

I-A 321 建設工事における長周期大振幅の水平動揺下での作業性・安全性に関する基礎的研究

労働省産業安全研究所 正会員 大幡勝利

労働省産業安全研究所 永田久雄

1. はじめに

建設工事現場では様々な振動が発生している。特に構造物の高層化にともない、橋梁主塔架設時やゴンドラ作業時などにおいて、風により長周期大振幅の水平方向の揺れが発生しており、この揺れの中で作業を強いられる場合も多い。しかし、このような揺れの中での作業性や安全性に関しては明確な基準もなく、風による揺れで橋梁主塔架設時の溶接作業に支障が生じ、作業が中止になった事例もある¹⁾。そこで、建設工事における長周期大振幅の水平動揺下での作業性や安全性について、人間工学的な見地より検討することとした。本研究では、揺れと作業性・安全性に関する基本的な特性を求めることを目的として、被験者に一方向単発の正弦波加速刺激を与え、直線書き作業の限界と、立位姿勢保持の限界を実験的に調べた。直線書き作業は現場での溶接作業にみられる動作である。

2. 実験方法

2.1 実験装置

被験者に一方向単発の正弦波状の加速刺激を与える実験装置として、写真1に示すリニア・アクセラレータ²⁾を用いた。本装置は、実験台を直流サーボモータで駆動し、コンピュータの命令により、実用加速距離9.2m、最大加速度0.6G (5.88m/sec^2)で制御することができるものである。また、実験台の動きが視覚的に察知されることによる姿勢バランス保持への影響を防ぐために、写真1のように実験台の周囲を布で覆った。

2.2 被験者

実験の対象とした被験者は、男子15名（平均年齢25.0歳、18～50歳）、女子15名（平均年齢20.1歳、18～30歳）である。また、被験者の平均身長（体重）は、男子171cm（65.6kg）、女子160.7cm（53.9kg）である。

2.3 立位姿勢保持

被験者の前方向と後方向から周期500～5000msの7段階の周波数（0.2～2.0Hz）別に、一方向単発の正弦波加速外乱刺激を与えた。徐々に加速度を大きくしながら繰り返し加速刺激を与え、被験者が実験台の衝撃吸収パッドに倒れかかるか、倒れるのを防ぐために手摺に捕まったり、片足立ちになった場合に立位姿勢保持の限界とし、

この時の加速度を求めた。

2.4 直線書き作業

写真2に示すように、実験台に立たせた被験者に縦方向の直線を書かせ、その最中に被験者の横方向と前方向から周期500～8000msの8段階の周波数（0.125～2.0Hz）別に、一方向単発の正弦波加速外乱刺激を与えた。徐々に加速度を大きくしながら繰り返し加速刺激を与え、直線が問題なく書ける限界の加速度を求めた。

直線を書く作業は、図1に示すようにデジタイザ上のケント紙に書かれた長さ20cmの縦方向の直線を、入力ペンでなぞらせることにより行わせた。被験者が書いた線の軌跡は、験者が実験台の外でモニターできるようになっている。また、左端（右利きの場合、左利きの場合は右端）に2cm間隔の10個のLEDを取り付け、上から下に等間隔時間で光らせ、これを頼りに一定速度（1cm/s）で直線を書かせた。

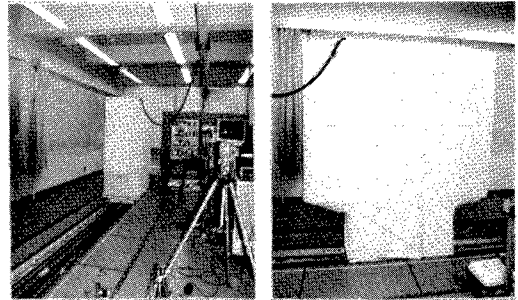


写真1 リニア・アクセラレータ

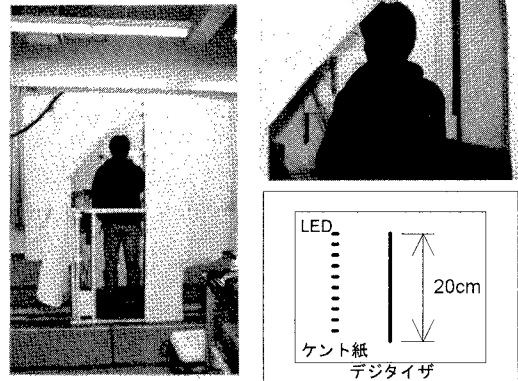


写真2 直線書き作業

図1 直線入力板

加速刺激はデジタイザに書かれた軌跡をモニターして、入力ペンが5cm下（眼高）付近に来たときに与えた。被験者には①真っ直ぐ線を書く②一定速度で線を書く③一定筆圧で線を書くという3つの条件を与え、この3つの条件をすべて満たせば直線が問題なく書けるとした。判定は、精神的な書きづらは考慮しないものとし、上記3つの条件より問題なく書けるを0、非常に難しいを4として5段階で被験者自身に評価させ、0から1に変わる加速速度を、直線が問題なく書ける限界の加速速度とした。

