

基盤層に根入れしない場所打ち杭の杭先端載荷試験

正会員 ○萩原伸治\*<sup>1</sup>  
正会員 梅野 岳 \*<sup>1</sup>  
正会員 小椋仁志\*<sup>2</sup>

1. 序

函館市内の地上7階地下1階建ての大規模病院建築の設計に当たり、良好な支持層がGL-85m付近まで現れない地盤であるため、杭先端深度をGL-35mとし、基盤層以浅の洪積細砂層に根入れする場所打ち杭を採用した。本報では、この杭基礎の設計支持力の妥当性を確認する目的で実施した杭先端載荷試験の概要と結果について述べる。

2. 地盤と杭基礎の概要

地盤は図1のようにGL-25m付近までが砂質土と粘性土が互層の沖積層で、それ以深はN値20程度の細砂層とシルト主体の粘性土層( $q_u=4.21\text{kgf/cm}^2$ )の洪積層が約60m堆積する層序となっている。基礎は7-ストリル工法場所打ち杭基礎を採用し、杭長は経済性と施工性両面で複数案を比較検討した結果、洪積細砂層中に4~5m杭先端を根入れし、掘削長を35m(杭実長おおむね24m)とした。設計支持力は告示111号式より求め、採用杭径が1.6mから2.5mまでの9種類の直杭(非拡底杭)とした。杭本数は306本である。

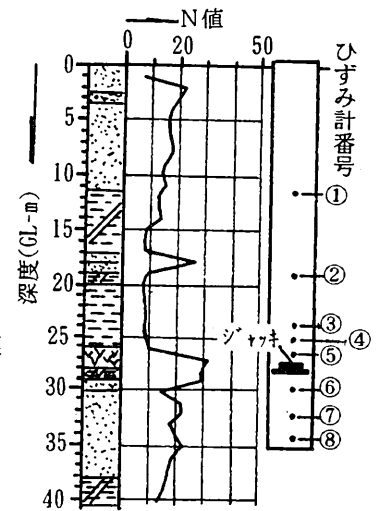


図1 地盤概要

3. 先端載荷試験の計画

**試験杭** 試験杭は杭径1.6mとし、実長も掘削長と同じ35mとした。本設杭の実長は根切り部を除いた24mであって、設計支持力は330tfである。**試験方法** 杭先端載荷試験法は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る。載荷荷重が従来法の半分ですむほか、反力杭や載荷架構が不要となる。本計画では、従来法との経済比較により採用した。**ジャッキの設置位置** 本試験法では、ジャッキの上下で期待できる抵抗が設計支持力の3/2倍以上となる位置に設置する必要がある。本例では杭先端は細砂層であって先端荷重に対する沈下量が砂礫層より大きく、杭径の10%沈下時の杭先端支持力 $R_p$ は $(7\sim 12)\bar{N}A_p \approx 10\bar{N}A_p = 410\text{tf}$ 程度と推定され<sup>1)</sup>設計支持力の3/2倍(約500tf)より小さくなるのが懸念される。一方、摩擦支持力 $R_f$ は建築学会指針式では約1,050tfとなる。そこで、ジャッキの上下の抵抗が $(R_p + R_f)/2 \approx 730\text{tf}$ となるGL-28mの位置にジャッキを設置した。なお、以下では、杭のジャッキ上方の28mの部分「上方杭」、下方の7mの部分「下方杭」と呼ぶ。**先端ジャッキの仕様** 外径810mm、高さ約800mm、設計容量800tf、設計ストローク300mmの特殊な油圧ジャッキで、下面に外径1,450mmのフラスを取り付けている。**ジャッキの設置** 地盤を掘削しスラム処理の後、あらかじめジャッキを所定の位置に取り付けた鉄筋籠を挿入した。このあと、下方杭の部分に水中不分離性混和剤を添加したモルタルパイプを通じてグラウトし、上方杭の部分にはトミ管によってコンクリートを打設した。

**4. 試験結果**

載荷試験は、試験杭打設の28日後に、地盤工学会基準「杭の鉛直載荷試験の方法」に準拠して、計画最大荷重800tf、一段階荷重80tf、処女荷重の荷重保持時間60分として行った。得られたジャッキ荷重 $P_j$ とジャッキ下面沈下量 $S_j$ 、ジャッキ上面抜け上がり量 $U_j$ の関係を図2に示す。計画最大荷重( $P_j=800\text{tf}$ )終了時の $S_j$ や $U_j$ は杭径の1%未満であって、上方杭・下方杭とも極限には達していなかった。そこで、ジャッキの限界まで載荷することとし、荷重ピッチと荷重保持時間を変えて引き続き載荷した。その結果、 $P_j$ が約1,110tfの時に下方杭が極限に達したため、 $S_j=160\text{mm}$ (杭径の10%)になった時点で終了し

