

大口径鋼管埋込み杭の先端支持力特性について

関西大学 山 肩 邦 男 大阪市住宅供給公社 生 田 喜 一 郎 平田建築構造研究所 平 田 定 男
 ㈱武智工務所 藪 内 貞 男 平尾幸太郎 ○小 椋 仁 志

1. はじめに 杭先端部における支持力特性は、地盤沈下地帯において、支持杭に負の摩擦力が作用する場合には、より以上に重要度が高まってくる。特に大口径鋼管杭（開端）の支持地盤への設置方法が先端支持力に及ぼす影響が大きい。

本報告は、中掘りセメントミルク工法による大口径鋼管埋込み杭（φ900mm）の先端部の支持力特性を調査する目的で、鉛直載荷試験を実施した結果に関するものである。また同一支持地盤において、埋込み工法（アースオーガによるプレボーリング工法）により設置した鋼管杭（φ500mm：閉端）によって深層載荷試験を行なったので、この結果との比較検討をも加えておいた。

2. 実験概要 実験場所は大阪南港ポートタウンの第3住区内である。図-1には、試験杭から約5mの位置におけるボーリング土質柱状図、N値の分布および杭の姿図を示した。試験杭にはGL-4 3.50m～-4 8.90m（層厚5.40m）の洪積第1砂れき層（天満砂れき層）を支持層とし、この層に杭先端を1.0m根入れすることとした。

試験杭の諸元と実験および調査項目を表-1および図-2に示す。試験杭には、図-1に示す各断面の対称位置に4点（計4点）のひずみ計を設置し、ひずみ計保護用のチャンネル〔C-150×75×6.5×10〕を杭体に溶接した。杭先端部と中間部には沈下測定棒を設けた。杭先端部の閉塞リングとは、杭とセメントミルクとの付着をよくするために鋼管杭先端の管内部

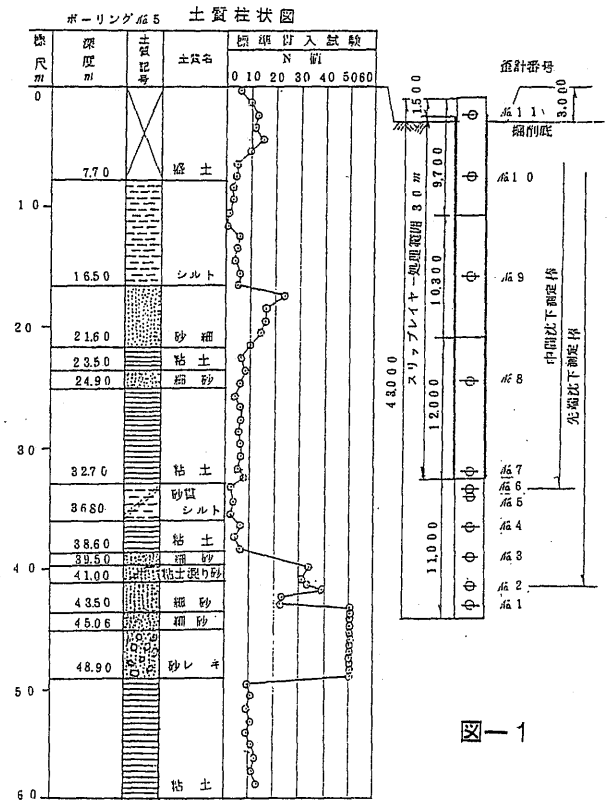


図-1

表-1

杭の諸元				杭先端形状等	実験および調査項目	打設日からの経過日数
杭種	杭径 (mm)	肉厚 (mm)	杭長 (mm)			
鋼管杭	φ900	14	43	○先端開放型 ○閉塞リング H 100mm×19mm H 75mm×16mm 2段重ね 4ヶ所	○鉛直載荷試験 先端沈下量, 中間沈下量 杭体応力分布 ○管内部のソイルコンクリートのコア調査	○鉛直載荷試験 21日 ○管内部コア採取 14日
		22				

CHARACTERISTICS OF END BEARING CAPACITY OF LARGE-DIAMETER BORED STEEL PIPE PILES

Kunio Yamagata, Kansai University; Kiichiro Ikuta, Osaka Municipal Housing Corporation; Sadao Hirata, Hirata Structural Engineers; Sadao Yabuuchi, Kotaro Hirao & Hitoshi Ogura, Takechi Engineering Co., Ltd.

