

プレボーリング杭を用いた群杭基礎の荷重—沈下挙動について

大林組 土木技術本部 正会員 ○柿沼 裕和

大林組 土木技術本部 フェロー会員 鎌田 文男

1. はじめに

埋込み杭工法の一つであるプレボーリング杭工法は、騒音や振動に対する制限が厳しい既設工場内の増改築工事などに採用されているが、施工法は多種多様で地盤条件や施工条件に応じて適切に選定される。この度、東南アジア某国の低温液化ガス貯蔵タンクの建設工事において、基礎杭に現地仕様のプレボーリング杭を採用し、建設に際して単杭に対する載荷試験を行うと共に、タンクの水張試験に伴う群杭基礎としての沈下挙動を確認する機会を得たので、ここに両者を比較・検討した結果を報告する。

2. 地盤条件および基礎の構造と施工の概要

建設地点の地盤は、図-1のように地表より GL-11m までが埋立層で、シルト質粘土層を 2m ほど挟んで細粒分を多く含んだ密なシルト質砂が約 28m の層厚で分布し、その下位には低塑性の硬質なシルト質粘土が厚く堆積している。タンク基礎は、φ700mm の既製コンクリート杭を約 300 本配置した群杭で支持する構造で、杭間隔は杭径に対して平均で約 3.1 倍である。プレボーリング杭の施工は、掘削攪拌ロッドにより掘削液を注入しながら杭径よりも大きな径で所定の深度まで掘削し、セメントミルクを注入しながら攪拌ロッドを引き上げて掘削孔内を攪拌・混合してソイルセメント柱を築造した後、直ちに掘削孔内に予め上杭と下杭を溶接して全長 26m に継いでおいた杭を建て込み、所定の深度に定着させた。

3. 単杭の載荷試験における沈下挙動

単杭の載荷試験は、工事仕様書の規定に基づきタンク実杭を利用して支持力公式から求めた常時の許容支持力とその 2 倍までの 2 サイクルの載荷を行った。試験を行った 3 本の杭の杭頭沈下挙動は図-2 に示すようにほぼ同様で、荷重—沈下関係は線形に近い。これは、杭周面と地盤との間にセメントミルクが充填され強化処理が施されているプレボーリング杭では、周面摩擦抵抗が大きいために杭頭に載荷した荷重が杭先端部まで伝達されにくく、試験の範囲では杭先端部の軸力が相対的に小さい範囲に留まり、非線形性が顕在化するまでに至らなかったことによる。そのため、最大載荷後のリバウンド量は約 4mm で、杭周面から地盤への荷重伝達が無いものとして計算した最大荷重による杭体の圧縮変形量 9mm の半分以上の大きさである。なお、載荷試験後の杭頭における残留沈下は約 2mm であった。

4. タンク水張試験における基礎の沈下挙動

水張試験は、タンクがほぼ完成した時点で 8 日間掛けて約 19m の水深まで注水し、耐圧試験を行った後に 6 日掛けて排水した。試験中の基礎の沈下の測定は、底版外周部に 12 等分に配置した測点について水準測量により行った。沈下（12 測点の平均値）は、水張水深の増加に伴って図-3 のように非線形が顕著になり、最大の沈下量は約 38mm となった。最大水深を 4 日間保持したときに、初期は時間の経過に伴う沈下の増加傾向が認められたものの、3 日目から 4 日目に掛けて沈下の増加は生じなかった。排水に伴うリバウンドは 3.5mm で、最大沈下量との比は約 1 割である。群杭基礎の沈下を杭周面から地盤への荷重伝達がなく杭先端に水張荷重が作用するとして計算すると、杭体の圧縮変形量だけでも 3mm となる。それに加えて杭先端以深の地盤の沈下は基礎外周部で 10mm 程度と推測され、仮にその内の半分が即時に塑性沈下するとしてもリバウンドは 8mm になるはずで、実測値がその半分以上となっているのは、杭の沈下により底版下面にも地盤反力が生じて複合基礎として水張試験の載荷重量を支えていたことによると推測される。

キーワード 群杭基礎, 水張試験, 沈下, 載荷試験, プレボーリング工法

連絡先 (〒108-8502 東京都港区港南2-15-2, Tel 03-5769-1307, FAX 03-5769-1972, E-mail :kakinuma.hirokazu@obayashi.co.jp)

5. 単杭と群杭の沈下挙動の比較

水張試験による載荷重を杭1本当りに換算して荷重－沈下関係を単杭の載荷試験結果と比較すると、**図-4**のように大きな隔たりがある。この原因は、群杭基礎になると杭間の地盤の共下がり現象によって杭頭の荷重がそのまま杭先端付近まで伝達されることにより、沈下に影響する地盤の範囲が深部にまで及ぶ一般的な群杭としての挙動に加えて、プレボーリング杭特有の影響－地盤を削孔する施工過程で杭先端地盤が弛められたり、あるいは孔底へのスライム沈積が多少なりとも生じ、それらが杭先端に伝達された軸力により圧縮されて沈下を引き起こされる－が群杭の沈下には含まれているが、単杭では前述のように載荷レベルの関係で殆ど生じていないことによると考えられる。

