

砂中のテーパ-杭の周面摩擦抵抗

大阪土質試験所 (正) 平山 英喜
 武智工務所 (正) 藪内 貞男
 武智工務所 (正) 山下 啓明
 武智工務所 (正) 上紺屋 好行

1. まえがき

木杭のようなテーパ-状の杭が、直杭よりも大きな周面摩擦抵抗応力 f を発揮しうることは、表-1 にまとめたように既往の現場およびモデル実験により指摘されてきた^{1)~7)}。この問題に対して、壁面の受動土圧問題をベースに提案された設計法⁸⁾ではテーパ-度3~4%以上では、その効果が限界に至るとされている。

本研究は、「杭形状が鉛直支持特性に及ぼす影響に関する研究」の一環として、テーパ-杭の周面摩擦抵抗のメカニズムを、軸対称問題として明らかにすることを目的としている。その一部として、テーパ-の程度が f の増加にどのように影響するかを調

べるために、テーパ-杭と直杭を加圧モデル実験槽中の同条件の砂に埋込んで鉛直載荷試験を行った。本稿は、その結果と考察について報告するものである。

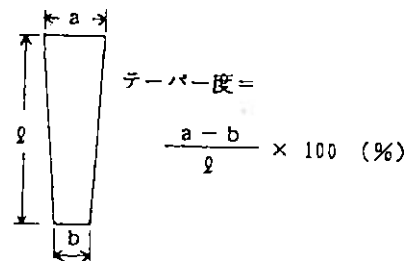





図-1 テーパ-度

表-1 テーパ-杭に関する既往の実験結果

	文献	地盤	杭種	テーパ-度	$\frac{f(\text{テーパ-杭})}{f(\text{直杭})}$
現場打込み杭	Tavenas ¹⁾	均質な中細砂 (N=25)	木杭 コンクリート杭	約 1% 0%	約 1.8倍
	Gregersen et al. ²⁾	均質な非常に緩い砂 (N=1~2)	コンクリート杭	1% 0%	1.36倍
	Blanchet et al. ³⁾	軟弱鋭敏粘土	木杭 コンクリート杭 先端閉塞鋼管杭	約 1% 0% 0%	コンクリート杭の約 2倍 鋼管杭の約 2.7倍
	Gambini ⁴⁾	砂質土 (qc=50~120 kgf/cm ²)	コンクリート杭	1.5% 0%	約 1.5倍
	Broms & Flodin ⁵⁾ (Norwegian Pile Committee の多数の統計的データの紹介)	主として砂質地盤	木杭 コンクリート杭	(約 1%) 0%	1.5~2倍
モデル実験	Robinski & Morrison ⁶⁾	緩い砂 (Dr=17%)	モデル杭 (押込み)	3.3% 0%	約 2.2倍
	Ladanyi & Guichaoua ⁷⁾	凍結砂	モデル杭 (埋込み)	7.3% 0%	約 3倍、ただしテーパ-杭は大きな沈下量での値

"Skin Friction of Tapered Piles in Sand",
 by Hideki HIRAYAMA (Osaka Soil Test Lab.),
 Sadao YABUUCHI, Hiroaki YAMASHITA, Yoshiyuki KAMIKONYA (Takechi Eng. Co.)

表-2 モデル杭および実験地盤

杭の種類		直 杭		テーパ-杭				
実験 No.		S-1	S-2	T5-1	T5-2	T10-1	T10-2	
テーパ-度		0 %		5 %		10 %		
モ デ ル 杭	杭の形状図							
	(長さは全て100cm)							
表面粗さ*1 $R_{max}(\mu m)$		9.0~15.3		4.8~11.6		5.0~20.0		
10点の平均		12.3		7.3		10.7		
地 盤	圧縮前	γ_d (gf/cm ³)	1.511	1.507	1.499	1.494	1.500	1.498
		D_r (%)	78.4	77.5	75.2	73.9	75.5	75.0
	圧縮後*2	γ_d (gf/cm ³)	1.524	1.517	1.513	1.509	1.514	1.513
		D_r (%)	81.8	80.0	79.1	78.0	79.3	79.1

*1 : 基準長さ 2.5mm . *2 : $\sigma_v=1.0\text{kgf/cm}^2$, $\sigma_h=0.5\text{kgf/cm}^2$ で圧縮

