

(株)ジオトップ 正会員 ○小椋仁志  
郵政大臣官房施設部 正会員 渋谷孝男  
(株)ジオトップ カキマツ  
同 斎藤基治

1. 序

同名報告(その1)では、関東郵政局等庁舎新築工事で行った大口径場所打ち杭(φ2,200)の杭先端載荷試験の計画と結果について述べた。本報では、試験の結果から許容支持力や先端支持力、周面摩擦力について検討を加える。

2. 許容支持力の検討

**第2限界荷重(基準支持力)  $P_{pb}$**  先端荷重  $P_p$  ~ 先端沈下量  $S_p$  関係(その1、図5)から、 $P_{pb}$  ( $S_p$ が杭径  $D$ の10%の時の  $P_p$ ) の値は2,228.2tf ( $P_{pb}/A_p=586.4\text{tf/m}^2$ ) となる。

**周面摩擦支持力  $P_{fu}$**   $P_p=3,165\text{tf}$  時にも杭体の急激な抜け上がりは見られず、摩擦抵抗は極限值に至っていない。これから  $P_{fu}$  は3,165tf以上ということとなるが、ここでは  $P_{fu}$  として荷重を保持した最も大きい荷重3,000tfから杭の自重を差し引いた値2744.7tfを採用する。

**長期許容支持力  $R_a$**  本試験から得られる  $R_a$  は、 $P_{pb}$  と  $P_{fu}$  をそれぞれ安全率3で除した値の和1,657.6tfとなる。したがって、 $R_a/A_p$  は436.2tf/m<sup>2</sup> となり、設計時に採用した支持力(250tf/m<sup>2</sup>) は妥当な値であることが分かる。

3. 杭頭の荷重~沈下量関係の解析

杭先端載荷試験から  $R_a$  を求めるには、杭頭の荷重  $P_o$  ~ 沈下量  $S_o$  関係を解析で求め、これから  $R_a$  を計算する方法もある。この方法では、先端支持力と周面摩擦力が発揮される変位量(先端沈下量、抜け上がり量)の杭全体としての整合性が満足される。先端載荷試験法から  $P_o$  ~  $S_o$  関係を求めるには、試験で得られた  $P_p$  ~  $S_p$  関係と  $P_p$  ~ 抜け上がり量関係を近似曲線でモデル化したうえで、荷重伝達法を適用して解析する。

図1に、この解析で得られた  $P_o$  ~  $S_o$  関係を示す。この解析では、近似曲線として  $P_p$  ~  $S_p$  関係には2次曲線<sup>1)</sup>を、 $P_p$  ~ 抜け上がり量関係には双曲線<sup>2)</sup>を用い、荷重伝達法には岸田・椿原の解析法<sup>3)</sup>を用いている。この図には、 $P_p$  ~  $S_p$  関係の近似曲線と、ひずみ計断面間の摩擦抵抗~抜け上がり量関係の近似曲線を合成した  $P_f$  ~  $S_o$  関係も併記している。ただし、後者は、通常、 $S_o$  が10~30mmの時に  $P_f$  は極限值に達することを考慮して、 $S_o$  が10mm以上では  $P_f$  は一定値になると仮定している。図1の  $P_o$  ~  $S_o$  関係から得られる第2限界荷重は5,225tf、 $R_a$  は5,225/3=1,741tfとなる。したがって、 $R_a/A_p=458\text{tf/m}^2$  となり、設計支持力は十分安全な値であることがこの解析からも確認できる。

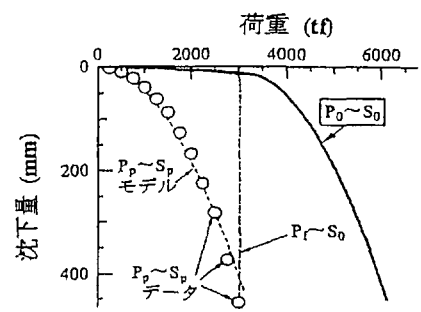


図1 解析による  $P_o$  ~  $S_o$  関係

4. 先端支持力の検討

**荷重~沈下性状** 図2は、既往の場所打ち杭や深礎杭の杭先端載荷試験で得られた先端荷重  $P_p/A_p$  ~  $S_p/D$  関係<sup>4)</sup>に、本試験のデータを加えたものである。この図から、砂礫層と細砂層では荷重~沈下性状が明らかに異なっていることが分かる。特に東京地区の細砂層の場合は、砂礫層や大阪地区よりも剛性が小さくなっている。

