

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)

— 実験的評価に基づく地盤破壊の危険性について —

独立行政法人労働安全衛生総合研究所 正会員 ○玉手 聡, 堀 智仁  
 東京都市大学大学院 学生会員 前田周吾, 正会員 末政直晃

1. はじめに

建設現場においてくい打機が転倒する原因には機械側の不安定要因とこれを設置する地盤側の不安定要因があると考え、不安定メカニズムの解明を試みた。掘削や埋め戻された現場地盤の支持力は必ずしも均一ではないことが想像され、くい打機はこのような現場内を移動して各所で施工を行う。本研究では地盤支持力の平面的なバラツキの違いが自走するくい打機の揺動に与える影響を実験的に調査し、その結果に基づいて支持力安全率と地盤破壊の危険性の関係について考察する。

2. 遠心場走行実験

くい打機を模擬した小型走行体を遠心場で自走させる実験(以下、遠心場走行実験と言う)を行った。小型走行体と模型地盤の作製方法の詳細は前報<sup>1)</sup>に譲り、本報では概要を述べる。表1に遠心場走行実験の実施条件を示す。

表1 実験条件

	安定度 $\theta_a$ (度)	支持力安全率 (平均値)	支持力の 変動係数	地盤 条件 <sup>1)</sup>	模擬材料
Cs1	5	1.5	不明	FU_1	ウレタン フォーム
Cs2	10				
Cs3	5	3.8	0.175	FU_2	関東 ローム
Cs4	10				
Cs5	5				
Cs6	10		0.354	FN	

1)FUは平坦で均質な地盤, FNは平坦で不均質な地盤を意味する

機械側条件として進行方向前側の安定度に5度と10度の2種類を与え、挙動を比較した。安定度は機体の限界傾斜角を意味する。地盤側条件には支持力の平面的なバラツキが異なる3種類の模型地盤を作製し、この表面を走行させた。模擬地盤に使用した材料はウレタンフォームと関東ロームの2種類である。ウレタンフォームでは平坦な表面と均質な支持力分布を有する理想的な地盤を再現した。これをFU\_1地盤と呼ぶ。関東ロームは載荷板を用いて締め固め、平坦な地表面を与えた。しかし試料の投入方法とその

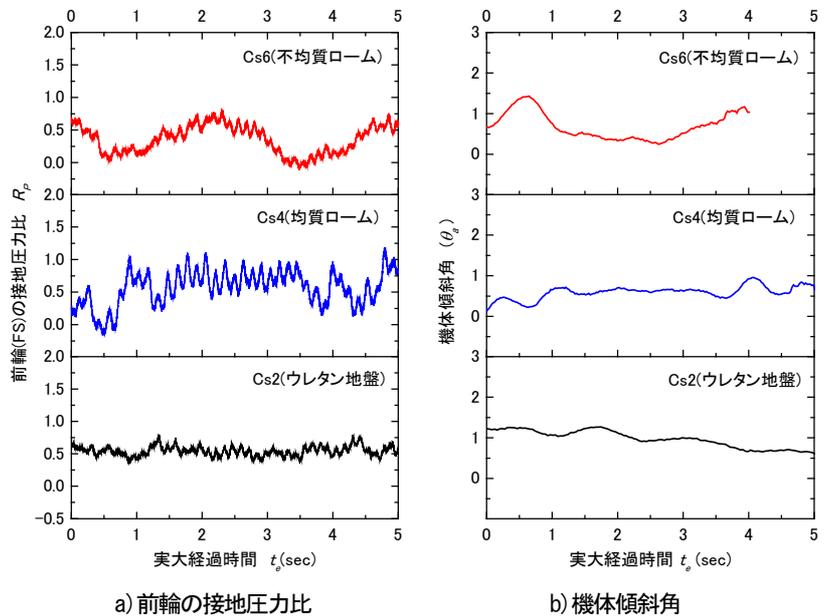


図1 支持力分布の違いがくい打機の自走挙動に与える影響(安定度10度)

