

長期供用した LNG タンク 基礎鋼管杭の経年劣化による減肉量調査

大阪ガス株式会社 正会員 ○新村 知也
 大阪ガス株式会社 正会員 西崎 丈能
 大阪ガス株式会社 正会員 大西 俊輔

1. 緒言

液化天然ガス（以下、LNG とする。）受入基地における構造物の安全性の確保は、エネルギーの安定供給、保安に対して必要不可欠な事項である。各種構造物の健全性の現状把握、及び将来予測は基地の長期供用のために特に重要な事項である。これまで鋼管杭については、非破壊検査による間接的な測定、または数量は限定的であるが杭頭部を掘削した上での肉厚の実測により鋼管杭の経年劣化状況を推定してきた。今回、大阪ガス泉北製造所第一工場において 40 年間供用した LNG タンクを撤去し、鋼管杭の引拔を行った機会を活用して実施した鋼管杭の減肉量調査により、当該地盤における鋼管杭の腐食状況の把握することができた。

2. 鋼管杭の設置状況

調査を実施した LNG タンクは 1972 年に運用を開始し、2011 年に運用停止されるまで 40 年間供用された。基礎は鉄筋コンクリート製スラブ（厚さ 0.8 m、直径 48.0 m）、及び 496 本の鋼管杭（上杭：長さ 12.0 m、杭径 406.4 mm、板厚 12.7 mm、材質 SKK400、下杭：13.5 m、杭径 406.4 mm、板厚 9.6 mm、材質 SKK400）で構成されており、腐食対策として 2mm の腐食しろを考慮していた。杭の構造図を図 1 に示す。LNG（-162℃）の冷熱が地盤に直接伝達されないように高床式としており、突出杭となっている。また、突出部には LNG が万が一漏えいした場合、直接冷熱が鋼管杭に作用しないように地上部、及び GL-0.7m まで防護コンクリートが設置されている。本構造物が設置されている箇所は埋立地であり、地下水位は GL-2m 程度である。また、1974 年より、タンクの中心から約 70m 離れた四方に電極を設置し、外部電源方式による電気防食を実施していた。

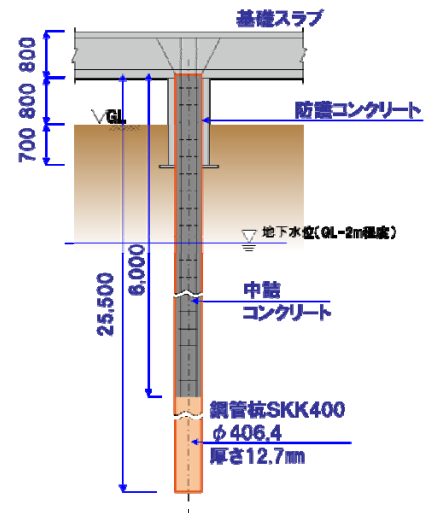
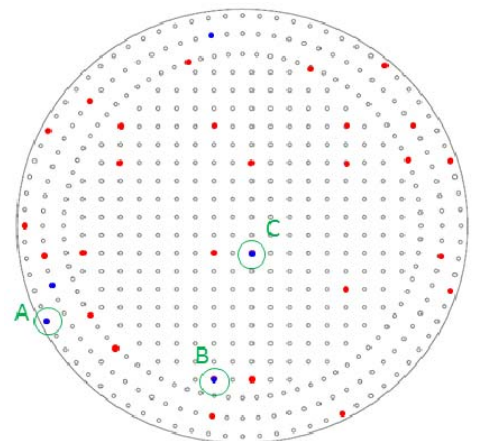


図 1 杭構造図



- 杭頭から 6m までを調査（計 26 本）
- 全長を調査（計 5 本）

図 2 杭伏図、及び調査対象杭

図 2 に杭伏図、及び調査対象杭を示す。引き抜いた杭（写真 1）のうち、31 本（総数の 6%）を調査対象とし、うち 25 本は地下水位の影響、酸素の供給の影響が相対的に大きい杭頭部（杭頭から 6m までの範囲とした。）を調査対象とし、6 本は全長を調査対象とした。肉厚の測定方法は、減肉量の平均的な傾向の把握のため、1m 程度毎の単位長さ管に杭を切断・端部整形（写真 2）し、重量、鋼材密度、供試体長、及び外径を測定し、平均的な減肉量を算定した。また、マイクロメーターによる測定（単位長さ管に対して、45°毎に上端、下端で 8 箇所の計 16 箇所）も実施し、両者の相関性を確認した。図 2 に緑色丸囲いの A、B、C で示す杭は、pH 値を杭頭から 3、10、17、25m の位置で測定した。pH 値は杭の引抜き直後に、表面に付着した土を落とした後に、蒸留水を噴霧しリトマス試験

