狭い足場上での静的立位姿勢の安定性評価に関する検討

○菅間 敦（労働安全衛生総合研究所 リスク管理研究センター）

瀬尾 明彦（首都大学東京システムデザイン学部）

A Basic Study for Postural Stability of Static Standing on Narrow Platform
 Atsushi SUGAMA (Center for Risk Management Research, National Institute of
 Occupational Safety and Health, Japan),
 Akihiko SEO (Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University)

1. 緒論

近年の労働災害では高所からの墜落・転落が死亡原因のトップを占めているが¹⁾、その起因物の一つとして脚立など高所作業用具が挙げられる。著者らの調査によると、脚立からの転落災害の約7割が脚立上にとどまっていた作業中に発生しているが²⁾、これは用具上で立位姿勢を保ちながら作業する際に姿勢安定性が低下することに起因していると予想される。しかし、先行研究では足長より狭い足場での姿勢動揺について検討した研究は少なく、足場幅との関係は十分に明らかにされていない。そのため高所作業用具の必要寸法等についても十分に検討されていないのが現状である。そこで本研究では、高所作業用具を想定した狭い足場上での静的立位姿勢のバランスを評価し、足場の前後幅が姿勢の動揺に与える影響について検討を行った。

2. 方法

2.1 実験参加者および実験課題

実験参加者は22歳から27歳までの男性11名で、年齢は 23.4 ± 1.5 （以下、平均 $\pm$ 標準偏差）歳で、身長は 169.3 ± 4.9 cm、体重は 61.2 ± 7.9 kgであった。また足長³⁾は 24.7 ± 1.1 cmで、靴は全員が同じ種類の安全靴（ミドリ安全、MZ010J）を着用した。実験中は転倒に備えてフルハーネス安全帯を着用して安全に配慮した。本研究は首都大学東京日野キャンパスの研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。

実験課題は、図1のように足場板の上に立ち、前方を見ながら立位姿勢を50秒間保持するタスクである。足場板の前後幅は6 cm、8 cm、10 cm、15 cm、25 cmの5水準で変化させた。測定は各水準2回ずつ実施し、条件の順序は被験者間で無作為化した。

図1 COMとCOPの足場幅に対する前後位置

2.2 計測および評価項目

光学式モーションキャプチャ（Natural Point, OptiTrack）を用いて反射マーカの位置座標を100 Hzで計測し、3次元人体モデルを用いて前後方向への身体重心位置 X_{COM} と移動速度 V_{COM} を求めた。また足場板の下にフォースプレート（Kistler, 9280AA）を設置し足裏荷重とモーメントを500 Hzで記録した後、前後方向への床反力作用点（COP）位置 X_{COP} と移動速度 V_{COP} を求めた。また X_{COM} 、 X_{COP} を足場板の前後幅で除し、-100%から+100%までの値に相対化した R_{COM} 、 R_{COP} をそれぞれ求めた。各評価値はそれぞれ最大値、最小値、平均値を算出した。

統計分析は、各指標を目的変数、足場の幅と被験者の主効果を因子とする分散分析を行い、すべて有意水準5%として判定した。

3. 結果および考察

X_{COM} と X_{COP} の50秒間の最大値、平均値、最小値をそれぞれ表1に示す。実移動距離 X_{COM} 、 X_{COP} は足場幅が減少してもわずかに増加するにとどまり、足場幅6 cm条件での X_{COM}

最大値は 1.30 cm, X_{COP} の最大値は 2.12 cm であった。

足場幅に対する相対値 R_{COM} の平均値, 最大値, 最小値を図 2 に, R_{COP} の同値を図 3 に示す。 R_{COM} と R_{COP} は, 足場幅が狭いほど大きくなる傾向を示し, R_{COM} は足場幅 15 cm 条件で $\pm 10\%$ 程度, 6 cm 条件では $\pm 20\%$ 程度まで変化していた。また R_{COP} は R_{COM} より顕著に大きく変動しており, 足場幅 15 cm 条件で $\pm 20\%$, 6 cm 条件では $\pm 70\%$ まで変動していた。

次に V_{COM} および V_{COP} の平均値を図 4 に示す。 V_{COM} はどの条件でも 0.5 cm/s 程度であったが, V_{COP} は条件により 1.0~3.8 cm/s までばらつきが見られた。 V_{COP} は 15 cm 条件と 25 cm 条件間を除き有意差がみられ, 足場幅が 15 cm より狭くなると増加する傾向がみられた。

以上の結果から, 足場幅の減少により R_{COM} , R_{COP} , V_{COM} , V_{COP} がそれぞれ増加し, 移動距離と移動速度ともに COM より COP の変動が大きい傾向が見られた。 R_{COP} については実移動距離 X_{COP} に条件間で大きな差がないため, 単純に足場幅の逆数に比例して増大したものと考えられる。また V_{COP} の増加は, 足場幅の減少により COP の最大移動可能範囲 (支持基底面) が狭まるため, COP の位置制御を正確に行う必要が生じたためと考えられる。

4. 結論

本研究では, 脚立など高所作業用具からの転落災害防止に向け, 狭い足場上での静的立位における姿勢安定性について検討を行った。その結果, 足場の前後幅が減少すると足場幅に対する相対的な COP の最大移動距離の拡大や, COP の移動速度の上昇が見られた。また足場幅 15 cm では COP 速度が平地と同程度に抑えられる傾向が示された。

参考文献

- 1) 中央労働災害防止協会：安全の指標 平成28年度, pp.6, 2016.
- 2) 菅間 敦他：“脚立に起因する労働災害の分析”, 労働安全衛生研究, Vol. 8, No. 2, pp.91-98, 2015.
- 3) JIS Z 8500: 2002 人間工学—設計のための基本人体測定項目, 2002.

表1 COMとCOPの実移動距離。それぞれ最大値, 平均値, 最小値を示す。括弧内は標準偏差。

		platform width				
		6cm	8cm	10cm	15cm	25cm
X_{COM} (cm)	max.	1.30 (0.92)	1.35 (1.04)	1.17 (1.07)	0.89 (1.19)	-1.08 (1.95)
	mean	0.00 (0.68)	0.05 (0.81)	-0.24 (0.97)	-0.24 (1.15)	-2.49 (1.47)
	min.	-1.34 (0.81)	-1.25 (0.89)	-1.61 (1.05)	-1.48 (1.18)	-4.08 (1.10)
X_{COP} (cm)	max.	2.12 (0.62)	2.05 (0.76)	1.74 (0.74)	1.27 (1.10)	-0.54 (1.56)
	mean	-0.01 (0.36)	0.01 (0.48)	-0.25 (0.65)	-0.23 (0.98)	-2.43 (1.24)
	min.	-2.16 (0.47)	-2.11 (0.66)	-2.22 (1.02)	-1.92 (1.18)	-4.43 (1.47)

図2 足場幅に対するCOMの相対位置

図3 足場幅に対するCOPの相対位置

図4 COMおよびCOPの前後速度