

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5:鉛直載荷試験の杭および周辺地盤の沈下解析)

正会員○椿原康則<sup>1</sup> 同 岸田英明<sup>2</sup>  
同 鈴木俊雄<sup>3</sup> 同 川村 浩<sup>3</sup>  
同 小椋仁志<sup>4</sup>

1. 序

本論文では、同名論文(その2)で述べた鉛直載荷試験に関して行った、杭および周辺地盤の沈下解析について述べる。

2. 解析の概要

解析法として用いた荷重伝達法の計算では、杭(弾性変形を考慮)を鉛直方向に分割し、各杭要素を支持する周面または先端の土を非線形のバネに置き換える。ここで、周面の摩擦バネは、摩擦応力と周辺土層の単純せん断変形量および周面での滑り量との関係として求め、先端バネには、同名論文(その3)で述べた簡易載荷試験Aで得られた $P_p \sim S_p$ 関係(双曲線で近似)を用いた。計算の便宜上、図1の様に地盤を層区分し、各層で杭周面の摩擦強度および土の定数を同一とした。杭周面での滑り面の発生を考慮している。なお、摩擦バネの算定法の詳細については、文献1)を参照されたい。

**摩擦バネのモデル化** 摩擦強度までは杭周面で滑らず、それ以降は摩擦応力一定で周辺土層の変形は止まったまま滑りのみ進行する。

**摩擦強度( $\tau_{0max}$ )** 各杭要素ごとに、単純せん断型試験機を使用した室内試験により求める<sup>2)</sup>。土~土間で滑る場合は土のせん断試験、杭~土間で滑る場合は摩擦試験で求める。今回は不攪乱試料が得られた粘性土試料のみに対して試験を行った。土試料に加える垂直応力は、 $\sigma_n = K_0 \cdot \sigma_v'$ とし、 $K_0 = 0.5, 0.5\sqrt{OCR}$ の2通りで行った。摩擦試験で使用する杭材(モルタルで代用)の表面は、場所打ち杭であることを考慮してかなり粗く(50 $\mu$ mRmax, L0.2mm)した。載荷速度は、現場杭の平均載荷速度(200tf/60min)を杭周面積で除した値に近い値(0.1kgf/cm<sup>2</sup>/hour)とした。砂質土層Dは実測値(同名論文(その2)の図3参照)を用い、F層はD層と等しいと仮定した。表1に、各地盤での値を示す。

**周辺土層のせん断変形量** 土の非線形性(Gの $\gamma$ 依存性)を考慮するため、図2の様に土層を杭軸を中心とした同心円筒状に分割し、各要素ごとで $\gamma$ を評価する。

**土の定数**  $\tau \sim \gamma$ 関係は、双曲線( $\tau = \gamma / (a + b \cdot \gamma)$ )とし、定数として初期せん断剛性率 $G_0 (= 1/a)$ およびせん断強度 $\tau_r (= 1/b)$ を与える。砂質土層では $\tau_r = \tau_{0max}$ とした。 $G_0$ は、粘性土層では $G_0 = 500C_u$ ( $C_u = q_u/2$ )、砂質土層では $G_0 = 130 \cdot N^{0.75}$ と仮定した。表1に、各土層の値を示す。

