

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

九州工業大学工学部 正会員 廣岡明彦 清水恵助 永瀬英生
 九州工業大学大学院 学生会員 織掛晴弘
 旭化成工業(株) 正会員 大和真一

1. はじめに

近年の都市部における既製杭の施工において、振動・騒音対策として埋込み杭が多く用いられている。杭先端部に拡大球根を有する埋込み杭は、セメントミルクを球根部に圧入することで拡大膨張させ周辺地盤を締固め、地盤の緩みを解消するという特徴があり、多くの施工実績をあげている。しかしながら、鉛直支持力に占める先端支持力と周面摩擦力の分担比をはじめとする鉛直支持力特性の評価に関してはいまだ不明な点が多く残されているのが現状である。そこで、本研究では球根部を拡大膨張させることによる地盤の締固め効果が鉛直支持力特性に及ぼす影響について調べることが目的とし、遠心模型装置を用いて一連の小型模型実験を実施したので以下に報告する。

2. 実験方法及び実験条件

模型概要を Fig.1 に示す。模型の縮尺は実物の 1/29.4 としており、模型と実物における各種寸法を Table1 に示す。模型杭は鋼製躯体で、外部から空気圧を加えることにより先端部を拡大膨張させることができる。模型地盤は豊浦珪砂を用いて空中落下法により作製し、相対密度は 75% に設定した。また、鉛散弾層を設置することで根入れ深さ比が実質的に 5.0 となるよう調整した。実験ケースは、以下の 4 ケースである。先ず、あらかじめ鉛直土被り圧に対する比 $K=0.5$ に相当する圧力を加えておいた拡大球根の圧力を抜いて杭周辺地盤を緩ませることを試みた Case1、全く圧力操作を行っていない Case2、 $K=1.0$ に相当する圧力を加え球根を拡大膨張させることにより杭周辺地盤を締固めることを試みた Case3、そして、Case1 と同様の緩んだ地盤状態を再現した後に $K=1.0$ に相当する圧力を加えた Case4 である。載荷速度 1mm/min でそれぞれ杭を貫入させた。載荷試験時においては、模型杭において軸ひずみを、ロードセルにより載荷重を測定し、杭頭部で鉛直変位を測定した。

3. 実験結果及び考察

Fig.2 に各ケースにおける荷重-沈下量曲線を示す。なお、 S/B は杭頭沈下量を杭径 (34mm) で除して無次元化した値である。各ケースともに沈下が進むにつれて最終的に荷重値はほぼ一定の増加傾向を示しており、明確なピークは観測されていない。明確なピーク時が認められない場合は $S/B=0.1$ に達した時の荷重を極限支持力と定義することが一般的であるが、実験結果によると Case1、Case4 において、 $S/B=0.3$ 付近で屈曲点が観察されることから、本研究では $S/B=0.3$ に相当する支持力を極限支持力とした。Table2 に各ケースで得られた極限支持力の一覧を示す。Case2 と比較すると、支持力値は Case1 では 15.7% 減少しており Case3、4 においてはそれぞれ 6.7%、6.4% 増加している。Case1 で与えた地盤の緩みにより支持力値は 2 割弱減少した一方で、

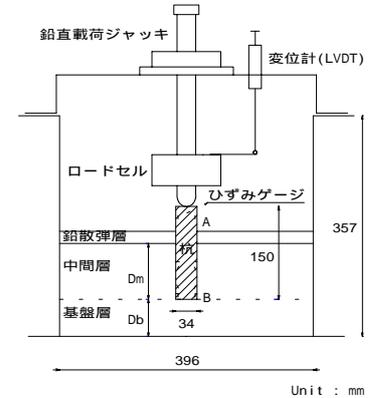


Fig.1 模型概要

Table1 模型と実物における寸法

縮尺	1 / 29.4	
	模型	実物
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
鉛層重量 (kg)	15.5	
球根部(m)	0.08	2.35

Table2 実験条件

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

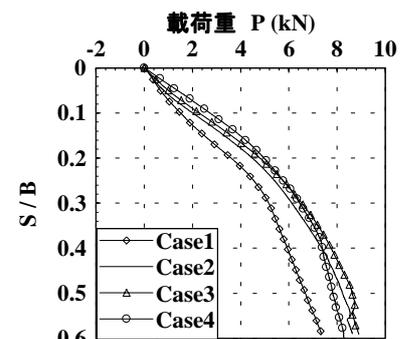


Fig.2 荷重 - 沈下量曲線

Case4 においては支持力値が Case2 より大きく Case3 とほぼ同値を示していることから、球根部を拡大膨張させることにより、杭周辺の地盤の緩みに対してその地盤剛性を回復させるのみならず、地盤を緩ませることなく締固めた状態と同様な支持力値を得る事が十分可能であると考えられる。しかし、沈下量が増加し $S/B=0.4$ を越える辺りから、Case4 の増加傾向が Case2, 3 と比べ低下しているのはやはり地盤を緩めたことが要因の一つであろう。