本試験の結果は、既往の東京地区の細砂層の試験結果(1例を除いてφ1,200mmの場所打ち杭)よりも大きな支持力となっている。したがって、今回の設計での支持層の選定は適切であったと言える。また、この結果だけから即断することはできないが、杭径が大きくなることによる支持力の低下は小さいものと推察される。

**基準先端支持力  $q_b$**   $S_p/D=10\%$  の時の  $P_p/A_p$  を、基準支持力(第2限界荷重)に依って「基準先端支持力  $q_b$ 」と呼ぶ。図3は、図2から得られた  $q_b$  と、杭先端から上方1D~下方1D間の平均  $N$  値との関係である。なお、図2で  $S_p/D$  が10%に達していない2例は省いている。図中の黒点は、上限を50として  $N$  値を評価した場合である。これは、杭の設計時に通常用いられる手法である。

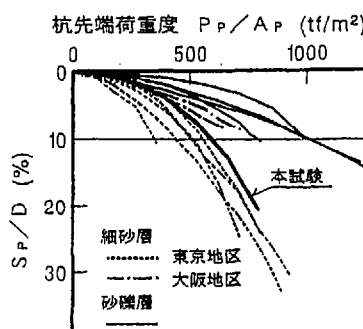


図2  $P_p/A_p$  ~  $S_p/D$  関係

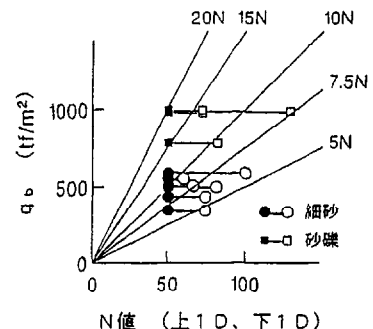


図3  $q_b$  ~  $N$  値関係

qbの値は、砂礫層では15N~20N、細砂層では7N~12Nの範囲に分布していることが分かる。細砂層の場合、場所打ち杭の先端支持力の計算式15Nよりも小さい値となっている。この理由として、計算式のもとになった試験の多くは砂礫層を支持層とする杭のものである<sup>6) 6)</sup>こと、計算式作成時に用いられた「極限支持力」は $S_p/D = 10\%$ の時の値ではなく、沈下量に関係なく求めた値である<sup>6)</sup>ことの2点があげられる。したがって、細砂層の先端支持力を基準先端支持力によって評価する場合には、実測値が15Nよりも小さい値となるのは問題はないものと言えよう。

また、図3の白点は、50以上のN値とqbとの関係を検討するために、換算N値（貫入量が30cm未満のものを、30cm貫入したものに換算して求めたN値）を用いてN値を評価した場合である。qbは、砂礫層では7.5N~15N、細砂層では5N~9Nの範囲に分布している。杭の先端支持力を的確に求めるには、50以上の場合でも何らかの方法で評価したN値と関係づける方が合理的と思われる。今後、同様のデータが多く蓄積されることが望まれる。50以上のN値の評価法としては、換算N値だけではなく、上載圧の影響などを考慮した方法<sup>7)</sup>などより精度の高い方法を用いる必要がある。

### 5. 周面摩擦力の検討

図4に軸力分布図を、図5に区間摩擦力 $f_i$ ~区間抜け上り量 $U_i$ 関係を示す。②~③間と③~④間とともにシルト層であるため、図5では②~④間としてまとめている。両図から以下のことが分かる。

㉓ 杭頭~①断面間の $f_i$ は $0.5\text{tf/m}^2$ 程度であり、フリクションカットの効果が表れている。

㉔ ①~②断面間はN値が20~40の細砂層であり、 $f_i$ の計算値( $N/3$ )は $7\sim 13\text{tf/m}^2$ となるが、実測は $7\text{tf/m}^2$ 程度に留まっている。これは、先端ジャッキから離れており $f_i$ が未だ十分には発揮されていないためであり、極限值はもっと大きいものと判断される。

㉕ ②~④断面間はN値が6~8のシルト層であり、 $f_i$ の計算値( $qu/2$ )は $3.5\sim 5\text{tf/m}^2$ となるが、試験では $10\text{tf/m}^2$ 程度発揮されている。まだ増加する傾向はみられるものの、極限に近い状態であろう。

