

OAP(大阪アメニティパーク)計画における杭の支持力実験  
(その4:先端抵抗と摩擦抵抗の検討)

正会員○岸田英明\*1 同 桑原文夫\*2  
同 鈴木俊雄\*3 同 川村 浩 \*3  
同 小椋仁志\*4 須見光二\*5

1. 序

本論文では、同名論文(その2)で述べた鉛直載荷試験および引抜き試験の結果と(その3)で述べた簡易載荷試験の結果とを比較することによって、試験杭の先端抵抗と摩擦抵抗について検討を加える。なお、本論文では以下、通常の鉛直載荷試験を「鉛直」、引抜き試験Aを「引抜きA」、同Bを「引抜きB」、簡易載荷試験Aを「簡易A」、同Bを「簡易B」と略称する。

2. 先端抵抗の考察

**荷重～沈下量関係** 図1は、「鉛直」と「簡易A,B」で得られた先端荷重度 $q_p (= P_p / A_p)$ ～先端沈下量杭径比 $S_p / D_p$ 関係の比較図である。「簡易A,B」の先端面積 $A_p$ や先端杭径 $D_p$ は、ジャッキ下面の直径や面積の値ではなく、杭体の値( $D_p = 1.2m, A_p = 1.13m^2$ )を用いて整理している。この図から、3つの試験でほぼ同じ荷重～沈下量関係が得られていることが分かる。

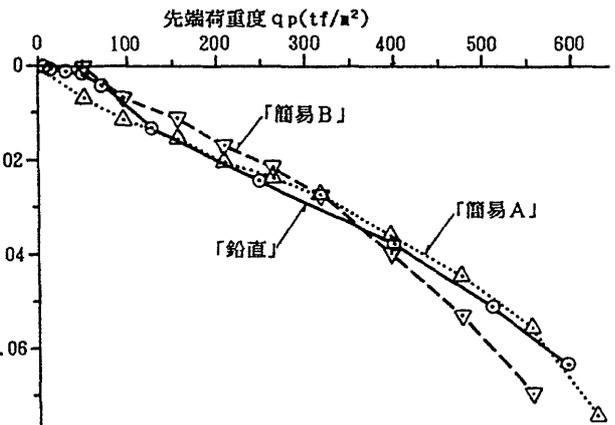


図1 杭先端の荷重～沈下量関係

今回行った簡易載荷試験では、大きな荷重(2,000 tf)を加えた鉛直載荷試験と同等の先端抵抗が、はる

かに少ない費用や準備時間で得られたことになる。また、 $P_p$ の値は、鉛直載荷試験ではひずみ計の測定値から杭体の圧縮剛性を用いて計算されるが、その信頼性は低い。これに対して、簡易載荷試験ではジャッキに加えた液圧から直接求める。したがって、 $P_p$ の値の信頼性は、簡易載荷試験の方が高いものと考えられる。

**先端荷重度の極限值**  $q_p \sim S_p / D_p$ 関係を外挿して $S_p / D_p = 0.1$ 時の荷重度を求め、これを先端荷重度の極限值 $q_{pu}$ として表1(a)に示す。「簡易A,B」の $q_{pu}$ は「鉛直」より小さい値となっている。これは、「鉛直」の $P_p$ の値は、ひずみ計と杭体の圧縮剛性から求めているため前述のように信頼性が低いこと、ひずみ計の位置がGL-37mであるため先端部分の摩擦力も含まれたものであること、簡易載荷試験ではジャッキ直上の杭体が上方に動くため先端面付近の応力分布が変わり<sup>1)</sup>上載圧が減少していると推測されることなどによるものであろう。このように、簡易載荷試験で得られる極限先端支持力値は、安全側の値となるものと考えられる。

表1(a)には、 $q_{pu}$ と先端N値との比 $q_{pu} / N$ およびその統計値<sup>2)</sup>も併記した。いずれの試験の値も(平均-1×標準偏差)とほぼ等しくなっており、今回の試

験杭の先端支持力は、平均値より小さいもののばらつきの範囲内に入っているものと判断される。したがって、GL-37mから続く砂層を支持地盤としても問題はないものと判断される。

