

東京地域の細砂層に支持された場所打ち杭の杭先端荷重試験

- 正会員 小椋仁志 *1
- 同 大杉文哉 *2
- 同 妹尾博明 *3
- 同 岸田英明 *4

1. 序 杭先端荷重試験法は、図1のように、杭の先端部に設置したジャッキによって先端抵抗と摩擦抵抗とを互いに反力として載荷する試験法であって、これまで場所打ち杭への適用例を筆者ら¹⁾²⁾、青木ら³⁾、吉福ら⁴⁾が報告している。この試験法を筆者らは、その簡便性から「簡易荷重試験法」と呼んできた¹⁾が、先端地盤の性能を確実に把握できる特長を考慮して、今後は「杭先端荷重試験法」と呼ぶ²⁾⁴⁾。

本報告は、東京都港区の13号埋立地で行なった杭先端荷重試験の結果を紹介し、合わせて東京地域の細砂層の支持力特性について考察したものである。

2. 試験概要 **試験地盤** 土質柱状図とN値を図2に示す。試験杭はGL-42m以深のN値が50以上の細砂層に支持されている。**試験杭** 杭は杭径1.2m、長さ47.0mの7-ストル工法による場所打ち杭であって、鉛直支持力を増すために支持層に約5m根入れしている。**先端ジャッキ** 筆者らのこれまでの杭先端荷重試験ではオカガのジャッキを用いてきたが、日本の場所打ち杭に適用するにはいくつかの問題点がある¹⁾ため、今回の試験では新たに製作したものを使用した。ジャッキの外径・設計容量・設計ストロークは、それぞれ810mm・1,200tf・300mmである。ジャッキには直径1,050mmのフランジを取り付けている。ジャッキ底面の設置位置は杭先端から30cm上方とした。設置手順は、文献²⁾と同じである。

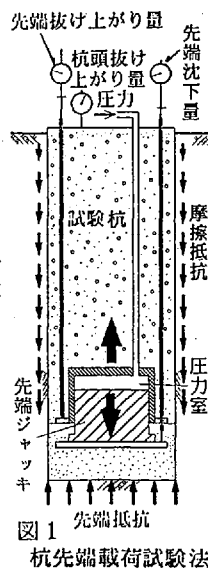


図1 先端抵抗杭先端荷重試験法

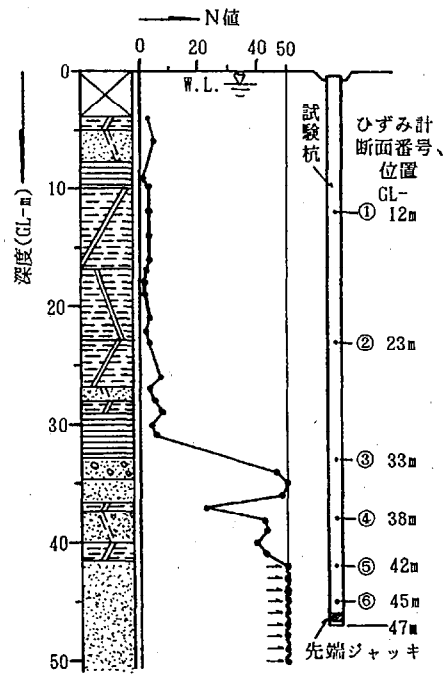


図2 土質柱状図とN値

3. 試験結果 **荷重～沈下量、抜け上がり量関係** 荷重試験はコンクリート打設から30日経過後に、一段階荷重100tf、処女荷重の荷重保持時間を60分として行なった。

図3は、先端荷重 P_p と先端沈下量 S_p 、先端抜け上がり量(ジャッキ上面での抜け上がり量) U_p との関係である。 P_p を400tfから増荷中の490tfの時にジャッキの圧力が抜け、載荷することができなくなった。この時の $S_p + U_p$ は189.6mmと設計ストロークに達していないため、原因としてはジャッキの傾斜による油漏れ、油圧ホースの損傷等が考えられる。ただし、最終時の S_p は182.7mm(杭径の15.2%)であって、先端地盤の性能を評価するには十分な沈下量が得られている。なお、本試験のあと、改良を加えたジャッキを用いた試験²⁾⁴⁾では設計ストロークまで載荷できている。