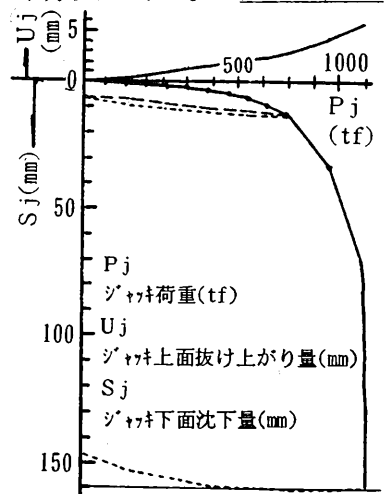


図2  $P_j \sim S_j, U_j$ 関係図

Toe Load Test on a Cast-in-place Concrete Pile not Penetrating to a Competent Bearing Layer

HAGIWARA Sinji, UMENO Takashi and OGURA Hitoshi

た。このときも  $U_j$  は小さく、上方杭は極限状態に達していない。

### 5. 設計支持力の検討

$P_j = 800\text{tf}$  時には極限状態に達していないことから、試験杭は  $800 \times 2 = 1,600\text{tf}$  以上の支持力を有していると判断された。この値から根切り部の摩擦力約  $110\text{tf}$  と上方杭の杭の自重約  $70\text{t}$  を差し引くと  $1,420\text{tf}$  となり、長期許容支持力はこの  $1/3$  の  $470\text{tf}$  となる。したがって、設計支持力 ( $330\text{tf}$ ) は妥当な値であったことが確認された。

### 6. 周面摩擦力の検討

上方杭の摩擦抵抗は、計算値の  $1.5$  倍以上の  $1110\text{tf}$  でも極限值に達していない。一方、下方杭では極限摩擦力として  $576\text{tf}$  が得られているが、これは計算値 (約  $320\text{tf}$ ) の  $1.8$  倍である。図3に軸力分布図を、図4(a)に上方杭の区間摩擦力  $f_i$  ~ 区間抜け上がり量  $U_i$  関係を、図4(b)に下方杭の  $f_i$  ~ 区間沈下量  $S_i$  関係を示す。また、 $f_i$  の計算値と測定値の比較を表1に示す。なお、 $f_i$  は超音波測定による杭径を用いて計算した。これらの図や表から以下のことが分かる。

- i) 杭頭~②間の  $f_i$  は極限に達していない。
- ii) ③断面以深の  $f_i$  は極限状態になっており、②~⑤間と⑥~⑧間では計算値の約  $3$  倍の摩擦力が得られている。
- iii) ジョットを挟む⑤~⑥間は、測定値と計算値の比が他の区間より小さい。これは、腐植土が主体であるためであろう。

### 7. 先端支持力の検討

$S_j = 160\text{mm}$  時の先端支持力  $R_p$  は  $658.5\text{tf}$  ( $q_p = R_p / A_p' = 274\text{t/m}^2$ 、 $A_p'$ : 杭の実先端面積) と計算値の約  $1.6$  倍の値であった。 $\frac{q_p}{N}$  は  $13.5$  と既往の先端載荷試験での細砂層の値  $7 \sim 12^{11)}$  より大きい値となった。

### 8. 杭頭の荷重~沈下量関係の解析

杭先端載荷試験法では直接得られない杭頭の荷重  $P_o$  ~ 沈下量  $S_o$  関係を、試験で得られた  $P_p \sim S_p$  関係や  $f_i \sim U_i$  関係、 $f_i \sim S_i$  関係から荷重伝達法を用いて解析した。図5はこの解析による  $P_o \sim S_o$  関係と、 $P_p \sim S_p$  関係の近似曲線、根切り部以深の  $f_i \sim U_i$  関係、 $f_i \sim S_i$  関係の近似曲線を合成した  $P_f \sim S_o$  関係を示す。第2限界荷重 ( $S_p = 160\text{mm}$  時の支持力) は約  $2,370\text{tf}$  (長期許容支持力  $789.8\text{tf}$ ) となること、設計支持力 ( $P_o = 330\text{tf}$ ) 時の  $S_o$  は  $1.27\text{mm}$  と非常に小さいこと等が分かる。