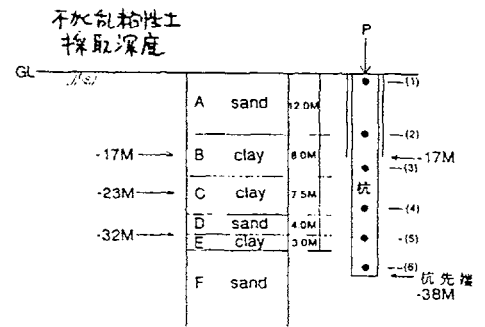


図1 地盤の層区分

土層	$q_u$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	N値	$G_0$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\tau_r$ (kgf/cm <sup>2</sup> )		$\tau_{max}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )			
				$\tau_r = 0.5$	$\tau_r = 0.5\sqrt{OCR}$	$\tau = 0.5$	$\tau = 0.5\sqrt{OCR}$	土~土	杭~土
B: 粘性土	1.918	—	155	0.91	0.76	0.92	0.42	0.76	0.71
C: 粘性土	1.740	—	135	2.69	1.02	0.69	0.39	1.02	0.92
D: 砂質土	—	35	1370	2.19	—	—	—	—	2.19
E: 粘性土	1.230	—	1040	0.95	1.64	0.95	0.51	1.64	1.50
F: 砂質土	—	30	1245	2.19	—	—	—	—	2.19

表1 各土層の定数

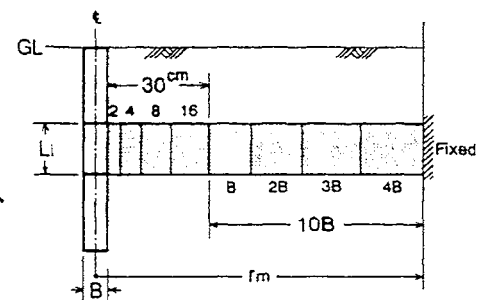


図2 土層の分割方法

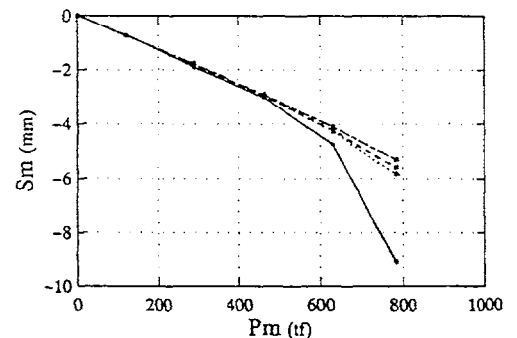


図3 Pm ~ Sm 関係

#### 4. 試験項目および計器の取付け

載荷試験における測定項目を表-1に示す。また、計器の取付け位置を図-2に示す。試験杭周辺の地盤については、地表面の鉛直変位とボーリング孔を用いた挿入式傾斜計（杭表面より30cm離れ）により水平変位を測った。

表-1 試験項目表

測定項目	測定方法	測定点数
杭頭荷重（反力桁の $P$ ）	圧力計	1
杭先端荷重（先端 $P$ ）	圧力計	1
杭頭鉛直変位量	変位計	4
$P$ 上面の鉛直変位量	沈下 $N$ + 変位計	2
先端沈下量（内管の沈下量）	変位計	1
杭直下の地盤の鉛直変位量	沈下 $N$ + 変位計	1
杭頭の水平変位量	変位計	2
地表面の鉛直変位量	変位計	2通り×4点 2通り×1点
反力 $P$ の抜け上がり量	変位計	16本×1点
ひずり量（軸力）	ひずり計（鉄筋計）	6断面×4通り

