

くい打機の自走挙動に関する実験的解析 (その2)

ー 揺動の画像解析と接地圧力変動 ー

東京都市大学大学院 学生会員○前田周吾 正会員 末政直晃
(独)労働安全衛生総合研究所 正会員 玉手 聡 正会員 堀 智仁

1 はじめに

くい打機は主に軟弱地盤の対策工事に用いられるため、潜在的に不安定な地盤の上での作業を余儀なくされる。そのため、近年この種の建設機械による転倒災害が発生している。本研究では、くい打機の安定設置に必要な支持地盤条件を明らかにするために、くい打機模型を作製し遠心場走行実験を行った。本報告では、自走中に生じる揺動と履帯接地圧変動の計測結果について述べる。

2 実験の概要

実験条件を表1に示す。機体の安定度¹⁾は5度および10度である。同一安定度条件で重心位置の違いが走行挙動に与える影響を調べるため、図1に示すように、付加質量の位置を変えて実験を行った。その他の詳細については別報を参照されたい²⁾。

遠心場走行実験は遠心加速度 5g を与えた後、走行速度 35cm/sec で走行させた。

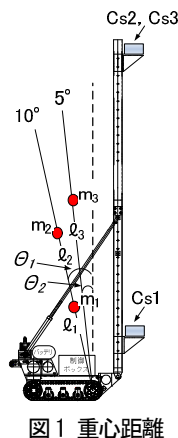


図1 重心距離

表1 実験条件

	安定度 θ (度)	全重量 m (kg)	重心距離 l (cm)	遠心加 速度(g)	地盤材料
Cs1	10	3.36	13.4	5	関東ローム
Cs2	10	3.24	23.9		
Cs3	5	3.79	32.4		

3 自走に伴う接地圧力変動の解析

遠心場走行実験³⁾では、くい打機模型を待機位置から加速させ、次に定常走行させる。この加速に要する距離は15cm程度である。この時、履帯は全面が待機位置から試験地盤上に移動する。従って本研究では、走行距離が15cm以降のデータを解析対象とした。

図2はCs2により得られた接地圧力の理論値 R_t と実験値 R_e の比較を示す。 R_t はJIS規格⁴⁾に基づいて計算した各車軸に作用する荷重の割合である。 R_e は合計荷重に対する各作用荷重の割合を示し、平均値をマークで、標準偏差(σ)をエラーバーで示した。なお、本研究では各車軸の名称を前輪からFS(Front Sprocket), FR(Front Roller), CR(Center Roller), RR(Rear Roller), RS(Rear Sprocket)と定義した。

R_t に着目すると、RRとRSはともに0である。これは、本実験の安定度条件では、機体が前側3個の車輪によって支持されることを意味する。平均値に着目すると、RRとRSの R_e には荷重の発生が見られ、 $R_e > R_t$ である。一方、FRとCRは $R_e < R_t$ 、FSは $R_e > R_t$ である。

σ の分布を見ると、 R_e の増加に伴う σ の増加が見られる。特に接地圧力が最大となるFSの σ に着目すると0.301と大きく、各車軸におけるバラツキの違いが確認された。

表2は、Cs1, Cs2, Cs3の履帯接地圧力におけるFSの平均値と標準偏差(σ)、慣性モーメントを示す。 σ に着目すると、Cs1<Cs3<Cs2という関係が見られる。しかしながら、理論的な慣性モーメントの大小関係はCs1<Cs2<Cs3であり、その関係性には違いが見られた。

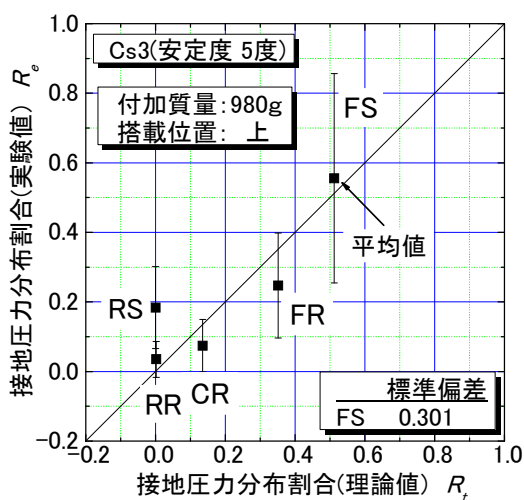
図2 接地圧力の理論値 R_t と実験値 R_e の比較

表2 FSの平均値、標準偏差、慣性モーメント

	平均値	標準偏差 (σ)	慣性モーメント ($g \cdot cm^2$)
Cs1	0.516	0.195	171
Cs2	0.459	0.399	3177
Cs3	0.555	0.301	7076

4 高速度カメラによる挙動解析

1) 高速度カメラの概要

走行中のくい打機模型の挙動を実測は困難であるため、高速度カメラで走行挙動を記録し、画像解析を行った。実験に使用した高速度カメラはnac社製fx Rx-6Gである。