### 9. 結語

支持層が非常に深い地盤で不経済な設計を避けるために採用した場所打ち杭に対して、杭先端載荷試験を行った結果、支持力も沈下量も十分安全であって設計は妥当であったことが確かめられた。最後に本試験の実施にあたりご指導・ご協力を頂いた(株)大林組技術研究所茶谷文雄室長はじめ現場JV関係諸氏に厚く感謝致します。

参考文献 1) 渋谷、小椋ほか：関東郵政局等庁舎新築工事における大口径場所打ち杭の先端載荷試験(その1:試験の計画と結果)、(その2:試験結果の検討)、第32回地盤工学研究発表会(熊本)、pp. 1431~1434、1997.7

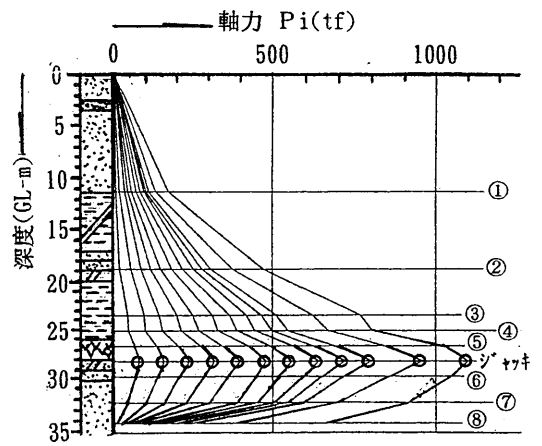


図3 軸力分布図

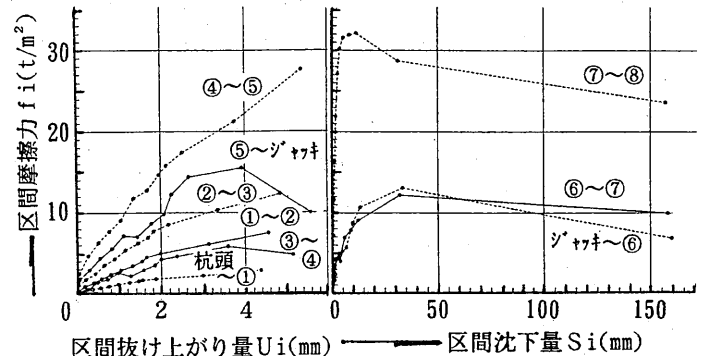


図4 (a)  $f_i \sim U_i$  関係 図4 (b)  $f_i \sim S_i$  関係

表1 区間摩擦力  $f_i$  の計算値と測定値の比較

区間	深度 (GL-m)	土質種類	平均 N 値	$f_i$ ( $\text{t/m}^2$ )		比
				計算値	測定値	
杭頭~①	0.0~11.5	細砂	16.0	5.3	2.8 <sup>+</sup>	0.5 <sup>+</sup>
①~②	11.5~19.0	シルト、細砂	12.5	4.5	7.5 <sup>+</sup>	1.7 <sup>+</sup>
②~⑤	19.0~26.5	シルト	8.7	4.3	13.9	3.2
⑤~⑥	26.5~29.5	腐植土、シルト	30.0	14.5	14.2	1.0
⑥~⑧	29.5~34.0	細砂	19.0	6.6	19.4	2.9

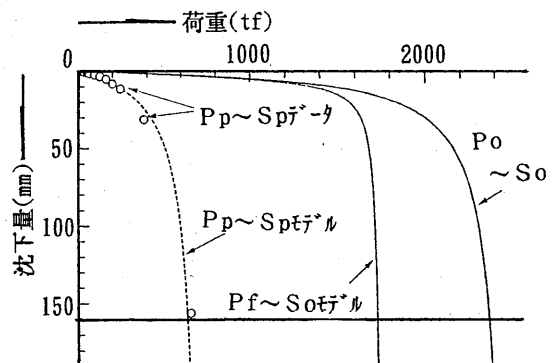


図5 解析による  $P_o \sim S_o$  関係

\*1 (株)久米設計 構造設計部

Structural Engineering Dept., KUME SEKKEI Co., Ltd.

\*2 (株)ジオトップ 技術部・工博

Technology Division, GEOTOP Corporation, Dr. Eng.