

大口径埋込み杭の先端抵抗試験と周面抵抗試験

杭 載荷試験 支持力

(株)ジオトップ 国際会員 小椋仁志
同上 正 会 員 桑山晋一
同上 鈴木良和
(有)山森製作所 山森貞樹

1. はじめに

先端載荷試験は、2002年の地盤工学会基準「杭の鉛直載荷試験の方法」の中で、JGS1812-2002として基準化された¹⁾。筆者らは、これまで主に場所打ち杭に適用してきたが、今回、大口径の既製コンクリート杭に対して、先端載荷試験を応用した先端抵抗試験と周面抵抗試験を行った。本報では、これらの試験の概要と結果を紹介する。

2. 先端抵抗試験、周面抵抗試験

先端抵抗試験と周面抵抗試験は、先端載荷試験の問題点の一つである周面抵抗の向きが本杭とは逆になる点を解決するために開発された。先端ジャッキの他に杭頭にもジャッキ(以下、杭頭ジャッキ)を設置して、図-1(c)のように先端と杭頭のジャッキにほぼ同じ荷重を与えて杭が動かない状態で先端地盤に載荷するのが先端抵抗試験であり、同図(d)のように先端ジャッキの油圧を解放した状態で杭頭ジャッキに載荷するのが周面抵抗試験である。節径500mm・軸径400mmの節杭に適用して、得られた先端抵抗-ジャッキ下面変位量曲線や周面抵抗-杭頭変位量曲線が、押し込み試験による両曲線とはほぼ一致することが確かめられている²⁾。

3. 試験概要

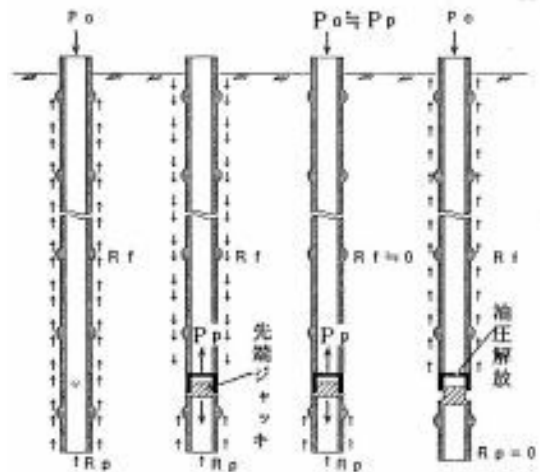
- 3.1 試験地盤 試験場所は愛知県海部郡で、図 2のように軟弱層のあと、GL-48.5m以深が砂礫層となっている。
- 3.2 試験杭 3.5で述べる試験を行うため、下記に示す2本の試験杭を用いた。図-2中に杭とひずみ計の位置を示す。
試験杭A(全長47.5m): 1000のストレート杭42m+先端ジャッキ0.5m+1000-800の節杭5m
試験杭B(全長49.5m): 800のストレート杭44m+先端ジャッキ0.5m+1000-800の節杭5m
- 3.3 施工法 試験杭の施工は、プレボーリング拡大根固め工法である。掘削径は、上半分は1050mm、下半分は1290mmである。杭先端から2mの間には水セメント比w/c=65%の、その上方にはw/c=100%のセメントミルクを送って、掘削土砂と混合攪拌している。

3.4 先端ジャッキ 先端ジャッキは、外径250mm、公称ストローク300mm、公称容量2500kNの単動ジャッキを円周上に8台並べたものである。一連のジャッキの上下は、厚さが50mmと100mmで外径1000mm、内径500mmのドーナツ型の鋼製フランジに取り付けている。フランジも含めた先端ジャッキ全体の高さは500mmである。図-2中に先端ジャッキの取付け位置を示す。

3.5 試験の種類 この試験に必要なデータは、先端が砂地盤に位置する杭の先端支持力、先端が砂礫地盤に位置する杭の先端支持力、押し込み試験と同じ向きの周面抵抗力の3種類であった。そこで、3.2で述べた2本の試験杭に対して、以下の3種類の試験を行うこととした。

- 試験1: 試験杭Aの先端抵抗試験(根入れ長さ47m(先端:砂、N=24))
- 試験2: 試験杭Aの周面抵抗試験
- 試験3: 試験杭Bの先端抵抗試験(根入れ長さ49m(先端:砂礫、N=59))

