

太田市新庁舎建設工事における場所打ち杭の杭先端載荷試験

○正会員 小椋仁志 *1
同 打越瑞昌 *2
金井重夫 *1
正会員 菱沼登 *3

1. 序 杭先端載荷試験法は、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方法であって、これまで場所打ち杭やPHC節杭を中心に適用されている¹⁾。今回、群馬県太田市における高層市庁舎の基礎杭の設計において、合理的な鉛直支持力を採用することを目的として杭先端載荷試験を行ったので、その結果を報告する。

2. 鉛直支持力の検討 図2に試験地盤の概要を示す。基礎杭はGL-27mの砂礫層に支持させる計画であるが、GL-14m以深にはN値が50以上の砂礫層が存在するため、軸部を全周回転式ケーシング工法(AC工法)、拡底部を押し込み工法による場所打ち拡底杭を採用した。最も多い杭径の軸部径2.0m、設計拡底径D=2.3mの場合、杭一本当たりの長期許容鉛直支持力度は、通常は杭先端面積Apに対して250t/m²を最大とするのに対し、建築基礎構造設計指針²⁾をベースにした次式で計算するとRa/Ap=315.6t/m²と、1.26倍の値となる。

$$Ra = \frac{1}{3} \{ 15\alpha\beta NAp + (\frac{1}{3}NsLs + \frac{1}{2}quLc) \phi \} - W' \dots (1)$$

$$\beta = 1 - 0.3 \left(\frac{D-1.5}{2.5} \right), \text{他の記号は文献}^{2)} \text{を参照。}$$

すなわち、今回のように杭周部地盤が良好な場合、通常の拡底杭の支持力式では不経済な設計となるだけでなく、拡底比や杭間隔の制約から拡底杭では支持力が不足し、壁杭などを併用せねばならなくなる。そこで、載荷試験を行って杭の支持力を調査した上で、(1)式による支持力を用いることとした。

載荷試験の検討に当たっては、直径φ1,000mmの試験杭による通常の鉛直載荷試験とφ1,200mmの試験杭による杭先端載荷試験とを比較した。その結果、反力杭や反力架構が不要で経済的なこと、先端地盤の支持力性能を確実に調べられること等から、後者を採用した。

3. 試験概要 試験杭 杭径1,200mm、杭長27mの非拡底場所打ち杭で、全周回転式AC工法で施工した。図2中に試験杭の位置とひずみ計の断面番号を示す。

先端ジャッキ 外径・設計容量・設計ストロークは、それぞれ810mm・1200t・250mmであって、外径950mmのフランジを取り付けている。フランジ径は従来³⁾⁴⁾の1,050mmより小さいが、施工時のケーシング内径が1,080mmであることによる。

ジャッキの設置 ケーシングを1.5m引き抜いたあと、従来³⁾と同様、水中不分離性混和剤を添加したセメントペーストを用いて掘削底に投入したのち、鉄筋籠に取り付けたジャッキを掘削孔に下ろす方式で設置した。ただし、鉄筋籠の接続とひずみ計のコードや油圧ホースの固定作業をセメントペーストの投入前にあらかじめ行ったこと、およびAC工法の場合杭底のセメントペーストが硬化するまでジャッキを所定の位置で保持するのが難しいため、ジャッキ底面が掘削底面に一致するまで下ろしたことの2点は従来とは異なっている。

載荷計画 試験は杭の打設から22日経過後に、土質工学会基準「杭の鉛直載荷試験の方法」に準拠し、一段階荷重100t、処女荷重の荷重保持時間を60分として行う。写真1に試験時の状況を示す。なお、杭先端面での載荷径Dpは、ジャッキ底面の位置を考えるとフランジ径の950mmを採用して差し支えないものと判断される。