Fig.3, 4 に各ケースの沈下量に対する先端支持力 Q_b 及び荷重値から先端支持力の差をとることで算出した周面摩擦力 Q_f の発現状況をそれぞれ示す。載荷初期において、杭周辺地盤を緩めた Case1 は他の3 ケースに比べ先端支持力は小さな値を示しているが、同じく地盤を緩めた Case4 においては球根部を拡大させた効果により Case2, 3 と同程度の先端支持力が発揮されている。しかしながら $S/B=0.3$ の辺りから、Case4 において沈下量の増加に伴う支持力の増加傾向に若干の低下が観察され、Case1 の先端支持力に近い値となることが確認された。一方、周面摩擦力については、 $S/B=0.1$ までの載荷初期においては各ケースで同様の増加傾向を示しており、球根部の縮小による地盤の緩みの影響は見受けられない。ところが $S/B=0.1$ 以降においては、全ケースで周面摩擦力の増加は観測されず、特に Case1 では $S/B=0.3$ に至るまで急激に減少し、その後一定の値を示している。Case1 での急減に対して Case4 においては $S/B=0.1$ 以降ほぼ一定の値を保っており、球根部を拡大膨張させることによって地盤の緩みを復元する効果が周面摩擦力の発現において顕著に現れていることが確認できる。Case2 と Case3 においても周面摩擦力はほぼ一定値を示しているが、Case2 ではやや減少しており、球根部の拡大膨張による若干の締固め効果があると考えられる。

Fig.5 に載荷重に対する周面摩擦力の分担比 (Q_b/P) と沈下量の関係を示す。全ケースで約 $S/B=0.04$ で周面摩擦力の分担比は最大となり、Case1, Case2 においては最大値が約 80% にまで達するのに対して、杭先端の球根部を拡大させた Case3, Case4 においては 60% 程度であった。これは、球根を拡大させることによって少ない沈下量で先端支持力が発揮され始めていることを示唆している。また、 $S/B=0.3$ 以降においては Case1 では 5% 程度であることに対し、他の3 ケースにおいては約 20% 発揮されており、杭球根部を拡大膨張させたことにより地盤の緩みが十分回復されたことが確認できる。

4. 結論

- ・ 地盤の緩みにより杭の極限支持力は 2 割程度減少するが、同様な緩みを受けても球根部を拡大させることにより支持力値をほぼ同程度に回復し得る。
- ・ 杭先端部における球根を拡大膨張させることで、少ない沈下量で先端支持力が発揮され始め、地盤の緩みによる周面摩擦力の急激な減少は抑制される。

Table3 各ケースの極限支持力

実験ケース	実験ケース	極限支持力 (kN)	Case2 との比較 (%)
Case1	Case1	5.165	-15.7
Case2	Case2	6.127	-
Case3	Case3	6.536	6.7
Case4	Case4	6.449	6.4

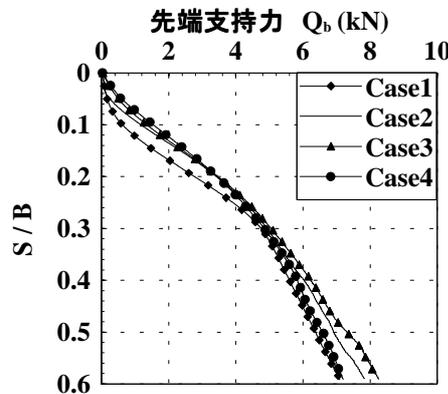


Fig.3 先端支持力と沈下量の関係

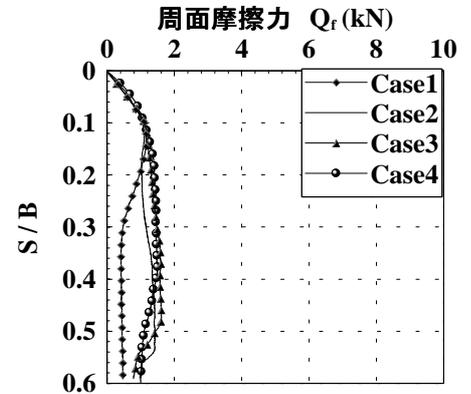


Fig.4 周面摩擦力と沈下量の関係

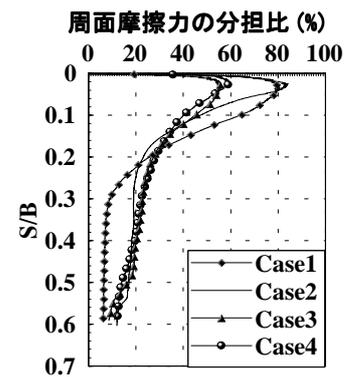


Fig.5 周面摩擦力の分担比