

5. 測定結果

図2に各測定点および振動台の変位時刻歴の一例を示す。図の左側が水平方向変位波形（被験者の前方向が正）、右側が鉛直方向変位波形（上方向が正）である。最下段は振動台振動面の変位波形であり、入力振動をあらわす。下2段目より上が被験者の応答変位波形であり、下から順に、足首、膝、大腿、腰、肘、肩、首、頭の各部位に対応する。加振パラメータは、振動数1.6Hz、減衰定数0.02、振幅は基準の1.4倍であり、初期位相は後ろ方向である。測定時間は約5.6秒間である。加振開始時刻は時刻1.6秒である。

キーワード 立位、水平振動、振動台、姿勢制御

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255 TEL:048-858-3552 FAX:048-858-7374

水平方向変位に着目する。足首の振動は振動面の振動とほぼ同じである。膝より上の振動には、振動数 0.5Hz 程度の振動が顕著に見られる。1.6Hz（加振振動数）の成分は、膝、太腿の振動には明瞭に見られるが、腰より上の部位にはほとんど見られない。すべての部位において、加振開始時刻直後には後ろ方向への変位が見られる。変位は腰より上の部位では加振開始後 1 秒までに加振開始時の位置まで戻り（この傾向は他のケースでも共通に見られた）、それ以降は振動数 0.5Hz の振動を行っている。加振開始時刻以前にもゆるやかな変動が見られるが、これはもともと不安定な姿勢である立位姿勢を保持するために人間が行う制御のためである。つぎに鉛直方向変位に着目する。足首から大腿にかけての部位では、全時刻にわたって、変位がほとんど見られない。腰より上の部位は、加振振動数で振動しているようにも見受けられる。振動台にも変位が見られるが、これは計測誤差である。

6. 考察

加振開始直後にみられた加振方向への変位は、人間が突発的な振動に対して物体として応答（受動的な性格の強い応答）した結果であると考える。加振後 1 秒以降は、人間が振動によって乱された立位姿勢を制御していると考えられる。太腿より上の部位で、加振振動数での振動が水平方向変位にほとんど見られず鉛直方向変位に見られるのは、膝の伸縮により姿勢を制御した結果、水平振動が鉛直振動に変換されたためであると考えられる。

参考文献

- 1) 大幡勝利, 永田久雄 (2000): 建設工事における風による構造物の揺れと作業性・安全性に関する研究, 土木学会論文集, No. 651, pp117-128

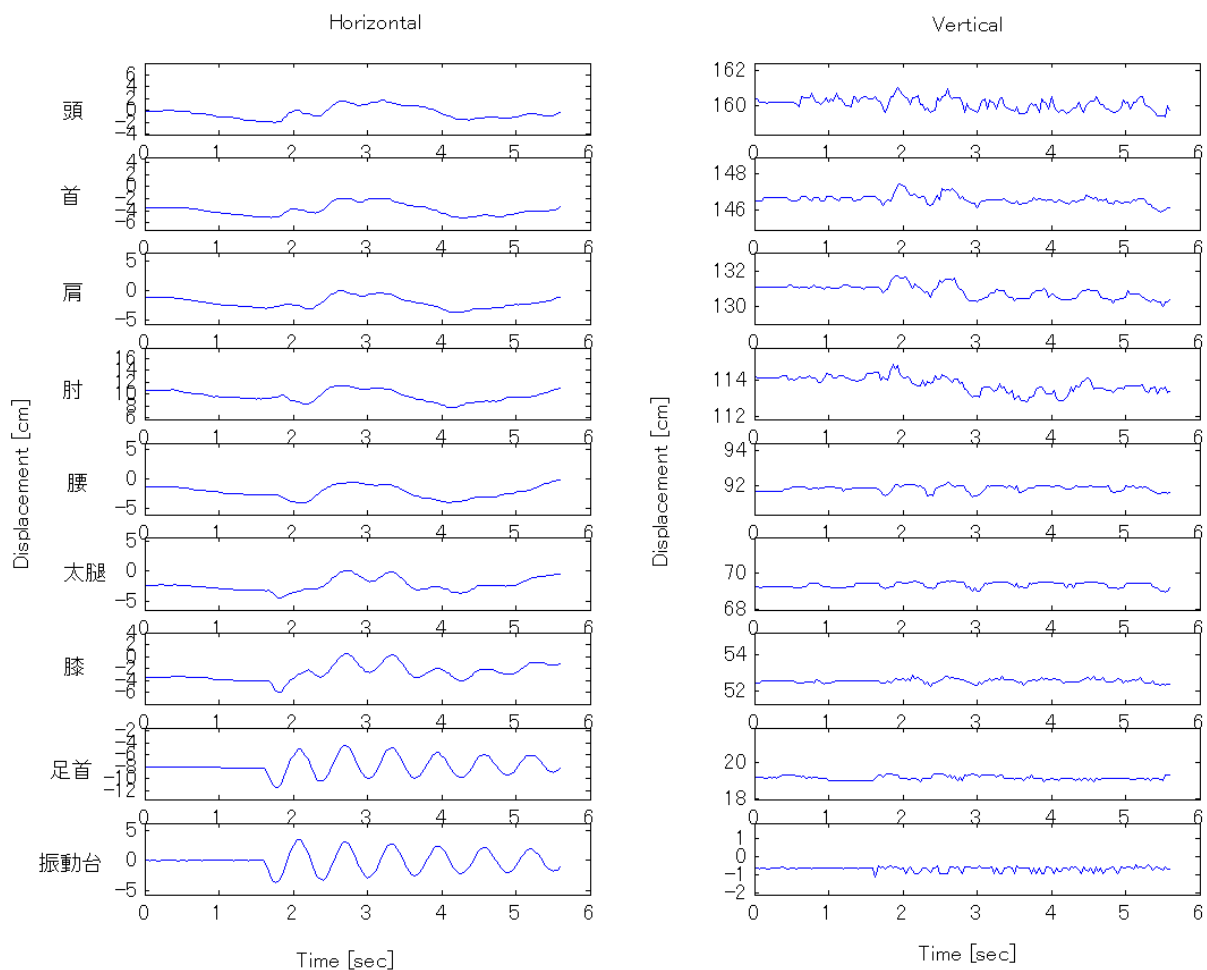


図2 各測定点および振動台の変位時刻歴（左：水平成分，右：鉛直成分）