後の均しを変えることによって、支持力分布に異なるバラツキを再現した。バラツキが少ない均質な関東ローム地盤をFU\_2地盤、バラツキが多い地盤をFN地盤と呼ぶ。

3. 自走するくい打機の変動計測と解析の方法

遠心場走行実験<sup>2)</sup>では、小型走行体を待機位置から加速させ、次に模型地盤を定常走行させた。解析対象はこの定常走行における変動であり、本研究ではこの時の接地圧力と機体傾斜について述べる。自走中の履帯面に生じる接地圧力を計測した。走行体の左右には車輪がそれぞれ5個備わる。全ての車輪に荷重計を配置し自走中の履帯に生じる接地圧力を計測した。くい打機の重心は前方に偏心しているため、接地圧力は前側車軸(FS)において最大となる。JISはこの理論接地圧力の計算法<sup>3)</sup>を示しており、その値は水平かつ堅固な地面への静的な設置を前提としている。

図1は10度の安定度を与えたくい打機が3種類の地盤を走行した際の、接地圧力と機体傾斜角の時刻歴変動を示す。図1a)は前輪(FS)における接地圧力比( $R_p$ )の変動を示す。 $R_p$ は全車軸に働く接地圧力の合計値に対するFSの分担割合を意味する。理想的な平坦条件を再現したFU\_1地盤におけるCs2のケースでは、 $R_p$ はほぼ一定を示し走行中の変動は少ない。しかし、関東ロームで再現したFU\_2地盤のCs4

キーワード：くい打機 転倒災害 自走時揺動 遠心模型実験 支持力

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 TEL 042-491-4512

では, Cs2 に比べて明らかに変動が大きい. さらに, 支持力が平面的にバラついた FN 地盤では,  $R_p$  の変動がさらに大きく生じている. したがって, 地盤支持力の変動係数が増加すると  $R_p$  の変動も大きくなっている.

図 1b) は機体傾斜角( $\theta$ )の変動を示し, 値は進行方向への転倒側が正である. 地盤条件の違いによる  $\theta$  の変動は  $R_p$  のそれに比べて緩慢に見られる. しかし  $R_p$  と同様に地盤支持力の変動係数の増加に伴って自走中の  $\theta$  の変動は大きくなることわかった.

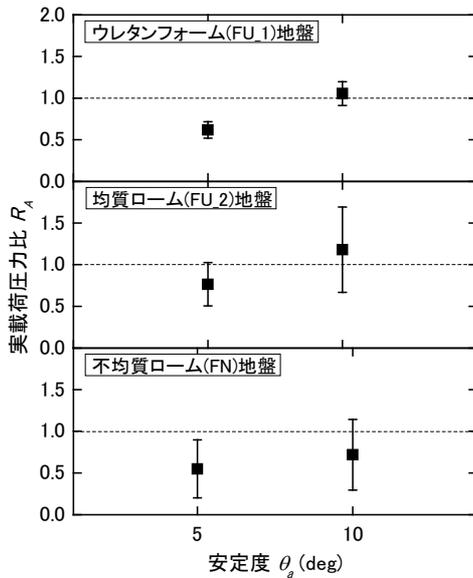


図2 支持力のバラツキが載荷圧力の変動に与える影響

4. 挙動解析の結果と考察

4.1. 接地圧力に与える地盤と安定度の影響

図 2 は安定度の違いが実載荷圧力比( $R_A$ )に与える影響を示す.  $R_A$  は FS における接地圧力の理論値に対する実測値の比である. 一般的に  $R_A$  の値は 1 前後を示し, 平均値はほぼ理論値に等しいことがわかる. エラーバーは標準偏差の値であり, 接地圧力の変動の大きさを示す. FU\_1 地盤では安定度の値によらず  $R_A$  の値は変動が小さい. しかし, 支持力がバラツキを持って分布する FU\_2 地盤と FN 地盤では  $R_A$  の変動が大きく生じている.

図 3 は地盤支持力の変動係数( $C_{vb}$ )と  $R_A$  の変動係数( $C_{vp}$ )の関係プロットを示す. FU\_1 の  $C_{vb}$  は不明であったがその値は明らかに小さいため, FU\_2 の約 1/10 と仮定して 0.02 とした. 検証した条件の範囲では  $C_{vp}$  と  $C_{vb}$  の間にはほぼ正の相関が見られ, 関係には安定度が 5 度と 10 度の違いによる明確な差は見られない.