キーワード LNG タンク、鋼管杭、経年劣化、鋼材腐食

連絡先 〒541-0046 大阪府中央区平野町四丁目 1-2 大阪ガス（株）エンジニアリング部 TEL 06-6205-4592

紙を1断面あたり8回貼り付けてその平均値を採用した。

3. 調査結果

図3に重量換算により算定された肉厚とマイクロメーターで測定した肉厚の相関を示す。45°線に対してほぼ平均的な値を示している。マイクロメーター肉厚の結果、すなわち孔食等も含めた局所的な肉厚のばらつきは±0.5mm程度であった。LNGタンクのように多数の杭基礎で支持されている場合、個別の点の減肉量の多少の差が全体構造に大きく影響を与えるわけではないため、重量換算肉厚のように平均的な減肉量を把握する方法で評価ができると考えられる。

次に、図4に深度方向の減肉量の分布を示す。腐食量は最大でも0.6mm程度で、腐食しろ2.0mmに対して十分小さい値であった。

次に表1に各杭のpH測定結果、地下水のpH測定結果を示す。タンク外周部の杭ほどpH値が大きい、すなわちアルカリ性の傾向を示しているといえる。電気防食により防食電流が鋼材に流入した場合、溶存酸素の還元反応、水素の還元反応により水酸化物イオン濃度が増加、すなわち水素イオン濃度が減少するため、pHが大きくなる。このpHの値から中心部には防食電流が到達していなかったと考えられる。これらの杭3本の減肉量に着目すると中心部の杭Cが絶対値は小さいもののA,Bと比較して相対的に減肉量が多い結果となった。但し、全杭に着目すると平面位置による減肉量の相違は明確な傾向が確認されず、絶対値が小さいこともあり、タンク全体でみれば特筆すべき有意な差はなかったと考えられる。

4. まとめ

40年供用したLNGタンクの鋼管杭の減肉量調査、及びpH値の測定を行った。得られた成果は以下の通りである。

- 1) 重量換算肉厚とマイクロメーター肉厚の相関は45°線に対して、ほぼ平均的な値であった。孔食等も含めた局所的な肉厚は±0.5mm程度であった。多数の杭で支持される構造物の場合、個別の点の減肉量の差は構造に影響は小さいと考えられ、平均的な減肉量により評価ができると考えられる。
- 2) 腐食量の最大量は0.6mm程度で、腐食しろ2.0mmに対して十分小さい値であった。
- 3) pH測定結果より、中央部の杭には防食電流が到達していなかったと考えられる。pHを測定した杭に限定すると中心部の杭の減肉量が相対的に大きかったが、平面位置による減肉量には傾向はみられず、電気防食の効果は明確には確認できなかった。



写真1 引抜杭の状況



写真2 重量測定状況

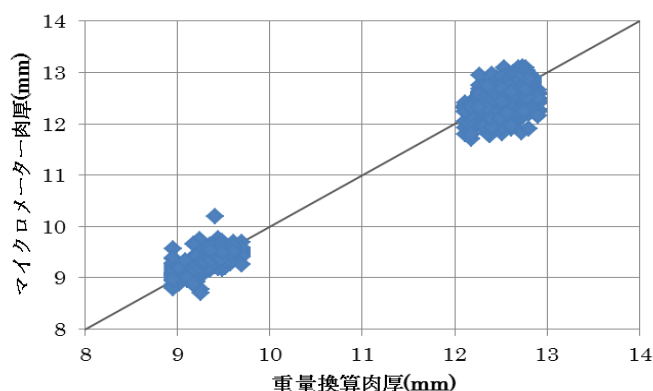


図3 重量換算肉厚とマイクロメーター肉厚の相関関係

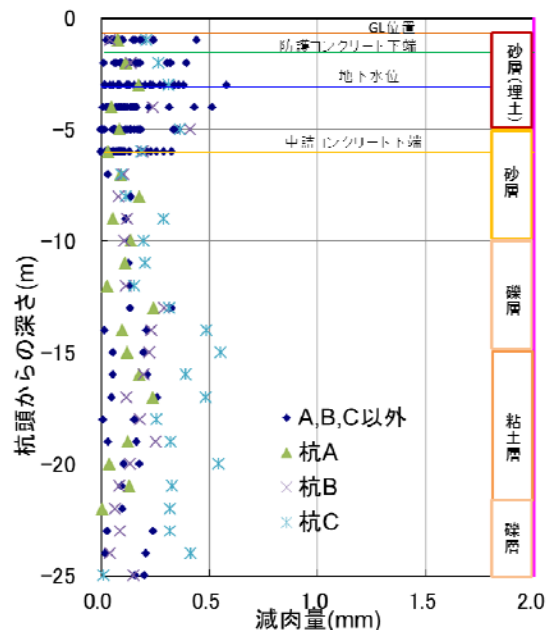


図4 深度方向の減肉量分布

表1 各杭のpH測定結果

	杭A	杭B	杭C	地下水 pH
GL-3m	8.3	8.1	6.1	7.6~8.1
GL-10m	9.3	8.3	6.3	
GL-17m	9.6	8.0	6.4	
GL-25m	9.5	8.8	6.3	