一方、 U_p は最終時でも6.9mmであって、摩擦抵抗は極限状態には至っていない。なお、載荷初期に急激な沈下や抜け上がりが見られないことから、杭先端部や先端ジャッキ上面のスライムは、ほとんど除去されていたものと判断される。

先端抵抗 $P_p \sim S_p$ 関係から、 $S_p = 120\text{mm}$ (杭径の10%)時の P_p の値(基準先端支持力)を求めると390tfとなる。

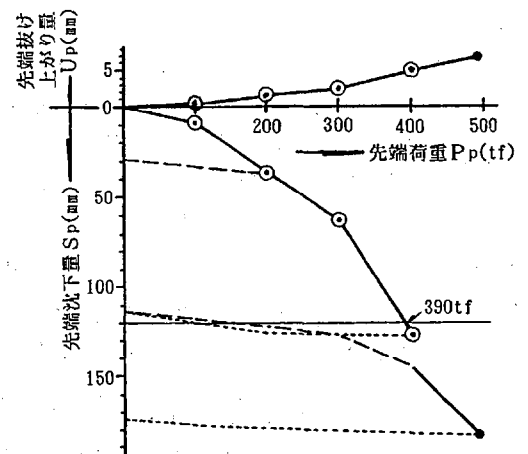


図3 $P_p \sim S_p, U_p$ 関係

摩擦抵抗 図4に軸力分布図を示す。この図から、GL-33m以深の砂層での摩擦抵抗が卓越していることが分かる。杭先端載荷試験では杭体を先端部から押し上げるため、摩擦抵抗は深い位置の方が先に発揮される。したがって、大きな摩擦抵抗が期待できる深い層での状況を、詳しく測定できることになる。

4. 長期許容支持力の検討 今回の試験結果から長期許容支持力Raを求めると、基準先端支持力(390tf)と摩擦抵抗の確認値(490tf)の合計から杭の自重(74tf)を差し引いた806tfを安全率(3)で除した268tfとなる。しかし、 $P_p \sim U_p$ 関係から摩擦

抵抗は極限状態に至っていないことが明白なため、Raはもっと大きな値として差し支えないものと判断される。

この例のように、杭先端載荷試験法では、先端地盤の剛性が予想外に小さい時には、ジャッキのストロークの制約から十分な摩擦抵抗を確認できずに試験を終了せねばならないことになる。反対に、極限摩擦力が計算値よりもはるかに小さい場合には、十分な先端沈下量になるまで載荷することができない可能性もある。この試験法の宿命的な問題点であるが、文献^{2) 4)}の試験では補助反力を用いることで、この問題に対処し成果を収めている。

図5は、試験で得られた $P_p \sim S_p$ 関係や各断面間の摩擦抵抗～抜け上がり量関係からモデル曲線を近似し、荷重伝達法をベースにしたKISHIDAら⁵⁾やHIRAYAMA⁶⁾の解析法を適用して杭頭の荷重 $P_o \sim$ 沈下量 S_o 関係を求めたものである。杭先端載荷試験法では、 $P_o \sim S_o$ 関係を直接測定することができないため、この種の解析を行って求めることになる。図5から得られる基準支持力とRaは、それぞれ1,417tf、472tfとなる。

5. 東京地域の細砂層の支持力特性 図6は、杭先端載荷試験法によって得られた先端荷重 $q_p \sim$ 先端沈下量杭径比 S_p/D (全て $D=1,200\text{mm}$)関係の比較図である。いずれも東京都下で行われた試験によるものである。武蔵野礫層での試験⁷⁾では基準先端支持力が $780\text{tf}/\text{m}^2$ であるのに対し、細砂層の場合は $350 \sim 510\text{tf}/\text{m}^2$ と礫層よりかなり小さい。地盤の支持力を基準先端支持力のみで評価できないが、少なくとも東京地域の細砂層は礫層よりも剛性が小さいことは指摘でき、杭の設計に際しては注意が必要である。たとえば、拡底杭を細砂層の上部で止めるのではなく、この層に深く根入れさせるような配慮をすること等が考えられる。

なお、先端地盤の剛性が小さくても、杭の支持力に関しては問題ないであろう。これは、杭全体の支持力には摩擦抵抗も考慮できること、杭先端載荷試験法による基準先端支持力は安全側の値を与えること⁸⁾などから判断できる。

