

LNG 地上式タンク基礎杭における支持層レベル推定と支持力確認

清水建設（株）	正会員	○後藤 大輔
清水建設（株）	正会員	伊藤 暁
清水建設（株）	正会員	池田 昇平
石油資源開発（株）		上井 一宏
石油資源開発（株）		米倉 英輔

1. はじめに

現在、石油資源開発（株）は福島県新地町相馬港に相馬 LNG 基地を建設しており、東北地方太平洋沿岸部への中長期的な天然ガス供給の確保、日本海側との連結による供給安定の確保を目的として、平成 27 年 1 月より同 LNG 基地の主要な設備の 1 つとなる貯蔵容量 23 万 kl の LNG 地上式貯槽 1 基（以下、LNG タンクと称す）の建設工事を進めている。

本稿は本 LNG タンクにおける地球統計手法を用いた杭の支持層レベル推定、杭の鉛直載荷試験による支持力算定式適用性の確認および支持層到達判断基準の設定について報告するものとする。図 1、図 2 に LNG タンクの構造概要図と杭伏図を示す。

2. タンク基礎形式と地盤の特徴

基礎形式は杭基礎であり、プレボーリング拡大根固め工法（Hi-FB 工法）により杭径 800mm の既製コンクリート杭（上杭：SC 杭＋下杭：PHC 杭）を 444 本打設する計画であった。支持層は泥岩（N 値 $\geq$ 60）とした。

3. 杭の設計施工における課題

杭の設計施工にあたり、以下の課題が挙げられた。

- ① 事前に調査したタンクエリア 7 点のボーリングデータから、杭の支持層は大きな不陸を有することが推測された（図 3）。ボーリング 7 点による支持層レベル分布の推定精度は低く、継杭が多くなることが予想されたことから、合理的な支持層レベル推定を行う必要があった。
- ② 建設予定地の地盤に、設計に用いる Hi-FB 工法の支持力算定式が適用できるか確認する必要があった。
- ③ LNG タンクは重要構造物であり、全ての杭が支持層に根入れされることを確認できる管理手法の確立が必要であった。

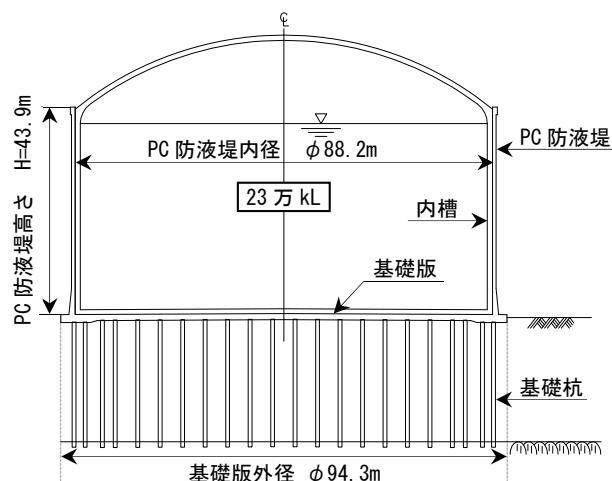


図 1 LNG タンク構造概要図

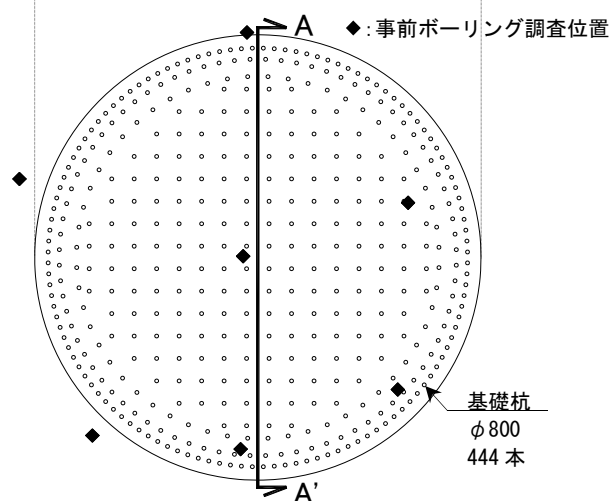


図 2 LNG タンク杭伏図

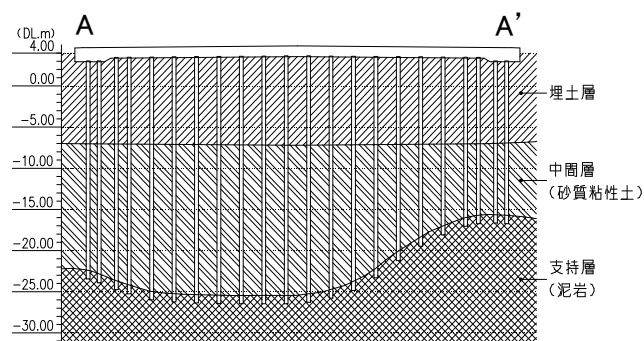


図 3 タンクエリアの地盤断面図 (A-A' 断面)

