

埋込み杭における先端拡大の効果が鉛直支持力特性に及ぼす影響について

九州工業大学大学院 学生会員 織掛晴弘

九州工業大学 正会員 廣岡明彦 清水恵助 永瀬英生

九州工業大学 非会員 林田佑介 繁富友也

1. はじめに

杭先端部にファブリック球根を有する埋込み杭工法は先端拡大により杭先端支持力の計算値は打込み杭と同値を確保しており、現場での載荷試験も10数例実施され、施工実績も多い。しかしながら、地盤条件が異なるということから鉛直支持力特性の定量的な評価が十分になされていないのが現状である。そこで、筆者らは杭の先端部拡大による影響が鉛直支持力特性に及ぼす影響を評価するために遠心模型実験装置を使用した一連の小型模型実験を実施してきた。本件では、より深い基礎を想定した根入れ深さ比7のケースについて報告する。

2. 実験方法および実験ケース

模型概要図を Fig.1 に、遠心加速度 29.4G を付与させた場合の模型と実物における各種寸法を Table1 に示す。模型杭は鋼製躯体を使用しており、外部から空圧を加えることで先端部を拡大膨張させることが可能となっている。模型地盤は豊浦珪砂($e_{max}=0.978$, $e_{min}=0.609$, $G_s=2.637$)を使用し、空中落

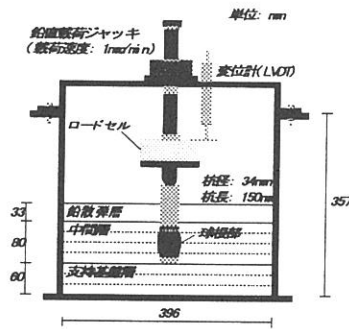


Fig.1 模型概要図

Tabl1 模型と実物における各種寸法

縮尺	1/29.4	
	模型	実規模換算値
杭径 (m)	0.034	1
杭長 (m)	0.15	4.41
基盤層厚 (m)	0.06	1.76
中間層厚 (m)	0.08	2.35
鉛屑重量 (kg)	29.94	
根入れ深さ	—	7

下法によって相対密度 75%となるよう作製した。また、鉛散弾層を設置することで根入れ深さ比がおよそ7となるよう調節した。実験ケース(空圧操作)について Table2 にまとめた。Case1 は、模型作製時に、予め球根部中央の土圧係数 $K=0.5$ に相当する圧力を加えておき、載荷直前に空圧を抜き周辺地盤を緩め載荷試験を行ったケースである。Case2, Case3, Case4 では Case1 と同様の方法で地盤を緩め、続いて球根部を拡大し、それぞれの圧力を変化させたケースである。Case2 は $K=0.5$, Case3 は $K=1.0$, Case4 は $K=2.0$ に相当する圧力を加えた。なお、載荷速度は 1mm/min で貫入させ、載荷に伴う軸力は杭頭、先端で、ロードセルにて載荷荷重を、杭頭部で沈下量をそれぞれ計測している。

3. 実験結果および考察

Fig.2 に載荷荷重—沈下量曲線を示す。なお、 S/B は沈下量 S を杭径 B で除して無次元化した沈下量である。Case1 は他のケースと比較して、沈下量全般で最も低い載荷荷重値を示しており、地盤の緩みによるものと考えられる。他の 3 ケースは先端拡大による締固め効果によって、Case1 と比較して高い支持力を示していることが確認できる。極限支持力については、地盤工学会基準では $S/B=0.1$ における荷重を極限支持

Table2 実験ケース

実験ケース	条件【圧力操作】
Case1	$K=0.5 \rightarrow 0$ (29.4G)
Case2	$K=0.5 \rightarrow 0$ (29.4G) $\rightarrow K=0.5$
Case3	$K=0.5 \rightarrow 0$ (29.4G) $\rightarrow K=1.0$
Case4	$K=0.5 \rightarrow 0$ (29.4G) $\rightarrow K=2.0$

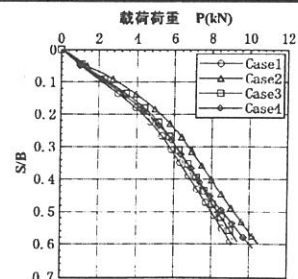


Fig.2 載荷荷重—沈下量曲線

力と定義することが一般的であるが、本報告では、根入れ深さ比 5 の実験シリーズにおいて $S/B=0.3$ においてわずかながらに屈折点が確認されていることから、これに準拠し $S/B=0.3$ に相当する荷重を極限支持力と定義し、Table3 にまとめた。これより、Case1 と比較し、他の 3 ケースにおいて支持力が増加していることが確認できる。Case3, Case4 は Case2 より強い圧力で拡大膨張させているにもかかわらず、それぞれ 6.4%, 6.1% と Case2 より低い値を示している。これは必ずしも先端拡大の圧力を強くすることによって高い支持力が得られるとは限らないことを示すものと考えられる。