に取り付けたものである。なお試験杭には、埋立層および粘土層の摩擦抵抗を低減するため、杭先端より1.5 m上りの点以上にスリップレイヤー（Bグレード、厚さ6 mm）を塗布した。

3. 試験杭の施工法の概要
 試験杭の施工法は、中掘り式セメントミルク注入工法に属するT A I P工法によった。施工法および施工順序については文献¹⁾に示す通りである。この工法の特徴は、特殊オーガヘッド付きシャフトを杭中空部に挿入し、杭体とオーガを同時回転させ、オーガによる掘削力と注水による掘削土砂のリフティングを利用して掘進すること、杭先端部の根固め材としてセメントミルクを注入することなどに由来する。

施工結果を表-2に示す。管内のソイルコンクリートについては、施工後2週間の養生期間をおいて、コアの採取を行なった。施工後22日目に行なった圧縮試験の結果によると、圧縮強度 F_c および弾性係数 E_c の平均値はそれぞれ $\bar{F}_c = 145 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\bar{E}_c = 5.23 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ であった。

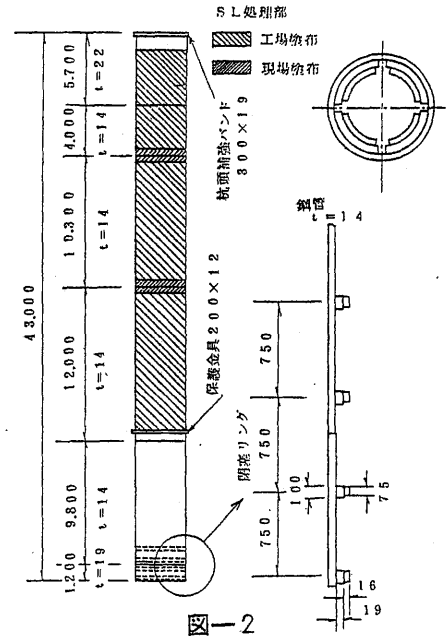


図-2

表-2

4. 鉛直載荷試験
 試験杭に対して反力杭12本を配置し、架構と試験杭との間に電動油圧ジャッキ600 tfを2台挿入した。載荷試験は、定荷重時間方式による4サイクルで行ない、荷重階は120 tfきざみ、最大計画荷重は960 tfとした。処女荷重階の荷重保持時間は、スリップレイヤー効果を考慮して720分とし、零荷重階は60分と定めた。主な計測項目は、杭頭部・中間部および先端部の沈下量ならびに杭体のひずみ量である。

施 工 結 果		管内ソイルコンクリートのコア 調査結果		
支持層への根入長(m)	支持力 発現法	深 さ (m)	E_c ($\times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$)	F_c (kgf/cm^2)
1.0	先端グラウト ○ 注入材 セメントミルク W/C=55% ○ 注入量7.0 m ³ ○ 先端掘削径 ○ 950 mm ○ 先端球根長 1.0 m ○ ソイルコンクリートの管内充填長 2.2 m	2.0		
		2.5	3.93	98
		3.0	4.49	124
		3.5	5.96	178
		4.0	3.57	67
		4.5	5.99	103
		4.5	5.77	226