4.2 地盤の破壊危険性と支持力安全率

図 4 は支持地盤の破壊に対する危険の確率( $P_f$ )と支持力安全率( $F_s$ )の関係を示す.  $F_s$  は地盤に働く接地圧力に対する極限支持力の比を意味する. 比較した 3 ケースの地盤で得られた極限支持力の変動係数( $C_{vb}$ )と接地圧力の変動係数( $C_{vp}$ )を用いて  $P_f$  を計算した. なお,  $C_{vb}$  と  $C_{vp}$  の値は  $F_s$  によらず一定と仮定した. 同一  $F_s$  に対する  $P_f$  の値は Cs2 が最も小さく, Cs4, Cs6 の順に大きい. 地盤支持力の平面的なバラツキが大きくなるに従って, 地盤が破壊する危険性は大きくなる. 建築学会では  $F_s=3.0$  を長期許容支持力の安全率,  $F_s=1.5$  を短期的な安全率としている. くい打機の使用は一時的(短期的)とも見られるため, 施工現場では  $F_s=1.5$  による地耐力照査も行われている. しかしながら, 破壊の危険

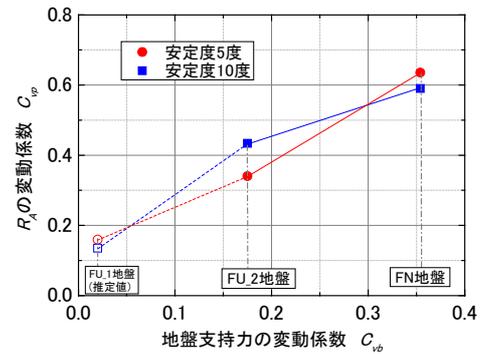


図3 支持力と接地圧力の変動係数の関係

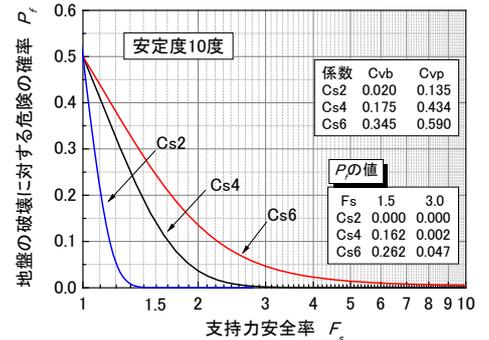


図4 地盤破壊の危険性と支持力安全率の関係

性は現場支持力のバラツキに依存する. ウレ

タンフォームのような理想的な均質条件では,  $F_s=1.5$  の時に  $P_f$  はほぼ 0 となる. しかし,  $C_{vb}$  が 0.175 に増加すると  $P_f < 0.002$  のためには  $F_s > 3.0$  が必要となることわかった.

5. まとめ

現場内を自走するくい打機が不安定化する要因として, 支持力の平面的なバラツキに着目し, 遠心場走行実験による調査を行った. 支持力分布のバラツキが異なる 3 種類の模型地盤を作製し, 2 種類の安定度を与えた小型走行体を自走させた. そして履帯に生じる接地圧力と機体傾斜の時刻歴変化を計測し, 接地圧力については値が最大となる前輪(FS)に着目して解析を行った. その結果, 支持力のバラツキが増加するに従って接地圧力の変動は大きくなること確認され, 支持力の変動係数( $C_{vb}$ )と接地圧力の変動係数には相関も見られた. さらに実験的に得られた変動係数を用いて支持力安全率( $F_s$ )と地盤の破壊危険の確率( $P_f$ )の関係を解析したところ, 同一  $F_s$  に対する  $P_f$  の値は  $C_{vb}$  によって大きく異なることがわかった. 施工現場では短期的安全率  $F_s=1.5$  による地耐力照査も行われているが, 支持力のバラツキに応じて  $F_s$  を割り増した地耐力照査も必要と言える.

謝辞: 本研究は厚生労働科学研究費補助金の交付を受けて実施したものである. 関係各位に感謝申し上げます.

参考文献: 1)前田, 末政, 片田, 玉手, 堀: 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), 土木学会第 65 回年次学術講演会予稿集(投稿中), 2010. 2)玉手, 堀, 前田, 末政: くい打機の自走挙動に関する実験的解析 (その1), 土木学会第 64 回年次学術講演会講演発表集(CD-ROM), pp.703-704, 2009. 3)日本規格協会: JIS A 8509-1:2007 基礎工事機械—安全—第一部: くい打機の要求事項, pp.20-33, 2007.