Fig.3 に載荷荷重に対する先端抵抗力 Q_b と杭頭軸力からせん断軸力の差をとることより求めた周面摩擦力 Q_f の分担割合の関係を示した。先端抵抗力に着目すると、載荷荷重との関係は全ケースでほぼユニークな関係が見受けられる。周面摩擦力においては載荷荷重 4kN 付近まで先端支持力を上回っており、各ケースを比較しても地盤の緩みや先端拡大の効果による明確な傾向は認められない。一方、載荷荷重 4kN 以降においては地盤を緩めた Case1 が若干ながら低下し一定の値を保持しているのに対し、他のケースは拡大する圧力に関係なくほぼ一定の値を維持していることから、周面摩擦力における先端拡大の効果は載荷がある程度進んだ段階で発揮されることがわかった。

4. 計算値と実験値の比較

Vesic の支持力理論に基づき、内部摩擦角 ϕ を仮定し、算出した計算値と極限支持力を定義した $S/B=0.3$ における先端支持力 q_b を Fig.4 に示した。これより、 $\phi=33^\circ \sim 35^\circ$ の範囲で計算値と実験値が近い値を示しており、模型地盤の相対密度が 75% であることから十分に取得可能な内部摩擦角であり、比較的良い一致を示したと考えられる。Fig.5 に、最大周面摩擦力 q_f について、有効応力解析により杭と地盤の摩擦角を仮定して計算値と実験値を示した。これによると、実験値が計算値を大きく上回る結果となった。これは計算値が凹凸のない表面であると仮定しているのに対し、模型杭の球根部における凹凸に要因があると推測できる。

5. 結論

①極限支持力において、地盤を緩めた Case1 と比較して Case2 が 17.8%, Case3, Case4 がそれぞれ 6.4, 6.1% 増加したが、先端拡大させる圧力を強くすることによって高い支持力を得られるとは限らないことが考えられる。②先端拡大の効果により、載荷後半において周面摩擦力が一定の値を維持することで鉛直支持力が増加する。

〈参考文献〉1)鹿島ら：杭先端部に拡大球根を有する埋込み杭の鉛直支持力特性，第 37 回地盤工学研究発表会 2)織掛ら：埋込み杭の鉛直支持力特性に及ぼす先端拡大機能の効果について，土木学会平成 14 年度全国大会

Table3 極限支持力($S/B=0.3$)

実験 ケース	極限支持力 (kN)	Case1 と比較 (%)
Case1	5.575	—
Case2	6.779	17.8
Case3	6.126	6.4
Case4	6.111	6.1

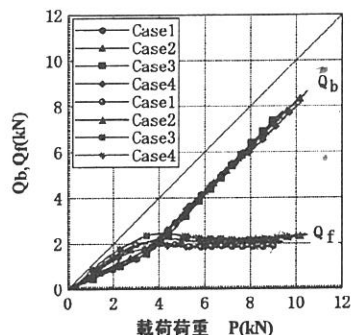


Fig.3 載荷荷重に対する Q_b, Q_f の分担割合

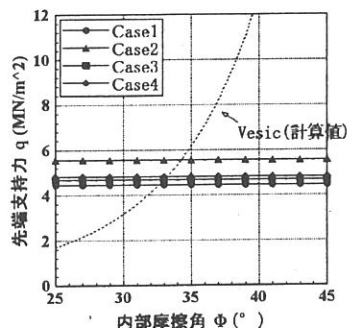


Fig.4 計算値と比較(先端支持力)

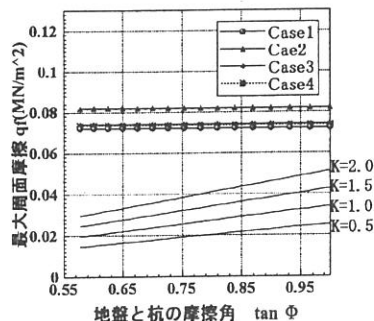


Fig.5 計算値と比較
(最大周面摩擦力)