6. 結語 以上、東京都内での杭先端載荷試験の結果を紹介し、合わせて東京地域の細砂層の支持力特性について考察した。最後に、本試験の実施に当たり、ご協力を頂いた斎藤所長以下現場JVの諸氏に厚く感謝致します。また、杭先端載荷試験法の検討や先端ジャッキの製作などに当たってご指導を賜った(社)建築研究振興協会「杭の簡易試験法に関する調査研究委員会」の委員各位に深甚の謝意を表します。

参考文献 1)小椋仁志(他):OAP(大阪アメリカーナ)計画における杭の支持力実験(その3:簡易載荷試験)、日本建築学会大会演梗概集B(北陸),pp.1261~1262,1992.8. 2)小椋仁志(他):杭先端載荷試験による場所打ち杭の鉛直支持力の検討、第29回土質工学会(盛岡),H6.6. 3)青木一二三(他):扇状地砂礫地盤における場所打ち杭の鉛直載荷試験(その1),(その2)、土木学会第47回年次大会,pp.III-866~869,H4.9. 4)吉福司(他):先端載荷試験法による場所打ち杭の載荷試験、第29回土質工学会(盛岡),H6.6. 5)KISHIDA et al.:An Analytical Method for Predicting the Displacement of a Pile and Soil Layers, 11th Southeast Asian Geotechnical Conf.,Singapore,1993. 6)HIRAYAMA:LOAD-SETTLEMENT ANALYSIS FOR BORED PILES USING HYPERBOLIC TRANSFER FUNCTIONS, SOILS AND FOUNDATIONS,Vol.30,No.1,pp.55-64,1990.5. 7)斎藤淳(他):砂礫層に支持された深礎杭の鉛直載荷試験(その1),(その2)、第28回土質工学会(神戸),pp.1759~1762,H5.6. 8)平山英喜:無反力杭式載荷試験における載荷位置・方向の影響、第28回土質工学会(神戸),pp.1715~1716,H5.6.

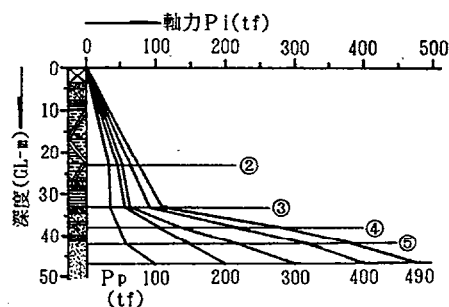


図4 軸力分布図

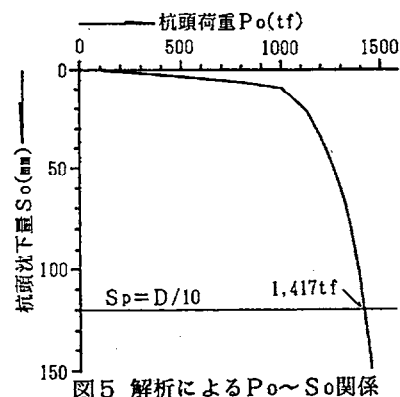


図5 解析による $P_o \sim S_o$ 関係

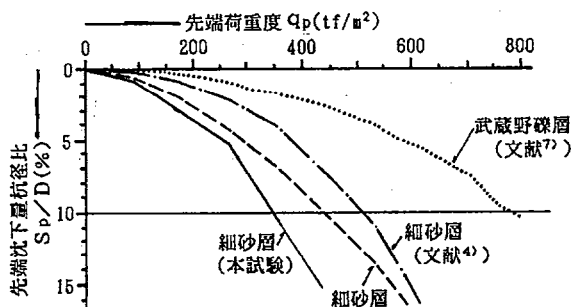


図6 $q_p \sim S_p/D$ 関係の比較図

*1 (株)ジオトップ 技術部・工博
*2 (株)久米設計 構造設計室
*3 大成建設(株) 生産技術開発部
*4 東京理科大学工学部教授・工博

Technology Division, GEOTOP Corporation, Dr.Eng.
Structural Engineering Dept., KUME SEKKEI Co., Ltd.
Construction Technology Development Dept., TAISEI Corporation
Prof., Faculty of Engineering, Science Univ. of Tokyo, Dr.Eng.