2. 実験方法

2. 1 概要

実験土槽・実験に用いた砂・地盤作成法・载荷および計測方法ともに、基本的には文献⁹⁾と同じであるので、詳細はそれを参照されたい。

2. 2 モデル杭

実験に用いたモデル杭は、ステンレススチール製で、長さ100 cm、杭頭径 10 cm、テーパ-度(図-1参照) 0% (直杭)・5%・10%のものである。したがって、10%テーパ-杭は先端がコーン状に尖っており、先端断面積はゼロである。モデル杭の形状を、表-2に示した。なお、木杭(松杭)の一般的なテーパ-度は約1%である。

2. 3 実験土槽・実験に用いた砂⁹⁾

実験土槽は、内径158cm、高さ178cmで、側圧 σ_h 、鉛直圧 σ_v を与えることができる。実験に用いた砂は、気乾状態の珪砂6号(愛知県瀬戸産)である。

2. 4 作成地盤

地盤作成は、多重フルイ法(サンドレイナー)で作成した⁹⁾。その後、 $\sigma_v=1.0\text{kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_h=0.5\text{kgf/cm}^2$ の圧力により圧縮した後、载荷試験を実施し

た。各杭における地盤作成時(圧縮前)および载荷試験前(圧縮後)の地盤の相対密度 D_r を、杭の諸定数とともに表-2に示した。

2. 5 载荷および計測方法

载荷は、杭頭沈下量5 cmごとに除荷を行い、4サイクルで沈下量20 cmまで载荷した⁹⁾。ただし、10%テーパ-杭の2回目の試験(実験No. T10-2)は、周面抵抗増加の限界を調べるため9 cmごとの4サイクルで沈下量36 cmまで载荷した。

载荷中の計測および掘出し中の観察は、文献⁹⁾と同じである。

3. 実験結果と考察

3. 1 実験結果

各载荷試験から得られた周面摩擦抵抗-杭頭沈下量を、荷重-沈下量(Q_F-S)および応力-沈下量($f-S$)で表わしたものを、各々図-2、図-3に示す。図-4に、実験土槽の中心線から29 cm離れた場所で、底面から140 cm、50 cmの位置に埋設した土圧計による载荷実験中の地盤中の水平圧力変化の測定結果を示す。

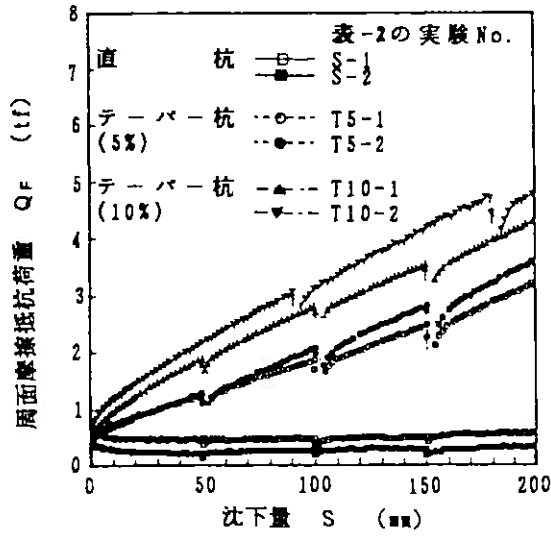
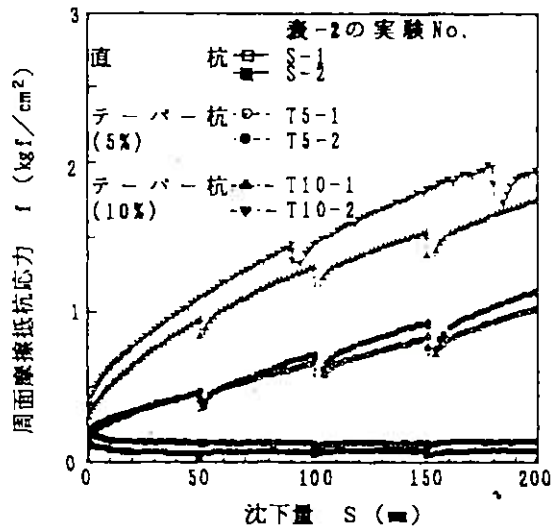
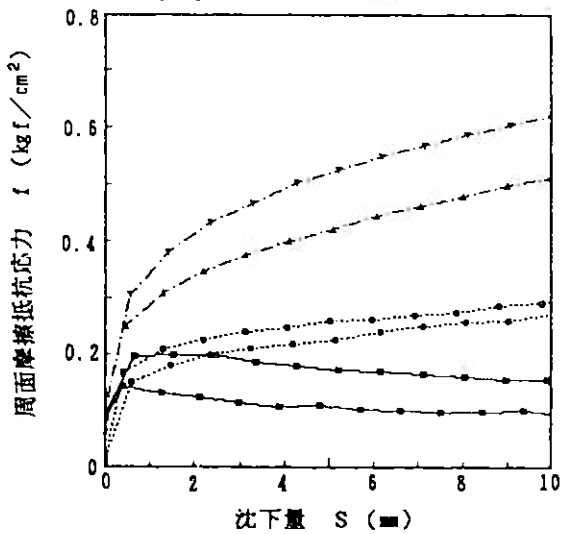


