

自走式杭打ち機械模型の作製と遠心場走行シミュレーション

独立行政法人 労働安全衛生総合研究所 正会員 ○堀 智仁
独立行政法人 労働安全衛生総合研究所 正会員 玉手 聡

1. はじめに

自走式杭打ち機械は地盤改良工事や基礎工事に用いられる大型の車両系建設機械である。この機械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、近年この建設機械による転倒災害が数多く報告されている。本研究では、杭打ち機械の自走時に生ずる不安定化のメカニズムを明らかにするために、その第一段階として、杭打ち機械模型を作製し遠心場走行実験を行った。

2. 実験の概要

(1) 杭打ち機械模型の作製

杭打ち機械の小型模型は 25G の遠心場で実験を行うことを想定し、実機の 1/25 のスケールで設計した。その際、モーターや減速機、およびバッテリーの位置は実機の重心位置と等しくなるよう配置した。前後の車軸とその間に備わる補助輪はアームで支持された片持ち梁構造をしている。これらのアーム部分にひずみゲージを貼り、履帯面に作用する接地圧分布を測定する。また、リーダー上部(Top)と下部(Bottom)、車体本体(Body)に加速度計を設置して、走行中の機体に生じる動揺を計測する。

(2) 地盤のモデル化

走行実験では強度の異なる 2 種類の発泡ポリウレタンフォームを用いて模型地盤を作製した。一つは硬い FP15 であり、もう一つは軟らかい FP30 である。2 種類の発泡ポリウレタンフォームに対して支持力試験を行った結果、極限支持力(q_u)と模型の接地圧(p_{max})を比較すると、FP15 は $q_u \approx p_{max}$ であり、FP30 では $q_u = 0.4p_{max}$ であった。

(3) 実験方法および実験条件

実験に使用した遠心模型実験装置は(独)労働安全衛生総合研究所が保有する NIIS Mark-II Centrifuge である¹⁾。実験の概要を図 1 に示した。実験で用いた土槽は幅 250mm、長さ 800mm、高さ 300mm である。実験

時の風の影響を除くために風防カウルで全体を覆っている。走行時の速度は、ワイヤー式変位計を用いて測定した。模型地盤は図 2 に示す 3 種類である。一つは FP15 を配置し、強度が均一な地盤を模擬した一様地盤である。残る二つは、履帯と等しい長さの FP15 と FP30 を交互に配置し、不均一な地盤を模擬した交互地盤である。走行速度は相似則に従い 30cm/sec とした。

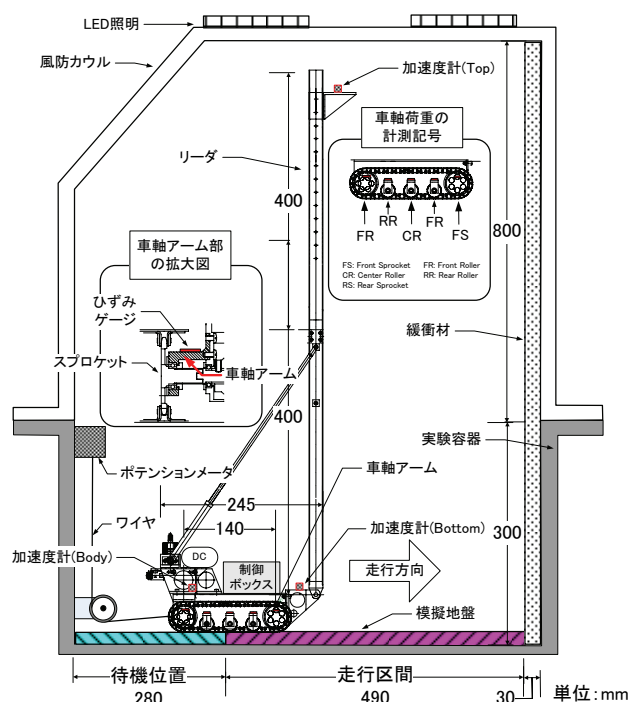


図 1 遠心場走行実験の概要

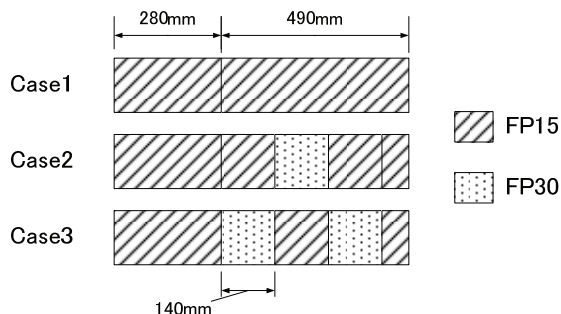


図 2 走行路の条件

3. 実験結果

図 3 は Case1 の応答加速度と車軸荷重を示したもので

キーワード 自走式杭打ち機械, 不安定化, 遠心模型実験

連絡先 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6 (独) 労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ

ある。加速度の結果を比較すると、Bottom と Body に比べ、Top の加速度が大きい、リーダー部分の影響により機体の揺れが増幅していることがわかる。一方、車軸荷重の結果では、FS が一番大きく、RR が一番小さい。このことから、走行時に前方方向に転倒モーメントが作用していることがわかる。