5. 鉛直載荷試験の結果および考察

5-1. 鉛直載荷試験の結果

図-3および図-4に杭頭荷重～杭頭部中間部および先端部の沈下量関係図を示す。杭頭における荷重～沈下量曲線より降伏荷重および極限荷重を判定した結果を表-3に示した。ただし最大載荷重960 tfにおいても極限荷重に達していないため、Van Der Veenの方法によって極限荷重を推定した。これらから降伏荷重との比率は $P_{ou} = 1.64 P_{oy}$ となり、T A I P杭に

表-3

降 伏 荷 重 P_{oy} (tf)				極 限 荷 重 P_{ou} (tf)	P_{ou}/P_{oy}	許 容 支 持 力 P_{oa} (tf)
$\log P_o \sim \log S_o$ 法	$S_o \sim \log t$ 法	$\Delta S_o / \Delta \log t \sim P_o$ 法	判 定 値			
680	600~720	627~667	680	1,120	1.64	340

おける平均的な値²⁾と一致している。

図-5に軸力分布図を示す。ただし、実線は鋼管のひずみ計測値から求めた鋼管のみの軸力計算値である。管内に固結したソイルコンクリートの存在する断面においては、ソイルコンクリート断面部の軸力の分担を考慮する必要がある。したがって、鋼管とソイルコンクリートの間の付着が十分であり、ソイルコンクリートが鋼管と平面保持的に軸力を分担すると仮定する。ソイルコンクリートのコア-供試体の $\sigma \sim \epsilon$ 曲線による E_c を用いてソイルコンクリート部の軸力を求め、鋼管杭の軸力に加算したのが同図の破線である。しかし図-6の拡大説明図に示すように、ソイルコンクリートを含めた想定軸力(破線)はA点の軸力を越えることはありえないので、軸力の存在する上限はABC折線のごとくである。したがって、実際の軸力はABC折線とAD曲線を上下限とする間にあるとみるべきであろう。管内のコア-調査の結果および荷重~沈下量曲線などから判断して、先端球根部の信頼性が高く、かつ先端内部での鋼管とソイルコンクリートとの一体性が高いと判断されるので、実際の軸力はAC曲線あたりに来るものと想定される。したがってC点の軸力を先端抵抗 P_p として、図-7に $P_p \sim S_p$ 曲線を、また図-8に $\log P_p \sim \log S_p$ 図をそれぞれ示した。 $\log P_p \sim \log S_p$ 図より先端支持力の降伏値は、520 tfと判定される。また曲線形状およびVan Der Veenの方法から判定した極限支持力(同

