

移動式クレーン基礎の支持力と引き抜き抵抗増加法の検討

(独)産業安全研究所 正会員 ○玉手 聡, 有木高明
武蔵工業大学工学部 正会員 末政直見, 片田敏行

1. はじめに

本研究では、移動式クレーンが支持地盤の不安定性により転倒する事故の防止を目的に、クレーン基礎の支持力と引き抜き抵抗の増加方法を検討した。検討を行った基礎形式は、スクリュー状短杭をアウトリガフーチング下部に与えた合成基礎¹⁾である。本報告は、合成基礎を用いて行った支持力実験と引き抜き実験の結果について述べる。

2. 合成基礎の概要

図1(左)に合成基礎の概要を示す。合成基礎は、直径(D)30mmのフーチング下部に外径16mm長さ55mmのスクリュー状短杭を有するアルミニウム製のものであり、先端角は30度である。合成基礎の大きさは、実大アウトリガの約1/20を想定した。

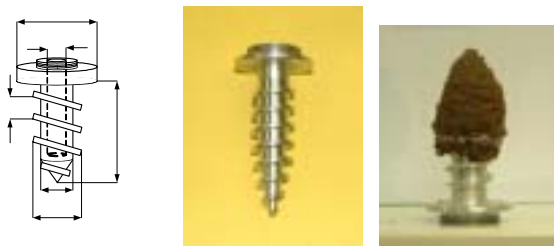


図1 合成基礎の概要(左)と地盤に回転貫入設置された様子(右)

3. 支持力実験と引き抜き実験

1) 模型地盤：移動式クレーンが設置される地盤は、一般的に不飽和な表土と考えられる。そのため本研究では、表1に示す物理的性質の関東ロームを使用して、実験を行った。模型地盤の作製に使用した実験容器の大きさは、内寸が縦36cm、横36cm、深さ21cmである。模型地盤は、初めに最適含水比に調整したロームを容器内に投入しその後、実験容器の開口部とほぼ同じ面積を有する載荷板を介してロームを $p_c=147\text{kPa}$ で静的圧縮により締固めた。この締固めは、層厚が約5cm毎に3回実施し、深さが約15cmの模型地盤を作

表1 関東ロームの物理的性質

土粒子の密度 ρ_s	2.646
液性限界 $w_L(\%)$	143.5
塑性限界 $w_P(\%)$	74.6
塑性指数 I_P	68.9
最適含水比 $w_{opt}(\%)$	105
強度増加率 q_u/p_c	0.41

表2 支持力実験と引き抜き実験の条件と結果一覧

実験名称	基礎形態	載荷方向	スクリュー有無	削孔(mm)	極限支持力または最大引き抜き応力(kPa)
b1	直接基礎	押し	—	—	302
s1	合成基礎	押し	有	6	390(推定値)
s2		押し		12	400
s3		引き		12	65
s4		押し		なし	450(推定値)
s5		引き			138
m1		押し	無	12	360

製した。

2) 実験条件：実験では、基礎形状と設置方法の2つの条件が支持力と引き抜き抵抗に与える影響を調査した。基礎形状については、合成基礎の短杭部に与えたスクリューの有無を比較した。合成基礎の設置方法では、次の2つの条件が比較された。第1条件は、一定の鉛直荷重59N(6kgf)を合成基礎に与えながら、スクリューを10rpmで回転させて貫入設置する方法であった。与えた鉛直荷重は、実機重量の平均アウトリガ反力をスケール換算した値であった。第2条件では、設置箇所にあらかじめ予備削孔を施し、そこに手で合成基礎を回転させて設置する方法であった。予備削孔には工作用ドリルが用いられ、その径の大きさは6mmと12mmの2種類であった。実験条件と主な結果を表2に示す。

4. 合成基礎の支持力

支持力実験の結果は、載荷応力(q)と沈下比(s/D)の関係で整理された。 q は載荷荷重をフーチング面積で除した値であり、 s/D は基礎の沈下量(s)をフーチング径(D)で除して無次元化した値である。 q - s/D 関係より、極限支持力を求めた。極限支持力は q - s/D 関係における q の最大値とした。 q にピークが見られない場合は、屈曲点前後の直線部から、その交点における q の値と定義した²⁾。ただし、屈曲後の曲線に直線部が見られない場合は、 $s/D=0.2$ における q の値の比較から推定値を示した。

図2は、支持力実験で得られた q - s/D 関係を示す。同一 s/D における合成基礎の q の値は、直接基礎に比べて増加が見られた。合成基礎(スクリュー有り)を設置した際の予備削孔の有無と、その径の大きさの違いが支持力に与えた影響をs1, s2とs4で比較する。予備削孔を地盤に施したs1とs2の曲線は、s4に比べて同一 s/D における q の値は低く現れた。削孔径が6mmと12mmを与えたs1とs2には、 q - s/D 関係に明確な違いが見られなかった。

Keywords；移動式クレーン，アウトリガ(基礎)，スクリュー短杭，支持力，引き抜き抵抗

〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6 Tel 0424(91)4512, Fax 0424(91)7846