図4はCase1～3のTopの加速度を実物スケールに換算した後、フーリエ変換した結果である。地盤条件の違いによる卓越周波数の顕著な差は見られない。

図5は度数分布解析の結果である²⁾。度数分布解析の結果においても地盤条件の違いによる有意な差は見られず、図中に示した標準偏差 σ_d についても同様のことが言える。

図6に車軸荷重を度数分布解析した結果を示す。ここで、各車軸に作用する荷重を車体の重量で除した値を荷重分布割合 R と定義した。Case1では、 q_u/p_{max} は約1であるため履帯直下に生じる沈下は小さい。そのため、各車軸の最大相対度数 I_d には大きな違いが見られず、類似した分布形状を示している。一方、Case2, Case3の結果では、不均一な地盤の影響を受けて I_d が小さくなるとともに、データが広く分布している。このことから、車軸荷重を計測することにより、模型の走行時の不安定性を評価できると考えられる。

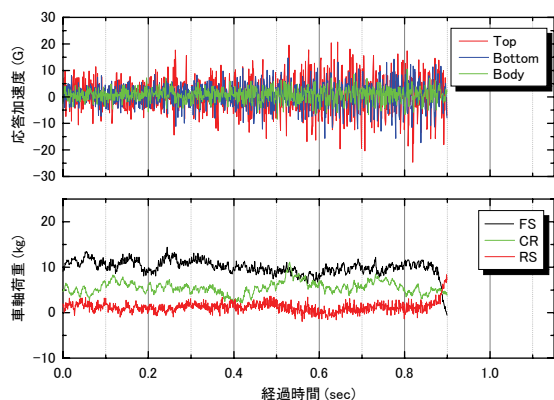


図3 加速度と車軸荷重

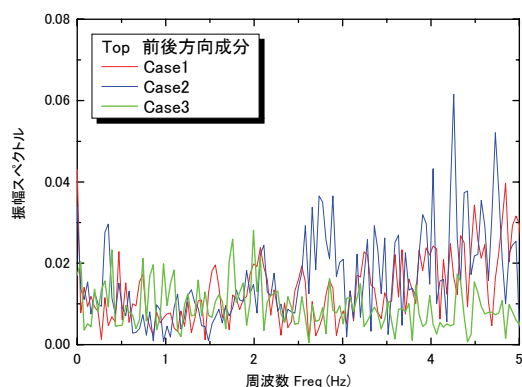


図4 加速度の周波数解析

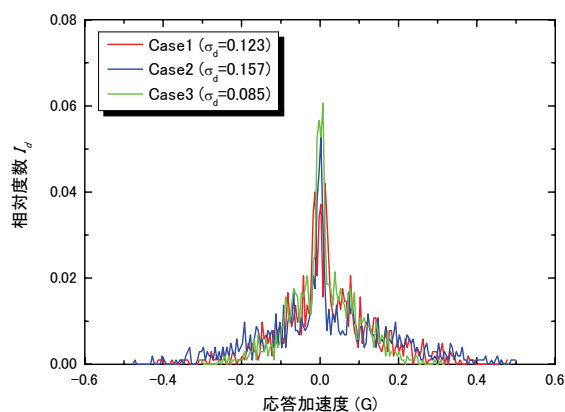


図5 加速度の度数分布解析

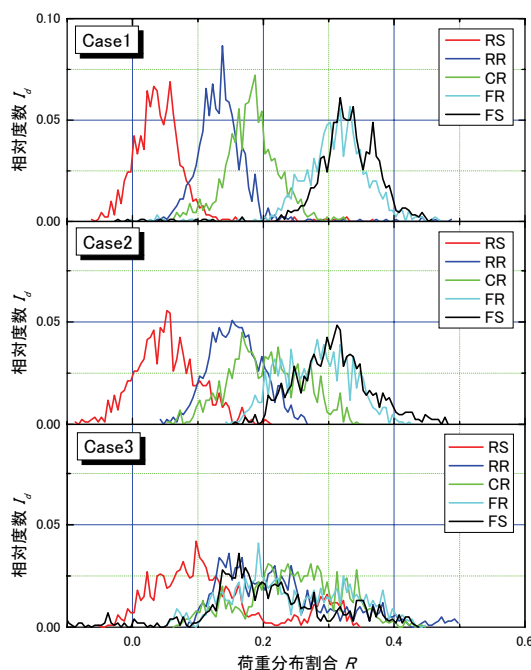


図6 荷重分布割合の度数分布解析

4. まとめ

杭打ち機械模型を作製し、遠心場走行実験を行った。その結果、応答加速度には、地盤条件の違いによる有意な差は確認できなかった。それに対して、車軸荷重は不均一な地盤ほどデータのばらつきが大きい、走行時の不安定性を評価できると考えられる。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。

謝辞：本研究は厚生労働科学研究費補助金において得られた成果であり、関係各位に対し、謝意を表します。

参考文献 1) 伊藤ら：新遠心模型実験装置(NIIS-Mark II Centrifuge)の開発, NIIS-RR-2005(2006), pp.57-74, 2006. 2) 越昭三：数理統計概論, pp.1-14, 1983.