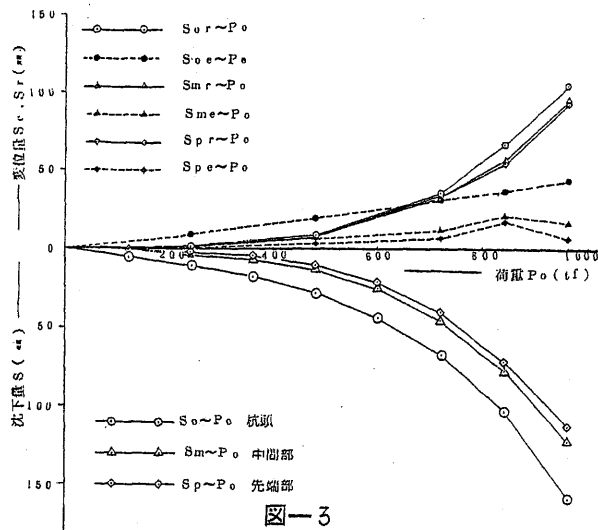


図-3

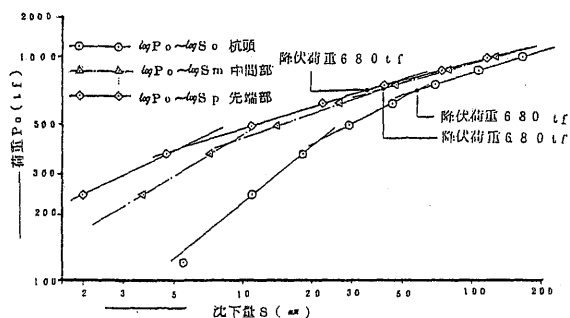


図-4 . $\log P_o \sim \log S$ 曲線

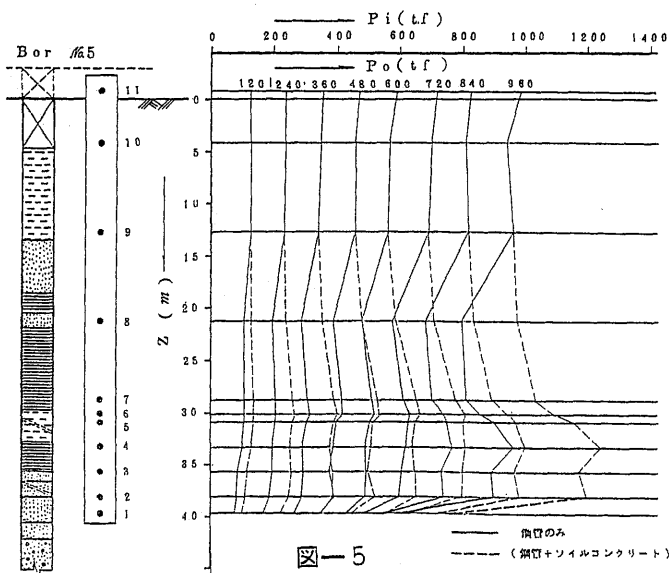


図-5

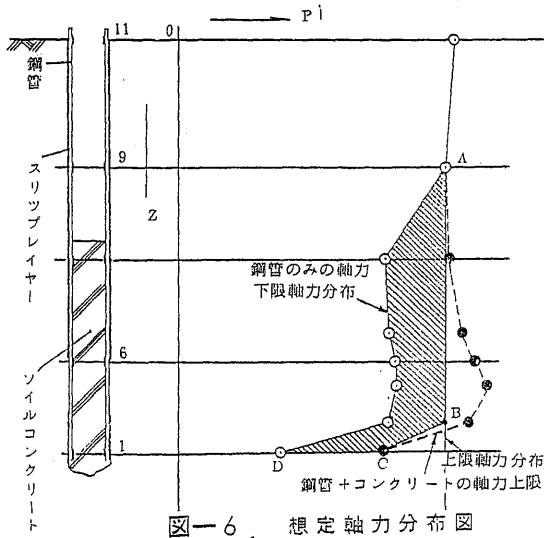


図-6 . 想定軸力分布図

支持力度)は720 tf (1226 tf/m²)と推定される。したがって、杭先端許容支持力 Ppa (同支持力度)は260 tf (409 tf/m²)となる。また Ppa = $\frac{1}{3} \alpha \bar{N} A_p$ とし、 α を逆算した結果では $\alpha = 29.0$ となった。ただし \bar{N} は杭先端より上方へ4Dおよび下方へ1D間の平均N値 ($N \leq 50$)であって、 $\bar{N} = 42.2$ となる。

5-2. 鉛直載荷試験結果と深層載荷試験結果の荷重～沈下性状についての比較検討

図9に示すように、埋込み工法(アースオーガーによるプレボーリング工法)により同一支持層に設置した鋼管杭の先端に $\phi 250$ mmの載荷板を取り付け、油圧ジャッキ(200 tf、ストローク300 mm)によって、深層載荷試験を行なった。その結果と大口径杭の鉛直載荷試験結果との荷重度～沈下曲線を比較したのが図10である。深層載荷試験の結果は大口径杭に比べて、降伏荷重度では9.5%に低下しており、また同一荷重度における沈下量は3～10倍以上の大きな値を示した。この相違は、寸法効果ならびに杭の設置方法の相違によるものと推察される。

