

多数の杭で支持されたタンク基礎の沈下挙動

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 正会員 永井 秀樹
 大林組 土木技術本部 正会員 鎌田 文男

1. はじめに

臨海埋立地に建設される大型の低温液化ガス貯蔵タンクは、数百本から規模によっては千本を越えるような多数の杭からなる基礎となる。このような群杭基礎の挙動は、スケールが非常に大きく、かつ様々な要因が複雑に影響し合うため、限られた調査や試験のデータから地盤特性を適切に評価して、数値解析により評価することはなかなか難しい。しかしこの種のタンクでは供用開始前、貯槽としての性能を確認するため、貯蔵最大液荷重の125%～150%相当(時には設計最大液深まで)の水張試験が実施され、基礎の沈下量が計測される。ここでは、既設タンクの水張沈下計測実績を用いて数値解析による推定の精度を検証した結果を報告する。

2. 地盤条件およびタンク基礎の構造概要

建設地点の地盤は、図-1のようにGLより-16mまでが埋立層で、その下位に段丘層に相当する礫混じりの砂質土層が中間に粘土層を挟んで分布し、それ以深は洪積世の粘性土層と砂質土層が互層状態で厚く堆積している。せん断波速度は、最近、建設地点の周辺で実施された深層調査の結果に基づき、地層の対応をとって推定した。タンク基礎は、基礎版とGLとの間に空間部を有する高床式基礎形式で、660.4mmの鋼管杭約250本から成る群杭で支持され、平均杭間隔は杭径の約3.8倍である。杭は下側の段丘砂礫層に根入れさせるために長さは32.5mとし、打撃工法により施工された。タンクの水張試験は、12日掛けて設計最大液深27.8mまで注水し、2日間保持する間に耐圧試験をあわせて行い、その後、急速に排水が行なわれた。

3. 群杭の沈下挙動の分析

大規模な群杭基礎の沈下挙動を検討するにあたり、図-1のように、杭頭荷重が杭間の相互作用によりそのまま杭先端付近まで伝達され、そこから地盤内に荷重分散されるモデル化を行うと、水張試験における基礎の沈下挙動は図-2のように捉えられる。このときの杭先端地盤の弾性的な沈下は、せん断波速度から微小ひずみレベルに対する地盤剛性を設定し、各深度におけるひずみレベルに応じて剛性を低下させ、ひずみを深さ方向に積分することにより求まる。杭の弾性短縮分については、杭先端の荷重が大きくなると地盤の局部的な塑性化や、それに伴う杭の貫入などが生じ、ある時点からは杭先端の地盤の塑性変形の中に含まれると考えられる。それらと杭先端地盤の圧密の影響を合わせた塑性沈下の挙動を、解析的に扱うのは非常に困難であるが、結果的に、水張試験後の残留沈下として現れることになる。

このようにモデル化して求めた基礎の沈下の計算値と、実測値を比較すると図-3のようになる。計算値は、実測値から除荷後の残留沈下分を除いた弾性沈下相当分と比較すると、基礎版の中央部および外周部のいずれも実際の挙動と良い対応を示している。これより大規模な群杭基礎の沈下挙動は、杭頭における荷重が、杭先端から分散された地中応力分布に対応して生じていると考えてよさそうである。

4. 単杭と群杭の沈下挙動の差異

杭の施工に先立ち、タンクの実杭を用いて鉛直載荷試験が実施されている。杭頭における荷重-沈下関係は、図-4のように初期から若干の非線形性を示している。これは、杭先端部の外側に取り付けた補強バンドの影響により、打設時に減少した周面摩擦が載荷試験を実施するまでに十分に回復しなかったことや、杭先端の段丘砂礫層の局部的な塑性化や圧縮などによるものと考えられる。載荷は支持力推定式で求まる極限支持力まで行なわれたが、荷重-沈下曲線の曲率が急増するまでには至っていない。

キーワード 群杭基礎, 水張試験, 沈下, 載荷試験, 打込み杭

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)

水張試験時の杭頭における全増加荷重を、単純に杭本数で除して杭1本当りに換算し、単杭の荷重沈下曲線と比較すると大きな隔りがある。これは、単杭と群杭との地中応力分散性状の違いによるものであるが、そのために単杭の載荷試験が無意味になるわけではなく、杭頭部の荷重がそのまま杭先端まで伝わったときの塑性沈下量を（群杭となったときの沈下の一部ではあるが）事前に把握・評価することができる。それらを的確に行なうためには、杭の深さ方向のひずみ分布が求められる計測や、載荷試験方法の工夫が必要となる。

5. まとめ

総本数が約250本、杭間隔が杭径の3.8倍の群杭基礎で支持された低温液化ガス貯蔵タンクの沈下挙動のうち、弾性沈下挙動に関して、杭頭荷重が杭先端から地盤に分散されるモデル化をした数値解析により、比較的良く再現できることが分かった。この沈下挙動を推定・把握するには相当に深い深度までの地盤情報が必要であり、弾性波速度検層を杭先端からタンク径の1.5~2倍の深さ範囲について実施して、地盤剛性を把握することが有効である。このような計測実績の分析により、技術的に評価・処理できる領域を増やし、それらを蓄積して、設計方法の合理化や信頼性の向上に繋げて行きたい。