6. まとめ

群杭基礎にプレボーリング杭を採用する場合には、沈下挙動の評価に杭先端の弛みやスライム沈積の影響を考慮する必要がある。その影響を抑制するには、杭先端地盤をソイルセメントで固化したり最終打撃を与える、あるいは先端地盤に杭を圧入して圧力を作用させる、などの杭先端の強化が考えられる。今回報告したような実構造物の挙動に関する計測実績や既設構造物の建設実績、稼動実績の分析・評価を推し進めて、構造物の適切かつ合理的な設計に反映させて行きたいと考える。

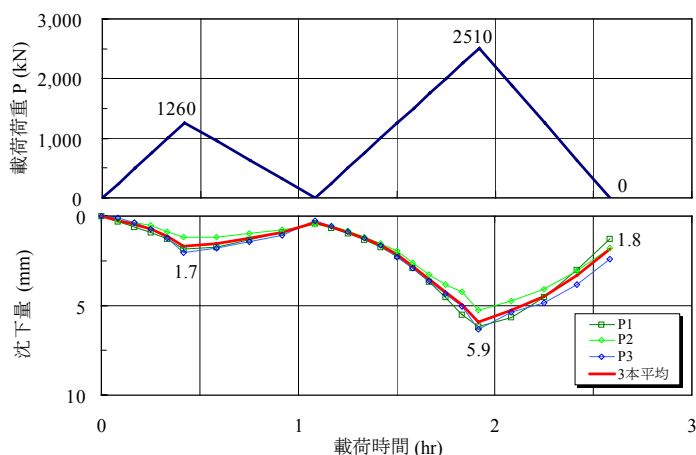


図-2 単杭の荷重－沈下関係

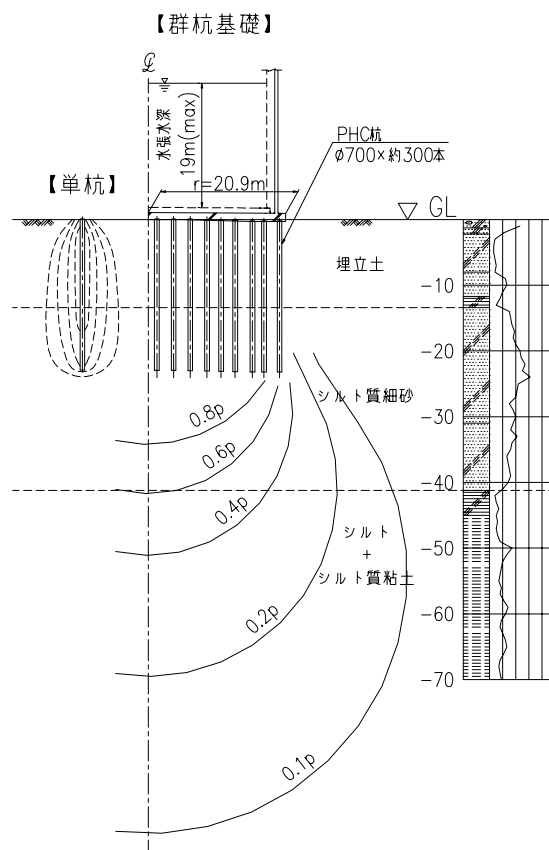


図-1 基礎の構造と地盤の概要

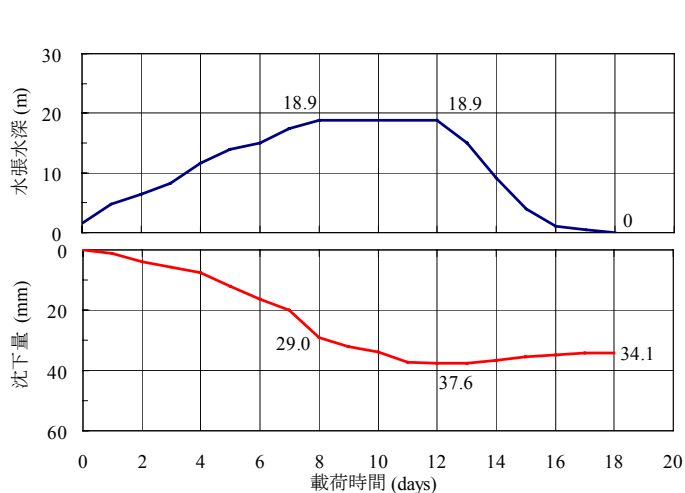


図-3 群杭の荷重－沈下関係

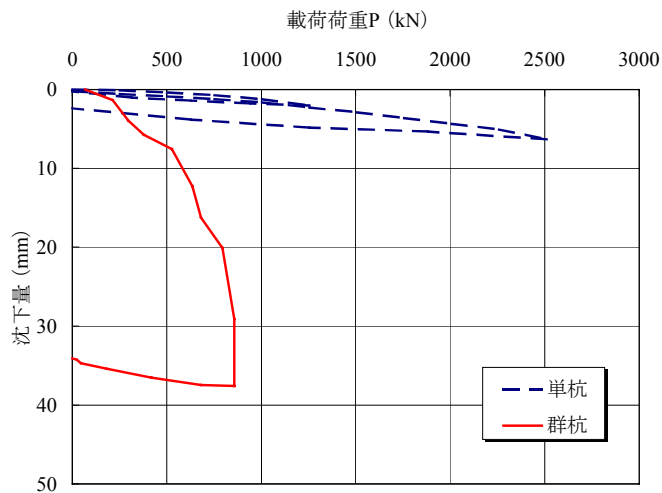


図-4 杭1本当たりの荷重－沈下関係