地盤支持力の平面的なバラツキがくい打機の自走時揺動に与える影響(その1) - 遠心模型実験のモデル化と実験条件 --

> 東京都市大学大学院 学生会員〇前田周吾 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

基礎工事用大型建設機械(以下,くい打機と呼ぶ) の転倒災害が度々発生している(写真 1 参照).転倒原 因の多くは設置地盤の支持力不足である.さらに,そ の背景にはくい打機がトップへビーな構造を有しなが

ら現場内を自走すること と,設置される施工現場 が軟弱地盤であるなどの 潜在的な危険要因がある.

本研究では,地盤側と 機体側に存在するくい打 機固有の不安定要因に着 目し,遠心模型実験によ る調査を行った.本報告 では本実験の概要と実験 に用いた模型地盤につい て述べる.



写真1 転倒災害の様子

2. くい打機のモデル化と遠心模型実験

1)実験のモデル化と実験装置

自走に伴い揺動するくい打機の挙動を遠心模型実験 で再現した.模型に n 倍の重力と地盤に n 倍のダンピ ング係数を与えると,現象は 1/n の時間で再現される¹⁾. その際,模型の速度(v)は実機と等しくする必要がある.

本研究では、1/25 スケールの小型くい打機模型を作 製した. 写真 2 にくい打機模型を示し、表1に実機と 模型の主要諸元の比較を示す. 模型は高さ 80cm,長さ 25cm,幅15cmの外形を有し,機体重量は27.4Nである. 機体に搭載するモーター,減速機,バッテリー等は重 心が実機と等しくなるように配置した. 筐体には 30g 場における自重に耐えうる強度が与えられ、遠心場で 実機と同じ速度(30cm/sec)で走行が可能である. なお, 模型の走行は無線による遠隔操作により行った.

リーダーに付加質量を搭載することにより,重心位 置を変えた任意な安定度を再現することができる.

表1 実機と模型における主要諸元の比較

	実機			1/25 模型		
重心	重量 (kN)	水平 距離 (m)	鉛直 距離 (m)	重量 (N)	水平 距離 (mm)	鉛直 距離 (mm)
機体	470.5	1.4	4.6	27.4	52	154
施工装備	71.5	-2.5	15.9	3.2	102	840
全体	542.0	0.88	6.08	30.5	36	225
平均接地圧力	101kPa			90kPa (25g 場)		
安定度	8			10 (任意に設定可能)		
走行速度	1.1km/h (=30cm/sec)					



写真2 くい打機模型と模型地盤

前後の車軸とその間に備わる補助輪は筐体からアー ムで支持された片持ち梁構造をしている.これらのア ーム部分にはひずみゲージが貼りつけられており,走 行中に作用する荷重の測定を行った.また,リーダー 上部に加速度計を設置して,走行中の揺動を計測した.

3. 地盤のモデル化

模型地盤は関東ロームを用いて作製した.作製した 地盤は「平坦で均質な地盤(FU 地盤)」と「平坦で不均質 な地盤(FN 地盤)」の2種類である.模型地盤は実験容 器内の縦 490mm×横 250mmの走行路部分に作製した.

次に,作製した地盤の支持力特性を調査した.図1 に5箇所で行った支持力試験の結果を示す.縦軸に載 荷圧力(q),横軸に沈下比(s/D)を示す.ここで,qは荷 重を載荷面積(A)で除した値であり,Aは30mm×30mm の正方形フーチングの断面である.s/Dは沈下量(s)を辺 長(D)で除した値である.sは1mm/minの定速で与えた. 載荷初期のs/D<0.02はs/D増分に対するq増分は大き

キーワード:くい打機,転倒事故,自走シミュレーション,遠心模型実験 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



く, 直線的な関係がみられる. その後, 屈曲点が現れ るが, 明確なピークは示さない. 屈曲点前後の2つの 接線の交点を極限支持力(*q*_u) と定義すると, *q*_uの平均 値は約 153kPa であった.

4. 地盤の作製方法

1) 平坦で均質な地盤(FU 地盤)

土槽壁面の摩擦を低減させるため、グリスを塗布した. 次に、最適含水比(103.5%)に調整した関東ロームを所定量投入した(写真3(a)参照). 平坦に均し載荷板(写真3(b)参照)を介して載荷応力150kPaで1時間静的に締固めた. 締固め終了後、1層目と同量の試料を投入し、締固めを行った. なお、1層の層厚は2.5cmである.

2) 平坦で不均質な地盤(FN 地盤)

1層目は前述した方法で作製し,2層目は地盤の密度 分布が走行方向に対して不均質となるよう2次元的な 起伏を与えた.待機位置から進行方向に対して15cm, その後は10cm間隔で起伏を設けた.試料投入後,載荷 板を介して載荷し締固めを行った.写真3(c)にその様 子を示す.作製後の地盤を写真3(d)に示す.

5 ハンドベーン試験によるせん断強度分布調査

1) 支持力の平面分布

写真4に示すハンドベーンを用いてせん断強度の分 布を調査した.本研究で用いたハンドベーンは,幅 10mm×長さ20mmのベーンブレードが備わる.試験は 表層部に手動で貫入した後に,最大回転モーメントを 計測し,換算せん断強度(τ)を算出する.ハンドベーン 試験は5cm間隔で行い計45カ所のせん断強度を調べた.

図2にハンドベーン試験の結果を示す.FU地盤(図 2(a))の τ_i は47.5kPaから97.5kPaの間に分布し,その平 均値は73.2kPaである.一方,FN地盤(図2(b))におけ る τ_i の値は32.5kPaから112.5kPaの間に分布し,FU地 盤におけるそれと比べて広範囲にばらついている.し かしながら,せん断強度の平均値は73.6kPaであり,FU 地盤とほぼ同じ値であった.また,両模型地盤の変動 係数(=標準偏差/平均値)を比較すると,FU地盤では 0.175であるのに対して,FN地盤では0.353であり,FN 地盤のせん断強度のバラツキが相対的に大きいことが わかる.

6. まとめ

関東ロームを用いてせん断強度の平面的なバラツキ が異なる 2 種類の模擬地盤を作製した. ハンドベーン 試験によるせん断強度の調査を行った結果, せん断強 度の平均値がほぼ等しく, バラツキが大きく異なる地 盤を作製することが出来た.

遠心場走行実験の結果については,別報2)で述べる.

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)香川崇章:度構造物の模型振動実験における相似 則,土木学会論文報告集,第275号,pp.69~77,1976.2)玉 手聡,堀智仁,前田周吾,末政直晃:地盤支持力の平面的な バラツキがくい打機の自走時揺動に与える影響(その2)-,土 木学会第65回年次学術講演会講演集CDROM,投稿中,2010.