図-2 周面摩擦抵抗荷重-沈下量関係

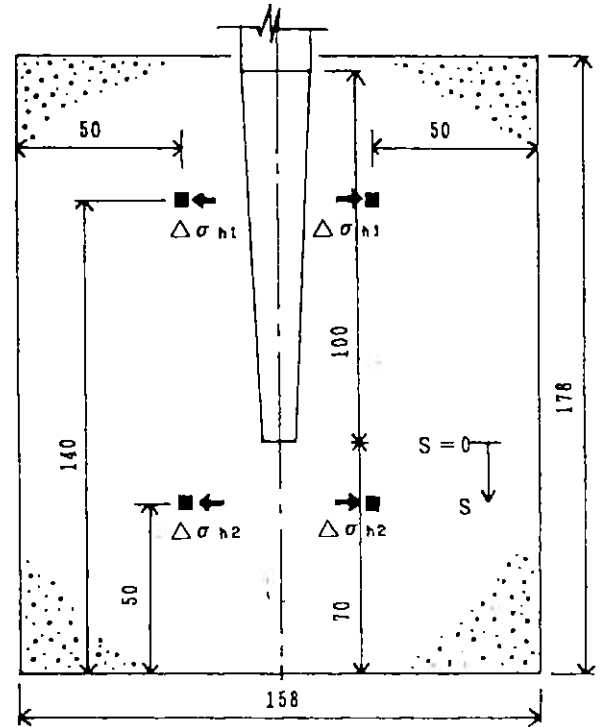


(a) S = 200 mmまで



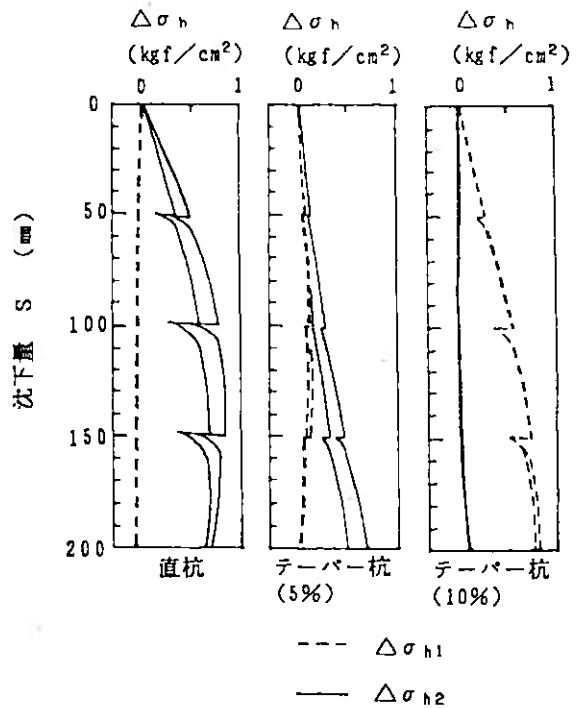
(b) 初期部分の拡大図

図-3 周面摩擦抵抗応力-沈下量関係



■ --- 水平土圧計

(a) 水平土圧計の設置位置 (単位: cm)