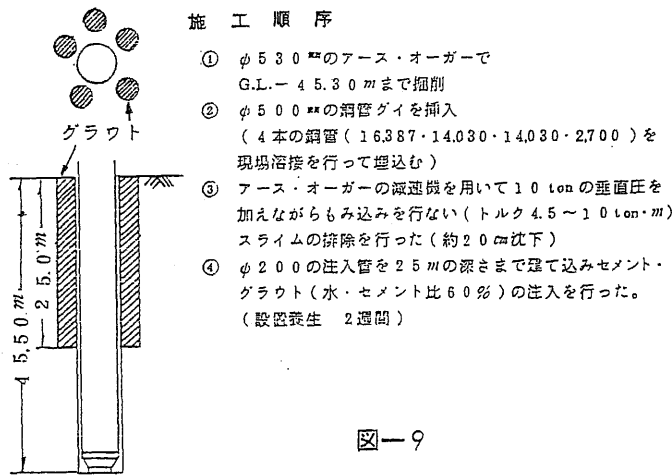


図-9

6. 結語

埋込み杭でも施工法により支持力特性が異なることが予想される。本実験では鋼管杭先端の閉塞性が確認され、かつかなりの先端支持力度を得ることができた。本工法による場合、掘削する工程と杭を挿入する工程とが同時に進行するので、掘削孔底へのスライム沈積などの欠陥がなかったことなどが、先端支持力度を高めたものと考えられる。

(参考文献)

- 1) 鋼管杭の騒音振動低減工法 鋼管杭協会
- 2) 吉塚他：永井「埋込みガイの許容支持力提案式に対する一試算」(TAIPの場合)第12回土質工学研究発表会

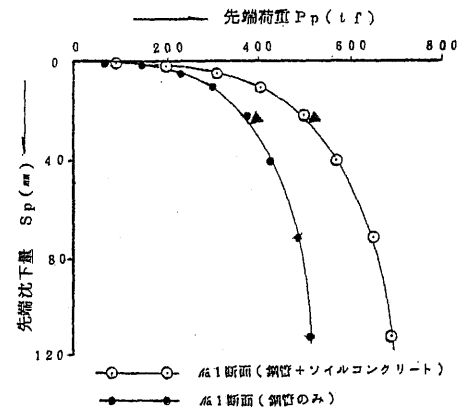


図-7. Pp～Sp曲線

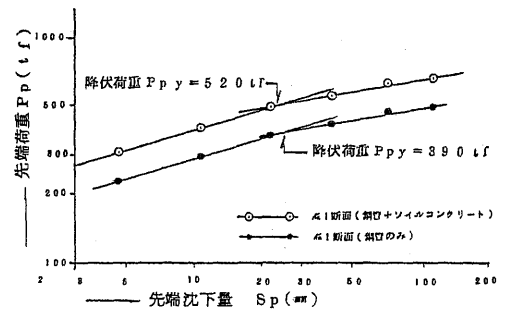


図-8. log Pp～log Sp図

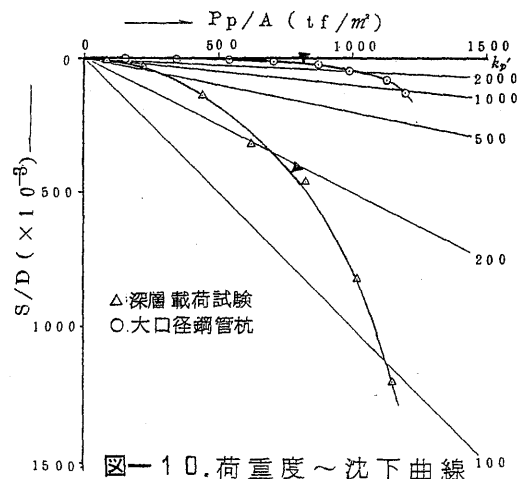


図-10. 荷重度～沈下曲線