キーワード LNG タンク、地球統計手法、鉛直載荷試験、支持層

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設(株)土木技術本部エネルギー設計部 TEL03-3561-3896

4. 対策

以上の課題に対し、以下の対策を行った。

- ① 全ての杭の位置で支持層レベルを高い精度で把握できれば、継杭の本数を削減することが可能となる。そこで、地球統計手法により精度の高い支持層レベル推定を合理的に行った。さらに推定精度を高めるため、推定に用いる既知点を増やすこととし、支持層レベル推定用のボーリング調査をタンクエリア内で 48 点追加した。これにより、事前ボーリング 7 点と合計し既知点を 55 点とし、精度の高い支持層レベル分布推定を行った。
- ② 杭の鉛直載荷試験を実施し、試験により確認される支持力が Hi-FB 工法の支持力算定式により算出される設計極限支持力以上であることを確認し、建設予定地盤へ同式を適用することの妥当性について確認することとした。
- ③ 事前に杭の試験掘削をタンクエリア近傍のボーリング位置で実施し、掘削時に支持層に到達する際の積分電流値を確認した。本施工においては、同積分電流値を参考に支持層到達の判断基準を設定することとした。

5. 対策の成果

対策案の成果を以下に示す。

- ① 地球統計手法による支持層レベルの推定結果は図 4 の通りである。これにより、全ての杭の杭長を設定した結果、継杭本数を 2 本（全本数の 0.45%）に抑えることができた。
- ② 杭の鉛直載荷試験の結果、設計極限支持力を上回る支持力が確認できた（表 1）。これにより、建設予定地盤における Hi-FB 工法の支持力算定式を適用することの妥当性が確認できた。
- ③ 本施工前に試験掘削を 5 点実施した。図 5 に試験掘削結果の代表例を示す。積分電流値は、支持層レベルより約 0.5m～1.0m 深いレベルで 800A・min に達することが確認でき、他の 4 点も同様の結果であった。したがって、本施工における支持層到達の判断基準は、事前に推定した支持層レベル付近で積分電流値が 1000A・min に達することとし、安全側の設定にした。

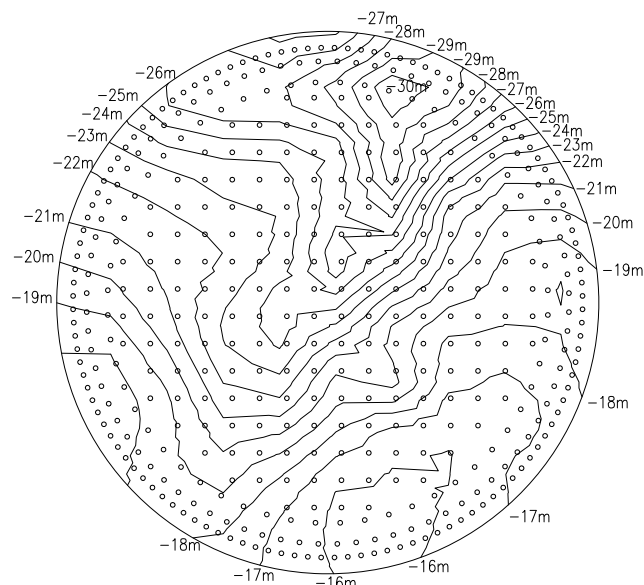


図 4 地球統計手法による推定支持層レベル

表 1 鉛直載荷試験結果

	設計値 (kN)	試験結果 (kN)
周面支持力	7,308	7,627
先端支持力	9,500	10,934
合計	16,808	18,561

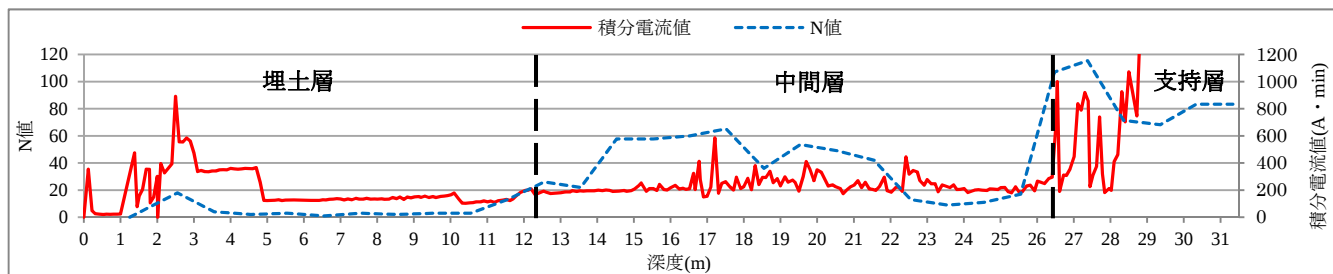


図 5 積分電流値と N 値

6. まとめ

今回得られた成果を用いて、本施工では全ての杭が支持層へ根入れされるよう 444 本の杭打設を完了させた。

現在相馬 LNG 基地の LNG タンクは PC 防液堤と貯槽本体を構築中であり、2018 年の施工完了を目指して順調に施工中である。