

(Ⅵ－15) 動的載荷試験を使用した杭の支持力管理手法について

○東亜建設工業(株)横浜支店	正会員	岡田光志
東京ガス(株)生産技術部		根本光男
東亜・五洋共同企業体		高橋昭男
同		佐野泰三

1. はじめに

海洋構造物の基礎として使用されている鋼管杭の施工において、支持力管理は重要な項目であり、その手法としてHiley式や「道路橋示方書」に示された支持力算定式（以下、「道示式」という）のような動的支持力公式が使用されている。しかし、これらの公式は、小口径、短尺杭で、先端支持力が支配的なものを基に作られたものであり、大口径、長尺の鋼管杭の場合は、その適用について議論の余地が残されている。

東京ガス株式会社扇島工場LNG棧橋新設工事において、杭径 $\phi 700 \sim 1400\text{mm}$ 、杭長 $47.5 \sim 91.5\text{m}$ の大口径、長尺の鋼管杭、186本が施工された。工期短縮と効率的な杭打設を目的として、国内では最大級の大口径の全旋回式杭打船と油圧ハンマー（写真－1参照）を使用した。従来、動的支持力公式を適用して、確実に支持力管理ができるかが懸念された。そこで、動的載荷試験を採用して（以下、「動的載荷試験手法」という）支持力の計測を行い、全本数の支持力管理を行った。

2. 動的載荷試験による杭の支持力測定法

動的載荷試験は杭頭部のひずみと加速度を計測し、杭打撃による弾性応力波の伝搬を再現して、杭に働く抵抗力を求めるもので、一次元波動理論を応用した解析手法を用いている。解析手法については、測定データから抵抗力を直接求める方法と、摩擦力和先端抵抗のパラメーターを仮定して逆解析を行う方法があるが、地盤抵抗の分布を明確にできるため、後者の方法が用いられることが多い。なお、動的載荷試験の詳細については文献¹⁾を参照されたい。

動的載荷試験は、杭頭部に打撃エネルギーを導入できれば、計測器を取り付けて簡易に支持力を測定できるものであり、すでにいくつかのシステムが実用化されている。したがって、動的載荷試験は静的載荷試験に替わる載荷試験方法として注目されており、試験杭の支持力測定で用いられた例もいくつかある。しかし、実施工における支持力管理手法としての適用は国内では初めてと思われる。

3. 支持力の管理方法について

今回実施した動的載荷試験手法では、オランダ国立応用化学研究所（TNO）製のシステムを使用して、計測や解析を行い支持力を管理した。システムの概要を図－1に、そして、得られる計測結果のうち、打撃力の波形データの例を図－2に示す。なお、これらの計測器は最終打撃前に杭頭部に取付け、打設終了後に外して他の杭に転用して使用した。

支持力管理としては全数計測が望ましいが、施工性や経済性などを考慮して、計測対象杭と非計測対象杭に分けて管理を行った。工事範囲を幾つかのブロックに分け、初期打撃による計測杭を54本、さらに、地盤回復の効果を調べるために、再打撃計測杭を14本選定した。

動的載荷試験手法は以下のステップで支持力算定を実施した。

- ①計測杭は、CASE法²⁾により杭の貫入抵抗力を求めて打止め管理を行う。
- ②再打撃試験杭の計測結果を最終的な支持力とし、初期打撃のみの杭は、各ブロックの再打撃試験杭の地盤回復率を使用して最終的支持力とした。
- ③再打撃杭の計測結果が出るまでは、TNOの推奨値により算出した値を暫定値として管理する。

- ④非計測杭はエネルギー平衡式を用い、リバウンドと貫入量で管理する。
- ⑤エネルギー平衡式は各ブロックでの計測結果を反映し、係数を補正しながら使用する。

4. 計測結果について

結果の一例として、 $\phi 1200 \times L = 91.5\text{m}$ の杭11本について、動的載荷試験手法、道示式、そして、Hiley式の各手法により算定した支持力、および、各手法の平均値を図-3に示す。動的載荷試験の平均値が一番高く、道示式、Hiley式の順となっている。なお、図-3には設計押込力に所定の安全率を乗じた、所要支持力も合わせて示しており、動的載荷試験手法の支持力が、設計押込力に対して十分な安全率を有していることがわかる。