**先端バネ定数** 先端地盤の剛性を検討するために、単位面積当たりのバネ定数Kを考える。ここでは、Kとして図1の原点と $q_{pu} / 3$ 間の直線の勾配を採用し、表1(b)にその計算結果を示す。表にはK/Nの値とその統計値<sup>2)</sup>も併記している。K/Nの値は、統計の平均値よりも{(1.5~2)×標準偏差}ほど小さくなってお

表1(a)  $q_{pu}$ と $q_{pu} / N$ の値

表1(b) KとK/Nの値

試験名	$q_{pu}$ (tf/m <sup>2</sup> )	$q_{pu} / N$					K (kgf/cm <sup>2</sup> )	K/N				
		No	N	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	No		N	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>		
鉛直	770	15.4	12.2	8.8	9.0	8.6	0.17	0.14	0.10	0.10		
簡易A	685	13.7	10.8	7.8	8.0	8.9	0.18	0.14	0.10	0.11		
簡易B	680	13.6	10.7	7.7	7.9	10.2	0.21	0.16	0.12	0.12		
統計値 <sup>1)</sup>	平均	—	15.4	12.1	11.7	—	—	0.30	0.23	0.22		
	標準偏差	—	5.1	3.7	3.1	—	—	0.11	0.07	0.06		

先端N値(★-リングNo.2のゲージによる)の算定方法

No: 杭先端より下へ1D～上へ1D間のN値の平均(N≦60, No≦50)

N: 杭先端より下へ1D～上へ4D間のN値の平均(N≦100)

N<sub>1</sub>: 杭先端より下へ1D間のN値の平均(N≦100)

N<sub>2</sub>: 杭先端より下へ1D～上へ1D間のN値の平均(N≦100)

り、先端地盤の剛性は平均よりもかなり小さいことが分かる。これは、試験杭の先端地盤が細砂層であるのに対し、統計に用いられたデータは砂礫層が多いためであろう。

### 3. 摩擦抵抗の考察

**摩擦応力の最大値** 表2は、GL-18~37m間を3層に分け、各試験で得られた各層での摩擦応力の最大値  $f_{max}$  を示したものである。「引抜きA, B」と「簡易A, B」では摩擦が極限状態に達していないのに加え、「引抜きA, B」ではコンクリートのクラックによって荷重が大きくなってからの軸力が得られていないため、GL-18m~25.5mの層を除いて「鉛直」の  $f_{max}$  が卓越している。 $f_{max}$  はGL-25.5m

表2 摩擦応力の最大値  $f_{max}$  (tf/m<sup>2</sup>)

試験名	杭体の応力	摩擦力の方向	深度 (GL-m)		
			18.0 ~25.5	25.5 ~31.5	31.5 ~37.0
鉛直	圧縮	上向	4.4	24.2*	14.2
引抜きA	引張	下向	2.2*	9.4*	3.3*
引抜きB			4.1*	6.8*	7.2*
簡易A	圧縮	下向	4.5*	9.4	11.6*
簡易B			2.9*	6.0*	11.2*
土質			粘性土	砂質土	粘性土
平均 N 値			—	34.8	—
qu (tf/m <sup>2</sup> )			17.4	—	42.3
計算値 (tf/m <sup>2</sup> )			8.0	11.6	8.0

計算値は  $N/3$ ,  $qu/2$  (ただし、 $qu \leq 18tf/m^2$ ) による値。 $f_{max}$  の右肩の\*は、極限值に至っていないデータを表す。

以深では計算値 ( $N/3$ ,  $qu/2$ ) の約2倍の値となっているが、18m~25.5mの粘土層では6割程度の値となっている。これは、過圧密粘土の摩擦抵抗には過圧密比OCRを考慮する必要がある<sup>3)</sup> ため、 $f = qu / (2 \cdot \sqrt{OCR})$  として計算すると  $f = 5.3tf/m^2$  となって、 $f_{max}$  に近い値となる。

#### 摩擦応力の分布

図2(a)、(b)に摩擦応力  $f$  の分布の比較図を示す。(a)はGL-0~37m間の摩擦抵抗  $Pf$  が300tfの場合、(b)は600tfの場合である。これらの図から以下のことが指摘できる。①  $Pf = 300tf$  の