ただし、先端抵抗試験は2で述べたものとは少し異なり、押し上げ抵抗を反力の一部として活用するため、杭頭ジャッキの荷重を先端ジャッキより小さくして、杭体の上方への移動をある程度許した。これは、予想される先端・周面支持力や反力装置の制約による。このため、先端抵抗試験時にジャッキ荷重Pj-ジャッキ上面変位量Sju曲線が得られるが、これには物理的な意味はない。



(a) 押し込み試験 (b) 先端載荷試験 (c) 先端抵抗試験 (d) 周面抵抗試験
図-1. 先端抵抗試験と周面抵抗試験

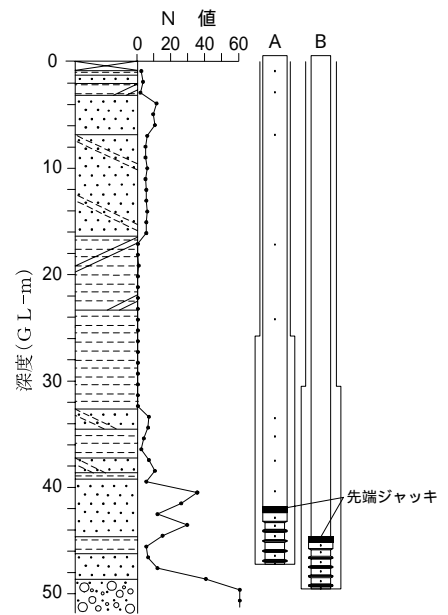


図-2. 地盤概要、試験杭

4. 試験結果

4.1 試験1 (A 杭：先端抵抗試験)

杭施工後 30 日後に、ジャッキ荷重 $P_j = 9000 \text{ kN}$ まで段階荷方式で、それ以後は連続荷方式で行った。 P_j - ジャッキ下面変位量 S_j 、先端変位量 S_p 曲線を図-3に、軸力分布図を図-4に示す。最大荷重は 10869 kN 、その時のジャッキの伸び量（上面変位量 + 下面変位量）は 175.6 mm であった。

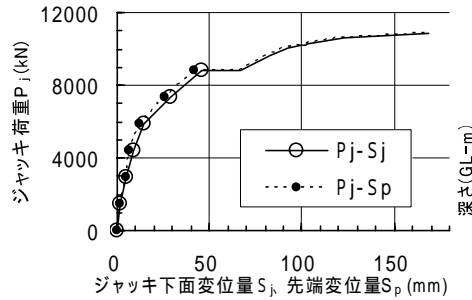


図-3. $P_j - S_j, S_p$ 曲線 (試験1)

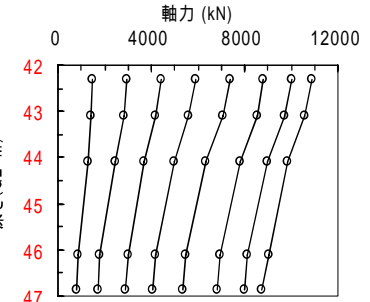


図-4. 軸力分布 (試験1)

4.2 試験2 (A 杭：周面抵抗試験)

試験1に引き続き、1サイクル連続荷方式で行った。得られた杭頭荷重（周面抵抗） P_o - 杭頭変位量 S_o 曲線を図-5に、軸力分布図を図-6に示す。連続荷方式のため、周面抵抗がピークを示したあと減少する状態が測定できている。ピーク時の変位量は約 50 mm と、押し込み試験で見られる値よりも大きい。これは、杭先端がフリーになっていることや、杭体が試験1の時に 7 mm 程度上方に変位したことなどの影響かも分からない。周面抵抗試験に残された課題としたい。なお、 S_o が 110 mm を超えると P_o が大きくなっているのは、先端ジャッキの抵抗が生じ始めたためであろう。

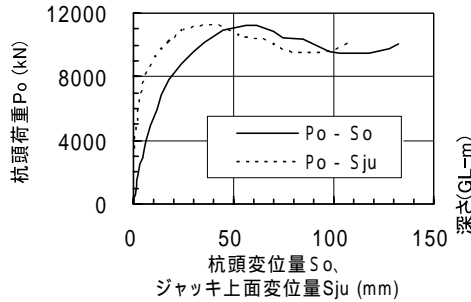


図-5. $P_j - S_o, S_{ju}$ 曲線 (試験2)