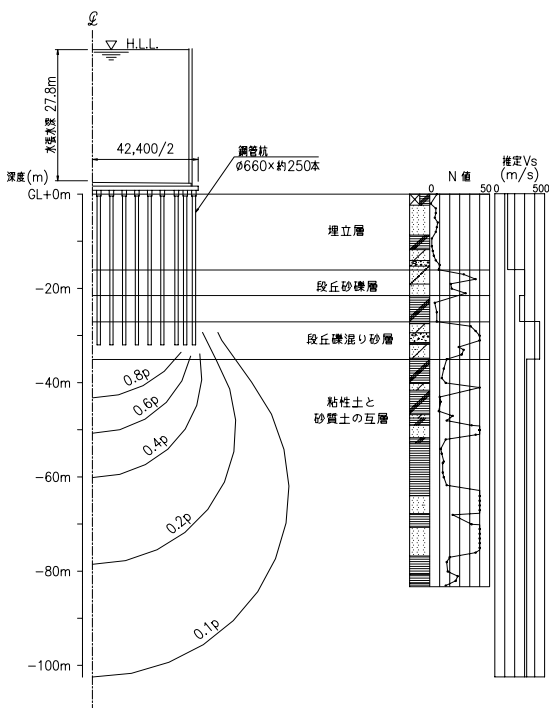


図-1 基礎の構造と地盤の概要

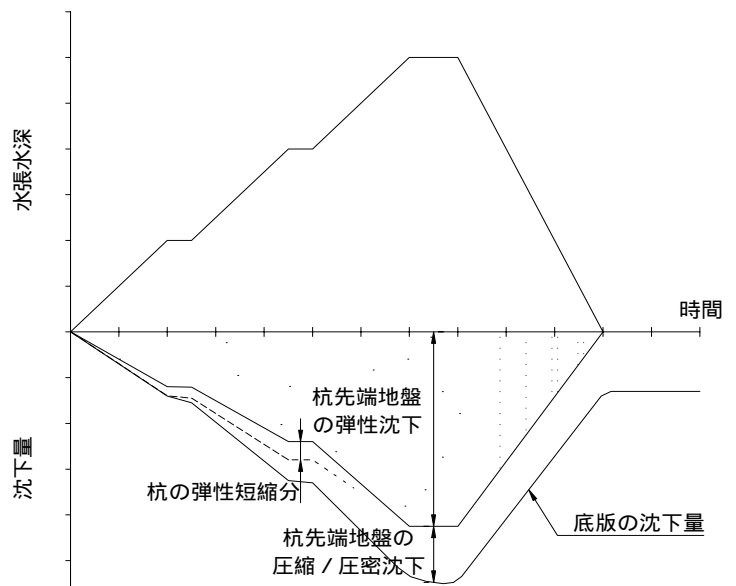


図-2 基礎の沈下発生要因の概念図

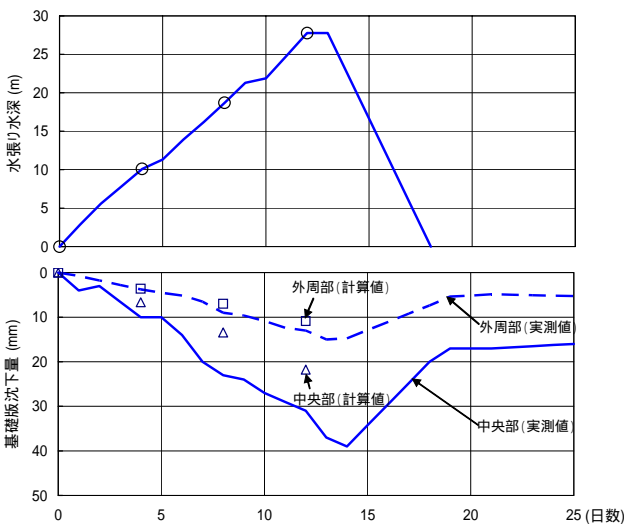


図-3 群杭基礎の荷重 - 沈下関係

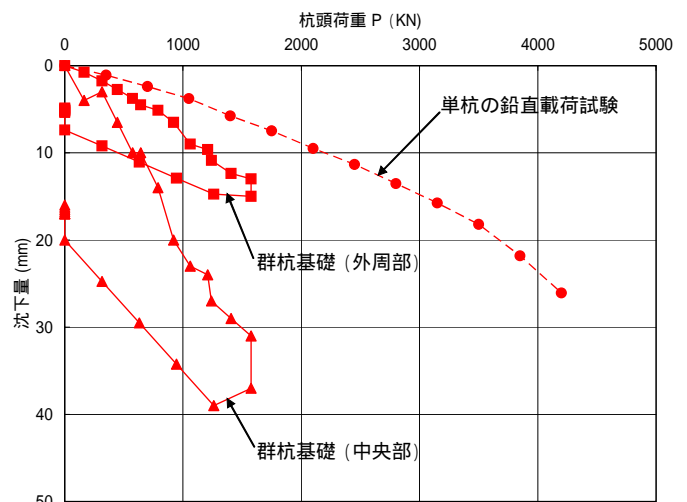


図-4 杭1本当たりの荷重 - 沈下関係