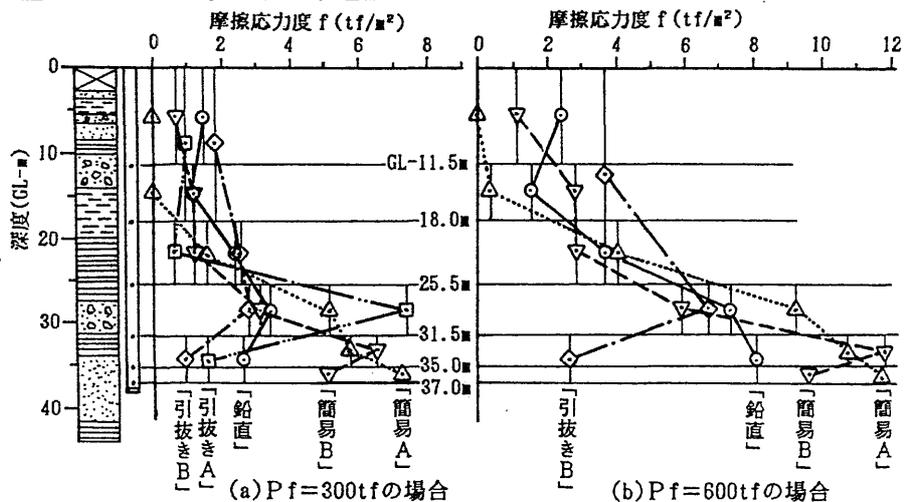


図2 摩擦応力分布の比較図

場合、「鉛直」や「引抜きA, B」ではGL-25.5m~31.5m間の  $f$  が最も大きい。簡易荷重試験は先端部から荷重するため深い層ほど  $f$  が大きい。②  $Pf = 600tf$  の場合は「鉛直」と「簡易A, B」はよく似た分布になっている。

③以上より、荷重が小さい間は、簡易荷重試験では鉛直荷重試験と異なり先端部のジャッキに近い所から順次摩擦抵抗が発揮されるが、荷重が大きくなると両者の摩擦応力の分布は同様な状態になるものと考えられる。

簡易荷重試験は、通常の鉛直荷重試験より簡単に行えることや、引抜き試験で見られたようなコンクリートのクラックが生じないなど、杭の摩擦抵抗の試験としての利点も多い。しかし、簡易荷重試験における摩擦抵抗の状況は、表2のように鉛直荷重試験や引抜き試験と異なっており、得られたデータの評価に問題が残る。今回の実験では、極限摩擦力は得られなかったものの、摩擦応力の分布や抜け上がり量などは得られており、今後も同様な実験を積み重ねて、簡易荷重試験による摩擦抵抗の妥当性や適用性について検討する必要がある。

### 4. 結語

本論文では、今回の実験で得られた先端抵抗と摩擦抵抗について考察を加え、試験杭の支持地盤とした砂層の性能や摩擦応力の特性を検討した。その結果、今回の実験の支持地盤としたGL-37mから42mの砂層は、剛性は小さいものの、OAP計画に用いる杭の支持地盤として十分な支持力性能を持っていることが確認できた。また、摩擦抵抗についても、計算値よりも大きな値が期待できることなどが分かった。

**謝辞** この実験で、実験場所を提供して頂いた上、実験に際して多大のご配慮を頂いた三菱マテリアル株式会社と、試験杭の施工にご協力を頂いた大手開発株式会社と東洋テクノ株式会社とに厚く御礼申し上げます。

**参考文献** 1)小椋仁志、小寺浩二、椿原康則、岸田英明：杭の簡易荷重試験法の基礎的検討、杭の鉛直荷重試験方法および支持力判定法に関するシンポジウム、pp.1~6、土質工学会、平成3年9月

2)山肩邦男、伊藤淳志、山田毅、田中健：場所打ちコンクリート杭の極限先端荷重~先端沈下量特性に関する統計的研究、日本建築学会構造系論文報告集、第423号、1991年5月

3)Ladd, C.C. et al.: Stress-Deformation and Strength Characteristics, Proc. 9th ICSMFE, Vol.2, pp.421~494, 1977

\*1 東京工業大学教授・工博 \*2 日本工業大学教授・工博

\*3 三菱地所(株)第三建築部 \*4 (株)ジオトップ営業本部・工博 \*5 同技術本部