試験後の処置 試験杭を本設杭として用いるため、載荷試験終了後ジャッキ内の圧力室と外側にセメントペーストをグラウトした。

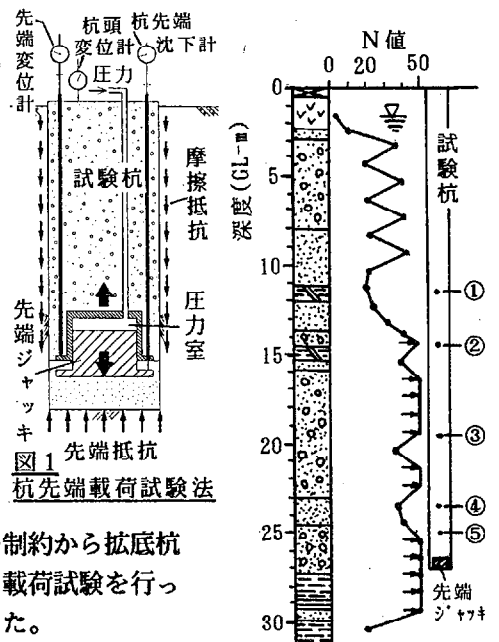


図1 先端抵抗杭先端載荷試験法

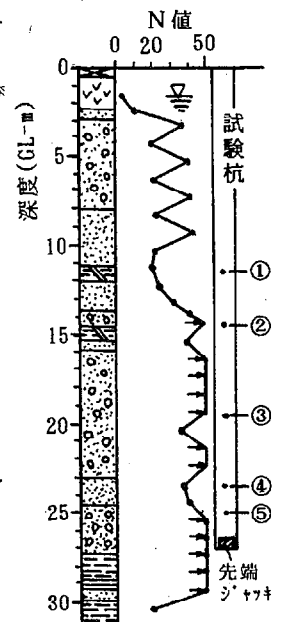


図2 試験地盤の概要



写真1 試験時の状況

4. 試験結果と考察 荷重～沈下量、抜け上がり量関係 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。 $P_p=700\text{ t}$ を保持中に、先端基準支持力が得られる $S_p=D_p/10=95\text{ mm}$ に達した。このため、以後はジャッキストロークの限界内で可能な限り大きい荷重を載荷する目的から、荷重を保持せずに連続的に載荷した結果、 $P_p=830\text{ t}$ （先端荷重度 $q_d=1,172\text{ t/m}^2$ ）で先端抵抗が極限值に達した。また、 U_p は最終時でも約 2 mm であって、摩擦抵抗は極限值には至っていない。

先端支持力 $P_p \sim S_p$ 関係から $S_p=95\text{ mm}$ 時の P_p を求めると 699 t となり、先端基準支持力度として 987 t/m^2 が得られる。したがって、試験から得られる長期許容先端支持力は $987/3=329\text{ t/m}^2$ となり、(1)式で $\alpha=\beta=1$ とした時の値 250 t/m^2 よりも大きいことが確認される。

図4は、文献⁴⁾でまとめた既往の場所打ち杭や深礎杭の杭先端載荷試験の $q_p \sim S_p/D_p$ 関係に、文献^{5)~7)}と本試験のデータを加えたものである。本試験で支持層とした砂礫層の剛性は、東京や大阪地域の細砂層よりもはるかに大きく、武蔵野段丘礫層に比べて大きいことが分かり、おそらく東京礫層をも上回っているものと考えられる。

摩擦抵抗 $P_p=830\text{ t}$ 時のGL-10m(根切り底面)以深の摩擦力を、図5の軸力分布図から求めると 710 t となり、(1)式による値 860.5 t の 83% まで確認できたことになる。図3で示したように摩擦抵抗は極限值に達していないため、 $P_p \sim U_p$ 関係を双曲線近似し $U_p=10\text{ mm}$ の時の値 1598 t を試験から得られる最大摩擦力とした。この値は(1)式による値のほぼ2倍であり、試験杭の摩擦抵抗として(1)式を用いても問題のないものと判断される。なお、 $U_p=10\text{ mm}$ は、摩擦抵抗が極限值に達する時の変位量 ($10 \sim 30\text{ mm}$) の下限値を採用したものである。

以上より本試験では先端抵抗、摩擦抵抗とも(1)式を上回る値が得られたことから、基礎杭の設計において(1)式を用いるのは合理的なことと考えられる。また、許容引抜き抵抗力も建築基礎構造設計指針の式によって設計したが、試験結果から判断すると妥当な方法と言えよう。