3. 実験結果と考察

実験結果を、周波数と各限界加速速度（平均値）の関係として、男女別に図2、3に示す。図2、3では、限界加速速度をピーク値（ cm/s^2 ）で表した。

3.1 立位姿勢保持

図2、3より周波数0.5Hz以上の場合に、周波数と限界加速速度の間に直線的な関係が見られる。また、加速刺激の方向別、男女別で比較すると、加速刺激では後方向が、男女別では女子の方が明らかに限界加速速度が低くなっているが、周波数と限界加速速度の関係はいずれも類似した傾向にある³⁾。

3.2 直線書き作業

図2、3より立位姿勢保持に比べ直線書き作業の限界加速速度は非常に低くなっている。これを、図4のように実効値として両対数グラフで表示した。周波数約0.5Hzを境に、それ以上の場合には周波数の増加にともない限界加速速度がやや上昇している。これは、立位姿勢保持の場合と同様な傾向である。しかし、それ以下の場合には周波数の低下にともない限界加速速度が大きく上昇している。また、男女別では女子が、加速刺激の方向では女子でのみ、前方向の方が明らかに限界加速速度が低くなっているが、周波数と限界加速速度の関係には類似した傾向が見られる。

ここで、図4に示したISO6897の作業性に関する加速速度レベルと比較してみる。ISO6897では、0.063~1Hzの範囲で10分間を超える水平振動を対象として、海洋構造物上で非日常的作業や熟練を要する作業を行う場合の限界加速速度を示している。本実験による限界加速速度はISO6897の限界加速速度に比べ全体的に低く、0.5Hz以下の周波数と限界加速速度の関係はISO6897と類似しているが、0.5Hz以上では曲線の傾きが逆になっている。

4. まとめ

一方向単発の正弦波加速刺激下での、立位姿勢保持と直線書き作業の限界を調べるための実験を行った。その結果以下のことがわかった。

(1)0.5~2.0Hzの範囲では、立位姿勢保持の限界加速速度は周波数に比例して増加する傾向が見られる。

(2)直線書き作業の限界加速速度と周波数の関係を対数表示すると、0.5Hz以下では周波数と限界加速速度は反比例しているが、0.5~2.0Hzの範囲では周波数と限界加速速度は比例している。

(3)ISO6897の海洋構造物上での作業を対象とした限界加速速度と比べ、直線書き作業の限界加速速度は全体的に低く、0.5Hz以下での周波数と限界加速速度の関係はISO6897と類似しているが、0.5Hz以上では曲線の傾きが逆になっている。

参考文献

- 1)大嶋、庄司、藤野；天候が塔状構造物の施工および作業性に及ぼす影響、土木学会論文集、No.534/VI-30、pp.125-134、1996。
- 2)永田；急加速刺激を加えた場合の立位姿勢の安定性評価装置の開発、人間工学、Vol27、No.4、pp.221-223、1991。
- 3)永田、大嶋；リニア・アクセラレータを用いた長周期・大振幅の揺れに関する基礎的な研究、日本人間工学会大会講演集、1996。

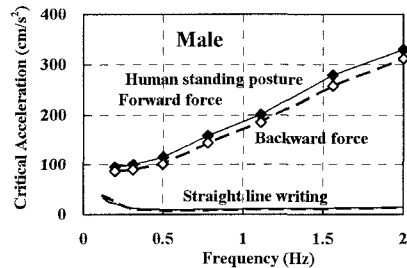


図2 周波数と限界加速速度の関係（男子）

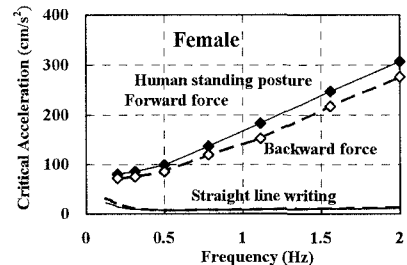


図3 周波数と限界加速速度の関係（女子）

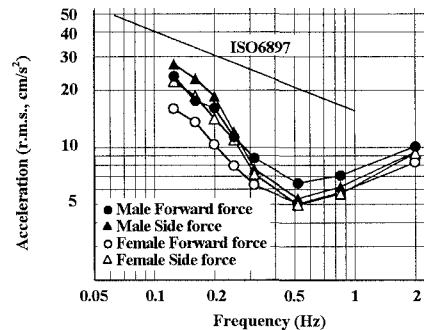


図4 直線書き作業とISO6897の限界加速速度