キーワード：くい打機 遠心模型実験 転倒災害 支持力 関東ローム

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 地盤環境工学研究室 TEL 03-5707-2202

実験は500コマ/秒で撮影した。1pixelは約0.8mmである。

写真1に測点の概要を示す。マーカーは全部で10点(P0～P9)である。本研究では、Point0とPoint1を結んだ測線の傾斜角を算出した。なお、解析結果にはレンズの光学歪補正を施した。

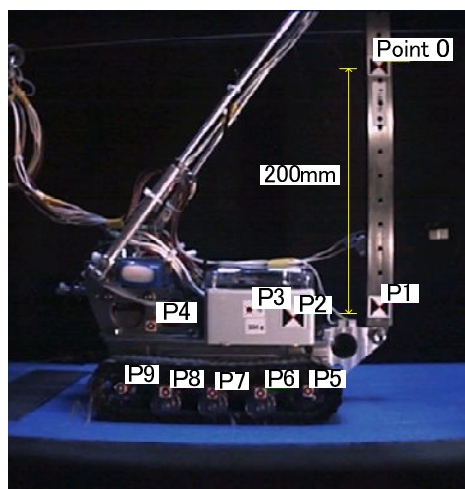


写真1 高速度カメラ測定位置

2) 解析結果

図3に傾斜角と経過時間の関係を示す。安定度と重心位置の違いにかかわらず、ほぼ同じ傾向を示している。これは、与えた遠心加速度が小さく、履帯に生じる接地圧が小さいため、弾性的な支持条件が支配的となり、同じような揺動が生じたと考えられる。

表3に傾斜角の解析結果を示す。平均値と標準偏差、傾斜角の最大値と最小値の差(ΔH)を比較すると、試験条件の違いにかかわらず有意な差は見られない。それに対して、周波数成分を比較すると、安定度と重心位置の違いで差が見られる。Cs1とCs2を比較すると、Cs1は短周期的に揺れているのに対して、Cs2は長周期的な揺れが生じている。この原因として、前述した慣性モーメントの違いが考えられる。すなわち、慣性モーメントの小さいCs1は回転しやすく、短周期的な揺動が生じたと考えられる。一方、Cs2とCs3を比較すると、安定度10度に比べ、安定度5度は長周期的に揺動している。このことから、安定度の低下に伴い、走行時の揺れは長周期化することが確認された。

今後はさらなるデータの蓄積を行うとともに、様々な条件で試験を行い、走行時の安定性について検討する予定である。

表3 傾斜角の解析結果

	平均値 (deg)	標準偏差 (σ)	最大値 (deg)	最小値 (deg)	最大傾 斜角差 (ΔH)	周波数 (Hz)
Cs1	0.316	0.243	0.79	-0.04	0.83	3.80
Cs2	0.230	0.263	0.59	-0.51	1.10	1.29
Cs3	0.184	0.254	0.68	-0.27	0.95	1.12

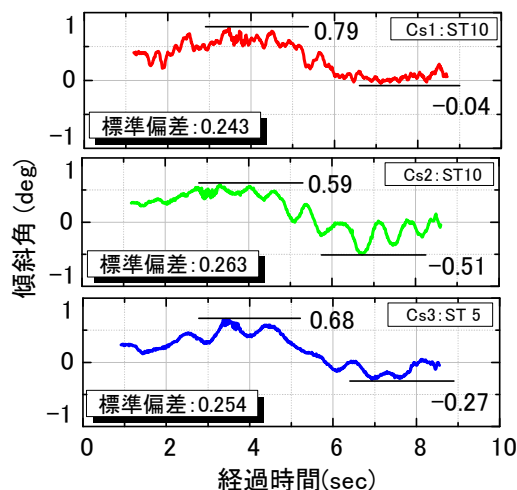


図3 傾斜角と経過時間の関係

5 まとめ

遠心場走行実験を行い、履帯の接地圧力と、高速度カメラを用いた模型の自走挙動に関する測定を行った。

(1)自走時の履帯接地圧力変動の解析を行った。模型はRR、RSでも走行しており理論値との違いが見られた。

また、最も大きな荷重が作用するFSの平均値と標準偏差を比較した結果、Cs2とCs3の平均値と標準偏差は相反関係にあり、不安定条件では、FSの平均値(荷重)が大きく、標準偏差が小さくなる傾向があることがわかった。

(2)高速度カメラで撮影した動画を解析した結果、Cs1は、Cs2およびCs3に比べ、短周期的な揺れが生じていた。一方、Cs2とCs3を比較すると、安定度の低下に伴い揺れが長周期化していることが確認された。

謝辞

本研究は平成19年度厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業)の交付を受けた研究課題「基礎工事用大型建設の転倒防止に関する研究(H19-労働一般-005)」において得られた成果であり、関係各位に対し、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 労働調査会：安衛法便覧 II，車両系建設機械構造規格，pp.512-516，2007。
- 2) 玉手 聡，堀 智仁，前田 周吾：くい打機の自走時揺動に関する遠心模型実験，第64回年次学術講演会講演概要集，投稿中，2009
- 3) 玉手 聡：基礎工事用大型建設機械の転倒防止に関する研究，厚生労働省科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業平成19年度総括分担報告書，2008。
- 4) 基礎工事機械-安全-，第一部：くい打機 の要求事項，JIS A 8509-1，pp.25，2007。