㉖ N値が50以上の細砂層や砂礫層である④断面~ジャッキ間の $f_i$ は、計算値( $17\text{tf/m}^2$ 以上)にほぼ見合った約 $20\text{tf/m}^2$ で極限状態となっている。

設計時に計算した周面摩擦力は約 $2,300\text{tf}$ であったのに対し、試験では $3,165\text{tf}$ 載荷した時でも極限摩擦力に達していない。②~④断面間のシルト層で計算値よりも大きい $f_i$ が得られたことが、大きく寄与しているであろう。

### 6. 結語

本報告では、同名報告(その1)に続いて、大口径場所打ち杭( $\phi 2,200$ 、根入れ長さ48m)の杭先端載荷試験で得られた結果に検討を加えた。その結果、㉓試験で得られた長期許容支持力は設計支持力より大きく、基礎杭は妥当な設計がなされていたこと、㉔支持層とした細砂層の支持力は、同様の地盤を支持層とする既往の試験結果よりも大きく、支持地盤の選定は適切であったこと、㉕細砂層の支持力を基準先端支持力度で評価すると計算式より小さくなるが、これは計算式の作成条件の違いによるものであること、㉖周面摩擦力は計算値よりも大きくなったが、②~④断面間のシルト層の摩擦力が計算値よりも大きくなったことが寄与していることなどが分かった。

なお、この実験では、杭直下地盤の沈下量や杭側方の水平変位量も測定しているので、結果は別の機会に報告したい。

**謝辞** 本試験結果の検討にあたりご指導を賜った岸田英明東京理科大学教授、高野昭信攻玉社短大教授、桑原文夫日本工業大学教授、日下部治東京工業大学教授と大成建設の堀越研一、長尾俊昌の両研究員に厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 高野：砂地盤に設置されたNONDISPLACEMENT PILEの先端支持力、東京工業大学博士論文、pp.182~205、昭56.3.
- 2) Hirayama, H. : LOAD-SETTLEMENT ANALYSIS FOR BORED PILES USING HYPERBOLIC TRANSFER FUNCTIONS, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol. 90, No. 1, pp. 55~64, 1990. 5.
- 3) Kishida, H. and Tubakihara, Y. : An analytical method for predicting the displacement of a pile and soil layers, 11th SE Asian Geotechnical Conf., 1993.
- 4) 小椋、打越、金井、菱沼：太田市庁舎建設工事における場所打ち杭の杭先端載荷試験、日本建築学会大会梗概集B(北海道)、pp. 929~930、1995. 8.
- 5) 山肩、富永、大杉：場所打ちコンクリートパイおよび埋込みパイの許容支持力計算式、第9回土質工学研究発表会(京都)、pp. 553~556、S49. 6.
- 6) 大杉：各種くいの鉛直支持力と沈下性状に関する考察、昭和49年度関西大学修士論文、s50. 3.
- 7) Hatanaka, M., Uchida, A. : Empirical Correlation Between Penetration Resistance and Internal Friction Angle of Sandy Soils, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol. 36, No. 4, pp. 1~9, JGS, 1996. 12.

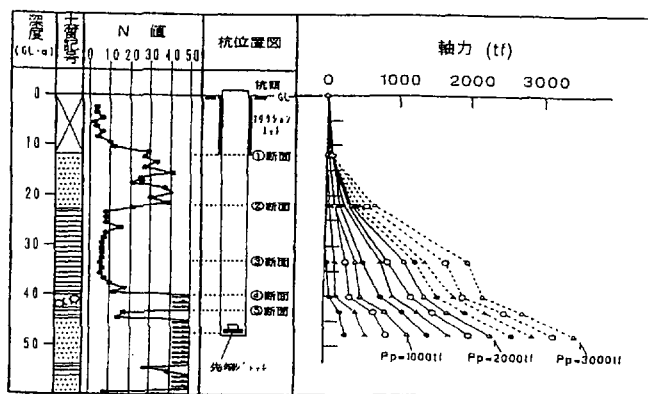


図4 軸力分布図

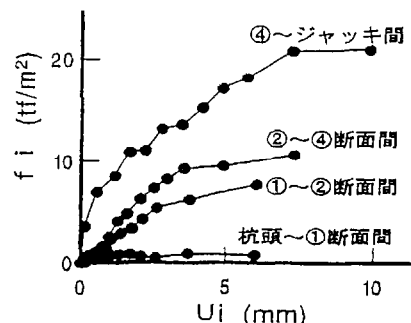


図5  $f_i$ ~ $U_i$ 関係