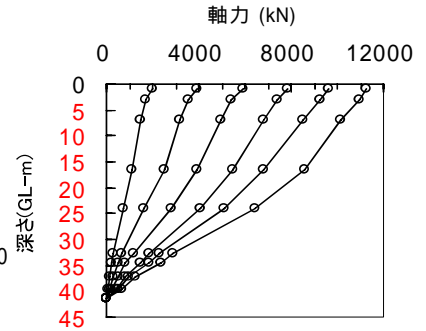


図-6. 軸力分布 (試験2)

4.3 試験3 (B 杭：先端抵抗試験)

杭施工後 19 日後に、 $P_j = 16000 \text{ kN}$ まで段階荷方式で、それ以後は連続荷方式で行った。得られた $P_j - S_j, S_p$ 曲線を図-7に示す。最大荷重は約 24000 kN である。その時の S_p は 65 mm と節部径の 10% 未満であったが、反力装置の制約から試験を終了した。

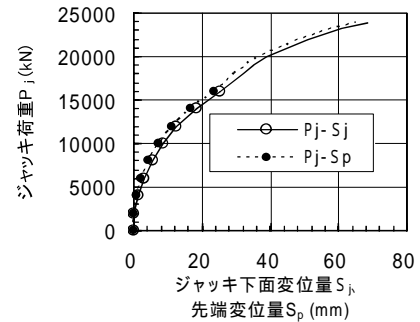


図-7. $P_j - S_j, S_p$ 曲線 (試験3)

5. 試験結果の検討

5.1 先端支持力度

図-8に試験1（先端：砂）と試験3（先端：礫）で得られた先端支持力度 $q_p - S_p$ 曲線を示す。 q_p は、最下端節部位置の抵抗 P_p を節部閉塞断面積で除した値である。 $S_p = 100 \text{ mm}$ 時の q_p は、試験1では約 10500 kN/m^2 、試験2では約 28000 kN/m^2 (外挿値) となっている。これを先端 N 値で除した支持力係数を求めるとそれぞれ $440, 475$ となる。また、 q_p を根固め部の断面積で評価すると、それぞれ約 $6300 \text{ kN/m}^2, 16800 \text{ kN/m}^2$ となり、このときの N は $260, 285$ となる。

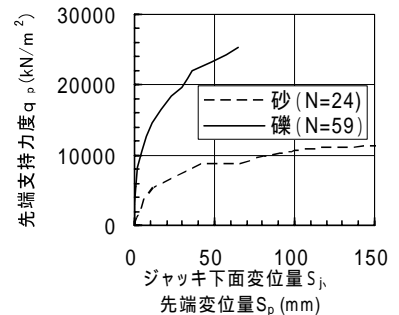


図-8. $q_p - S_p$ 曲線

5.2 試験杭 A の第2限界抵抗力

杭頭の荷重 P_o - 変位量 S_o 曲線は、荷重伝達解析により求めることができる。試験1と2で得られる $P_p - S_p$ 曲線と区間周面抵抗 P_{fi} - 区間変位量 S_i 曲線を双曲線に近似し、これを荷重伝達法により解析する。その結果に得られた $P_o - S_o, S_p$ 曲線を図-9に示す。この解析から、試験杭 A 全体の第2限界抵抗力として 20150 kN が得られた。

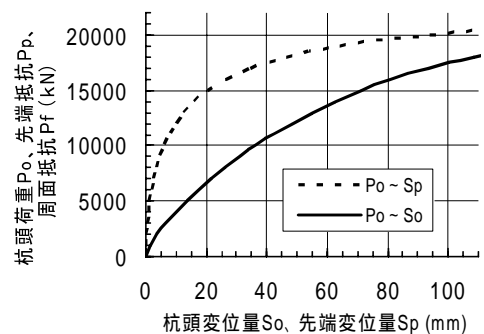


図-9. $P_o, P_p, P_f - S_o, S_p$ 曲線 (解析値)

6. おわりに

以上、1000-800の節杭を用いた先端抵抗試験と周面抵抗試験の結果を紹介した。今後も同様な試験を行って、データを蓄積したい。

参考文献

- 1) 地盤工学会基準：杭の鉛直荷重試験方法・同解説 - 第一回改訂版 -、pp.61~104、地盤工学会、2002.5.
- 2) 小椋仁志・加藤マツノ・須見光二・金井重夫：PHC節杭による先端抵抗試験と摩擦抵抗試験の妥当性の検討、第30回土質工学研究発表会(金沢)、pp.1385~1386、1999.7.