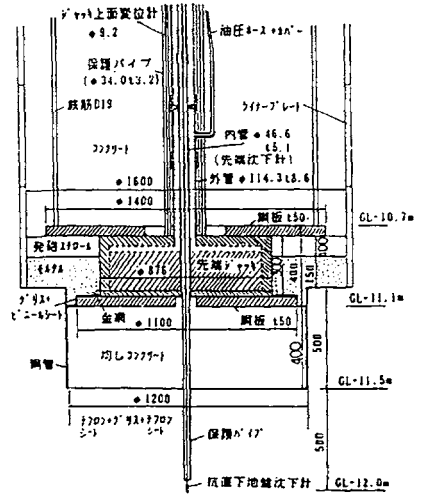


図-3 試験杭先端部拡大図

#### 5. 載荷試験の結果

##### 5.1 杭先端の荷重と沈下

杭先端部における荷重-沈下量-時間曲線総合図を図-4に示す。荷重と沈下の関係や残留沈下量は、なめらかな曲線を示している。第5サイクルにおいて沈下量が杭径の約10% (125mm) に達した時点（荷重保持時間90分）で試験を終了した。その時の荷重は $Q_p = 900\text{tf}$  ( $796\text{tf}/\text{m}^2$ )であった。Log $Q_p \sim \text{Log} S_{pv}$  曲線で $S_{pv} = 630\text{tf}$ 、 $S_p - \text{Log} t$  曲線では $S_{pv} = 700\text{tf}$ で凸になり、 $\Delta S_p / \Delta \text{Log} t - Q_p$  曲線では通常の載荷試験のような明確な折れ点は見られなかった。即ち、最大荷重に至るまで明確な降伏点は見られなかったといえる。

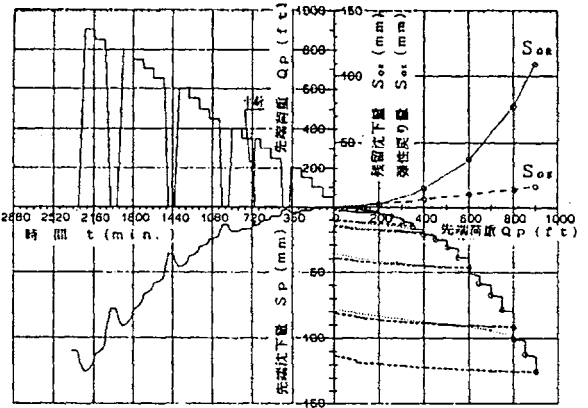


図-4 荷重-沈下量-時間曲線総合図

##### 5.2 杭体の軸力

杭体内に発生する軸力分布を求めるために、6つの断面に鉄筋計を4点ずつ配置し、ひずみの計測値から軸力を算出した（図-5）。杭体のヤング率は、試験終了後コアボーリングを行い深度方向の変化を考慮して算出した。軸力は、おおむね良好な値となっているが、⑥断面の値はジャッキ荷重の70%程度しか発生していなかった。これは先端ジャッキの直径が、杭本体の径より小さいためジャッキ上面付近ではジャッキ直上の部分に荷重が集中し、外側部分に十分伝達されなかったものと考えられる。

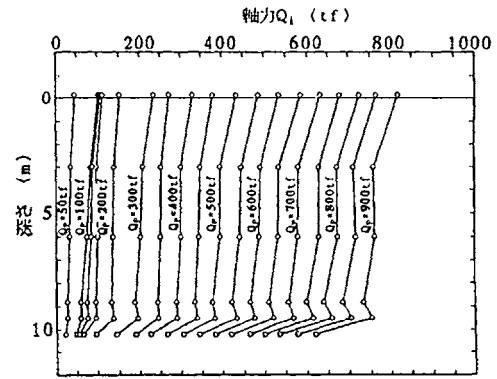


図-5 試験杭の軸力分布図

##### 5.3 地中水平変位量

挿入式傾斜計により水平変位を測定した結果、杭先端付近の水平変位は、 $Q_p = 400\text{tf}$ を越える付近とともに急激に大きくなっており、 $Q_p = 900\text{tf}$ 時で約8.4mm (GL-12m) になっている。深さ方向の分布は、杭先端のGL-11.5mから急増し、GL-12.5mからGL-15mにかけて急激に減少している。地盤の側方移動に関する深さ方向の影響範囲は、杭先端から杭径の約3倍と考えられる。

#### 6. まとめ

今回の載荷試験の結果、極限支持力は $796\text{tf}/\text{m}^2$ 以上あり、武蔵野段丘礫層に支持された深礎杭の先端支持力は、十分大きいことが分かった。この研究は、日本建築センター内に設置された「深礎杭の鉛直支持力に関する研究委員会」（委員長：岸田英明 東京工業大学教授）の指導のもとに行われたものである。御指導を頂いた委員会各位に対し心から謝意を表す次第です。