図1(右)は第1条件(s4)で設置された際の合成基礎の様子である。杭周部に付着した土は軟らかく簡単にはく離したが、先端部に付着した土は硬く締固まって付着した。予備削孔を施したs1とs2には、締固まった土の付着が見られなかった。従って、同一s/Dにおけるs4のqの値が、s1とs2に比べて高く現れた主な要因は、スクリー先端に形成された締固まりによる先端支持力によるものであったと考えられる。

s2とm1の比較からスクリーの有無が支持力に与えた影響を述べる。スクリーを有したs2曲線は、これを有しなかったm1に比べて、同一s/Dに対するqはわずかに大きな値を示した。これは、土同士の摩擦(せん断)が金属と土の摩擦に比べて大きいために、s4の曲線はm1よりも高く現れたと考えられる。以上の比較より、同一s/Dにおける合成基礎(s4)のqは、直接基礎に比べて最大で約1.5倍高い値が得られることがわかった。

5.合成基礎の引き抜き抵抗

予備削孔の有無が引き抜き抵抗応力(q_t)に与えた影響を比較した。 q_t は引き抜き荷重をフーチングの面積で除した値である。s3(予備削孔径12mm)とs5(予備削孔なし)には、曲線の初期部分に、s/D増分に対する q_t 増分が高く見られ、ピーク後には大きな減少が見られた。s5の曲線は、s3に比べて同一s/Dにおける q_t の値が高く現れた。s5では、スクリー周面における水平土圧の増加により摩擦が増大し、これにより q_t は高く現れた。

6.極限支持力と引き抜き抵抗荷重の簡易推定法

合成基礎の支持力の計算方法は、直接基礎に杭基礎の支持力設計法を応用して検討した。合成基礎の支持力は、フーチング部における支持力(q_f)、短杭周面部における摩擦力(τ_r)、短杭先端部における先端支持力(q_p)により構成されると仮定し、極限支持力(F_{sc})と最大引き抜き荷重(F_{sp})の計算値は、各抵抗要素にそれぞれの面積を乗じて式(1)と(2)で求めた。

$$F_{sc} = q_f A_f + \tau_r A_r + q_p A_p \quad (1)$$

$$= q_f (A_f + A_p) + \tau_r A_r$$

$$F_{sp} = \tau_r A_r \quad (2)$$

ここで、 A_f 、 A_r 、 A_p は q_f 、 τ_r 、 q_p のそれぞれが作用する面積である。なお、合成基礎のスクリー杭部は根入れ深さが浅いため、先端支持力とフーチング部の支持力は同じとして扱った。従って、 F_{sc} は円形フーチングの支持力に、杭部の周面摩擦を加えた値である。

計算値と実験値の比較を表3に示す。合成基礎の極限支持力と最大引き抜き荷重は、計算値が実験値よりも10%程度小さく評価された。しかし、両方の値にはほぼ一致が見られた。

計算値が小さく得られた原因には、スクリーを回転貫入させた際に発揮された杭先端と周面における土の締固め効果を、無視したためと考えられる。

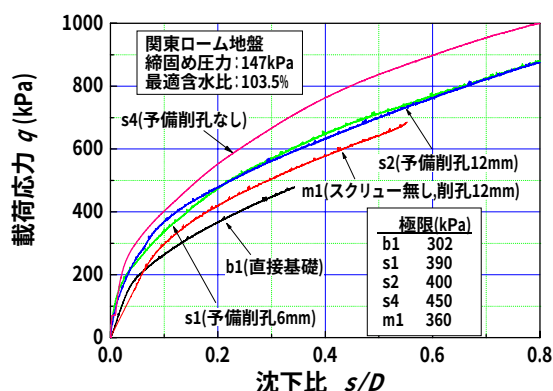


図2 合成基礎と直接基礎の支持力比較

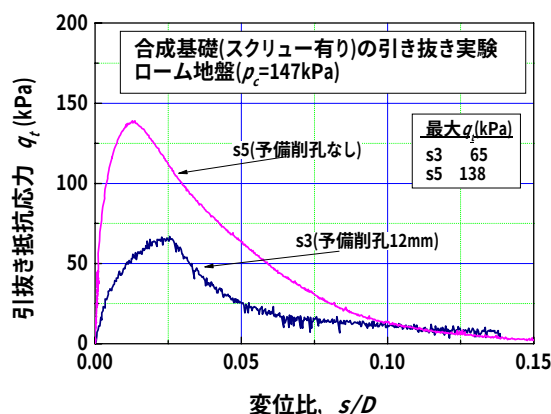


図3 合成基礎の引き抜き抵抗に与えた予備削孔の影響

表3 極限支持力と最大引き抜き荷重の実験値と計算値の比較

	極限支持力, (N)		最大引き抜き荷重, (N)	
	実験値(s4)	計算値	実験値(s5)	計算値
合成基礎	318	296	98	83

7.まとめ

移動式クレーンは従来、直接基礎により支持された。合成基礎には、直接基礎に比べて最大約1.5倍の支持力が発生した。また、引き抜き抵抗についてはその値は小さいものの、発生を期待できることが明らかになった。

支持力の増加による沈下低減は機体の傾斜を抑止し、転倒モーメントの増加を減少させる。引き抜き抵抗は、安定モーメントの増加に寄与する。従って、合成基礎はクレーンの転倒防止に有効な可能性がある。なお、合成基礎の支持力メカニズムや実用上の問題点及び地盤条件の違いに対する適用性については、未解明な部分があり、今後明らかにされる必要がある。

参考文献: 1)玉手 聡, 有木高明, 末政直晃, 片田敏行: スクリュー状短杭付きフーチングの支持力実験, 地盤工学会第38回研究発表会講演集, CD-ROM, 2003. 2)北詰昌樹, 池田朋広: 支持力特性に及ぼす基礎の形状について, 地盤破壊の三次元的評価に関するシンポジウム発表論文集, pp.133~148, 1995.