5. 結語 本報告では、太田市新庁舎建設工事における場所打ち杭の杭先端載荷試験を紹介し、試験を行うことによって合理的な基礎杭の設計ができたことを述べた。最後に、本試験の実施に当たりご協力を頂いた庁舎建設室各位、(株)久米設計笹森氏、佐伯所長以下現場JVならびに大洋基礎(株)の諸氏に厚く感謝致します。

参考文献

- 1) 小椋、岸田、須見、吉福：杭先端載荷試験法の場所打ち杭と既製杭への適用例、土と基礎、Vol. 43, No. 5, 1995. 5.
- 2) 日本建築学会(編)：建築基礎構造設計指針、S63. 1.
- 3) 小椋、桑山、岸田、五十嵐：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)、pp. 1397~1400、H6. 6.
- 4) 小椋、大杉、妹尾、岸田：東京地域の細砂層に支持された場所打ち杭の杭先端載荷試験、日本建築学会大会梗概集(東海)、pp. 1343~1344、1994. 9.
- 5) 小椋、須見、鈴木、稲村、桑原、岸田：OAP(大阪アムティパーク)計画における杭の支持力実験(その3：簡易載荷試験)、日本建築学会大会梗概集(北陸)、pp. 1261~1262、1992. 8.
- 6) 斎藤、海野、金井：砂礫層に支持された深礎杭の鉛直載荷試験(その3)、第29回土質工学会(盛岡)、pp. 1395~1396、H5. 6.
- 7) 吉福、山田、掛川、岸田：先端載荷試験法による場所打ち杭の載荷試験、日本建築学会大会梗概集(東海)、pp. 1341~1342、1994. 9.

*1 (株)ジオトップ 技術部・工博
 *2 (株)久米設計 構造設計室
 *3 (株)熊谷組 技術本部

Technology Division, GEOTOP Corporation, Dr. Eng.
 Structural Engineering Dept., KUME SEKKEI Co., Ltd.
 Technology Development Division, KUMAGAI GUMI Co., Ltd.

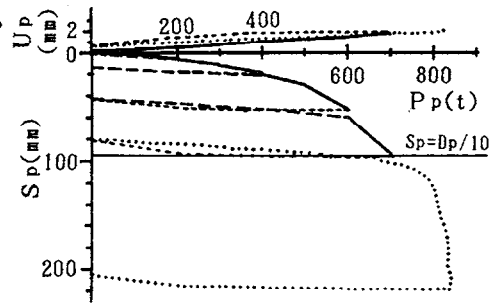


図3 先端荷重 P_p ~ 先端沈下量 S_p 、抜け上がり量 U_p 関係

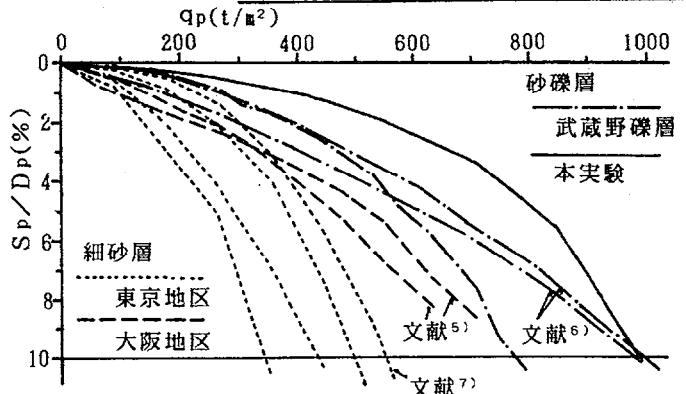


図4 先端荷重度 q_p ~ 先端沈下量杭径比 S_p/D_p 関係の比較

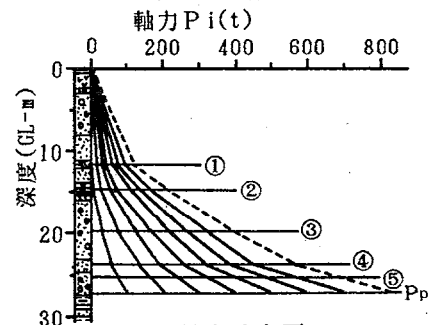


図5 軸力分布図