(b) 水平土圧増分と沈下量の関係

図-4 杭の載荷試験中の地中水平土圧増分 $\Delta\sigma_h$

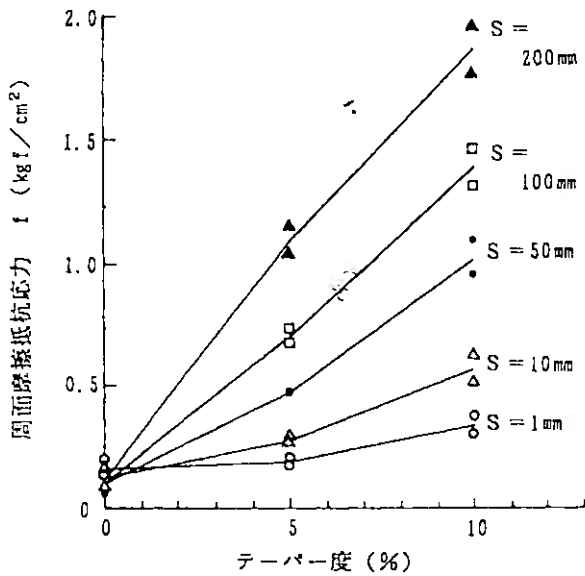


図-5 周面摩擦抵抗応力 - テーパー度関係

3. 2 考察

図-3の結果を、テーパー度を横軸にとり、沈下量をパラメーターとしてまとめたものが図-5である。図-3および図-5から、テーパー度10%、沈下量200mmと非常に広い範囲で、摩擦抵抗応力 f は、テーパー度・沈下量にはほぼ比例して増加することが分かる。沈下量360mmまで載荷した実験No.T10-2において、図-3に示した沈下量以降も増加率は少し低下するものの f は増加を続け、 $S=360\text{mm}$ で $f=2.33\text{ kgf/cm}^2$ となった。

着色砂層の観察から、すべり面は杭周と地盤との境界面で生じていると判断された。これは、表-2に示した表面粗さからも判断できる⁹⁾。

図-4の載荷試験中の地中水平土圧増分 $\Delta\sigma_h$ の結果に見られるように直杭では杭先端下方の $\Delta\sigma_{h2}$ の増分が顕著であるのに対し、テーパー度の増加とともに杭軸側方での $\Delta\sigma_{h1}$ の増加が顕著になっている。テーパー杭は、沈下量とともにある地点の地盤を側方に移動させるので、プレッシャメーター試験(pressuremeter test)とほとんど同じメカニズムで側方土圧が増加するものと見なせる。したがって、ある地盤での周面摩擦抵抗応力-沈下量($f-S$)関係は、プレッシャメーター試験から直接推定でき

ると考えられる。

今後、1%のテーパー杭の試験を追加するとともに、同条件の地盤でのプレッシャメーター試験を行う予定である。

謝辞： 実験に対して、種々のご指導・協力をいただいた勝武智工務所 小椋仁志 博士に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Tavenas, F.A. (1971): "Load tests results on friction piles in sand", Canadian Geotech. Jour., Vol.8, pp.7-22
- 2) Gregersen, O.S. et al. (1973): "Load tests on friction piles in loose sand", Proc. 8th ICSMFE, Vol.2-1, pp.109-117
- 3) Blanchet, R. et al. (1980): "Behaviour of friction piles in soft sensitive clays", Canadian Geotech. Jour., Vol.17, pp.203-224
- 4) Gambini, F. (1985): "Experiences in Italy with centricast concrete piles", Proc. Int. Symp. on Penetrability and Drivability of Piles, Vol.1, JSSMFE, pp.97-100
- 5) Broms, B.B. and Flodin, N. (1988): "History of soil penetration testing", Penetration Testing, ISOPT-1, De Ruiter(ed.), Balkema, pp.157-220
- 6) Robinsky, E.I. and Morrison, C.F. (1964): "Sand displacement and compaction around model friction piles", Canadian Geotech. Jour., Vol.1, pp.81-93
- 7) Ladanyi, B. and Guichaoua, A. (1985): "Bearing capacity and settlement of shaped piles in permafrost", Proc. 11th ICSMFE, Vol.3, pp.1421-1427
- 8) Norlund, R.L. (1963): "Bearing capacity of piles in cohesionless soils", Proc. ASCE, Vol.89, No. SM3, pp.1-35
- 9) 藪内・山下・上紺屋・平山(1991): "砂中の節杭・コルゲート杭のモデル実験", 第26回土質工学研究発表会(投稿中)