図-3をまとめると以下のことがいえる。

- ①Hiley式は他の2手法に比べて値が低く、所要支持力を下回っているものもある。
- ②動的載荷試験手法とHiley式の値にばらつきが見られるが、当該地盤が複雑で、各杭の支持力にばらつきが出ることを示している。
- ③道示式の値のばらつきが少ないが、長尺杭の場合は地盤条件を基に算出する周面摩擦力の項が全体の支持力に大きく寄与するためである。

他の杭の計測結果も合わせて見ても、動的載荷試験手法による支持力は、道示式やHiley式の支持力より大きな値となっている。

5. まとめ

動的載荷試験手法により大口径、長尺鋼管杭の支持力を的確に計測することができ、その上、先端と周面の支持力を分離できるため、引抜力を含めた設計値の支持力照査もより確実に行える。したがって、大口径、長尺鋼管杭の場合、動的載荷試験手法は極限支持力により近い値を測定できることから、既存の支持力算定式に比べて優位にあると考える。今後同様な工事における支持力管理の一助になれば幸いである。

最後に、本手法の採用に際しご助言を頂きました、設計コンサルタントのパシフィックコンサルタンツ株式会社を始め、関係各位に感謝の意を表する次第である。

(参考文献)

- 1)例えば、鋼管杭協会支持力推定法委員会：動的載荷試験による鋼管杭の支持力推定法，1995.3
- 2)鋼管杭協会支持力推定法委員会：動的載荷試験による鋼管杭の支持力推定法，pp.10～11，1995.3

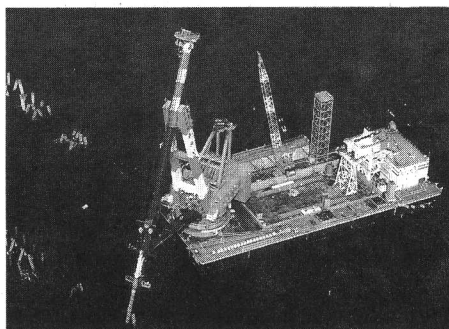


写真-1 杭打船による施工状況

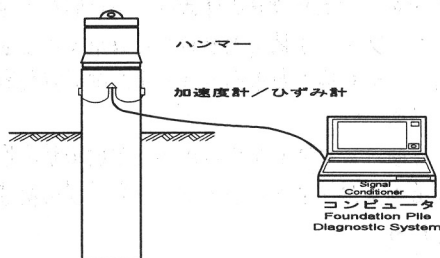


図-1 計測システムの概要図

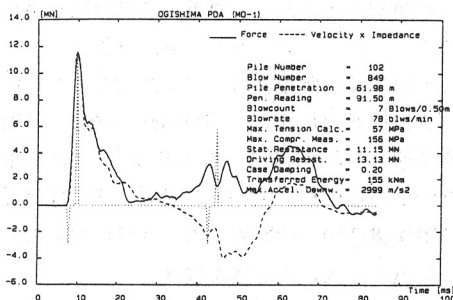


図-2 計測データ (杭打撃力)

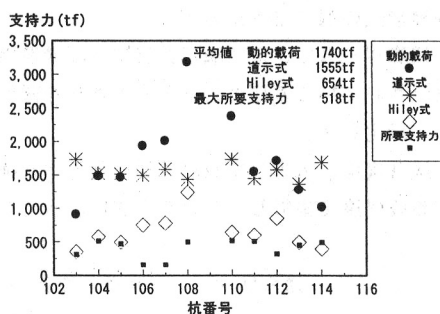


図-3 支持力算定値の比較