

円筒節付群杭の模型実験による基礎的研究(その1)

(株) 武智工務所 藪内貞男 吉塚博史  
 ○ 平尾幸二郎

まえがき

模型による群杭の鉛直支持力試験については、すでに Skempton (1953), Herzli (1957), Meyerhof (1957), 岸田/Meyerhof (1965), Vesic (1968) 等の報告がみられるが、これらはいずれも砂地盤に打込まれた円筒直杭に関するものであり、節付きの杭については今までに報告されていない。そこで本研究では、円型断面をもった節付杭の支持力特性を検討する目的で、模型実験を行った。円筒節付杭及び円筒直杭の模型杭を、単杭及び群杭としてゆるい砂中に打込み鉛直荷重を受けた場合のそれぞれの杭の挙動ならびに支持力を比較検討した結果を以下に報告する。

1. 実験方法

1-1. 材料

- 使用砂; 図1に示すような細砂を使用した。
- 土槽容器;  $\phi 1500 \times 1000 \times 12$  mm の円筒型の土槽を製造した。水による砂の締め固めを採用するため、土槽の底蓋には3ヶ所ヶ所の穴をあけ、その上に砂利を充填して透水性を良くした。底蓋下のケースには4ヶ所に水抜き栓を設けてある。
- 模型杭; 図2に示したように3種の鋼杭を準備した。円筒節付杭は実杭の  $1/10$  の寸法とし、本体径  $\phi 30$  mm, 節部径  $\phi 45$  mm, 長さ  $600$  mm, 重  $876$  g であって節数6ヶからなる。円筒直杭は、円筒節付杭の本体径と同じ径の  $\phi 30$  mm, 長さ  $600$  mm のものと、節部と同じ径をもつ  $\phi 45$  mm, 長さ  $600$  mm の2種類とした。

1-2. 土の締め固め方法

土槽容器内にベルトコンベアで砂をゆるく充填させて、スプリンクラーを用いて砂の表面に散水を行なり、オーバフローするまで水を満したのち、容器内の下部の水抜き栓から排水した。排水が水抜き栓から滴の状態になるまでに要する時間は、およそ20分位であった。

1-3. 模型杭の打込方法

実物の  $6.0$  m 円筒節付杭の打込みに使用されている打撃エネルギーの  $1/1000$  を採用して、模型杭の打撃エネルギーを  $39.0 \sim 52.6$  kg $\cdot$ cm とした。打込用ハンマーは  $\phi 55 \times 200$  mm の丸鋼であり、落下高さを  $12$  cm とした。円筒節付杭の打込には砂利(粒径  $2.5 \sim 2.0$  mm)を充填した。

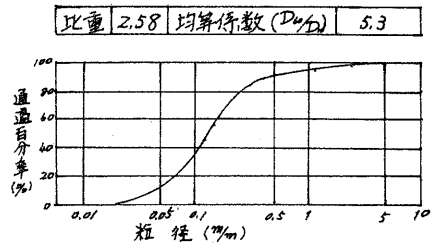


図 1

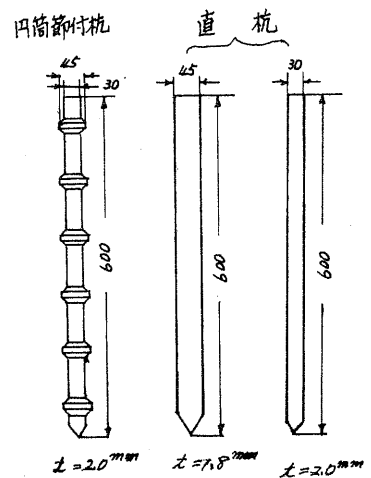


図 2

1-4. 群杭の頭部の連結方法

打込後、杭頭部のレベルをとり、図3のようにベニヤ板で型わくとつくり、この中にアラルダイト合成樹脂（硬化後の圧縮強度は8~10 Kg/mm<sup>2</sup>）を注入して固結し群杭のフーチング部とした。

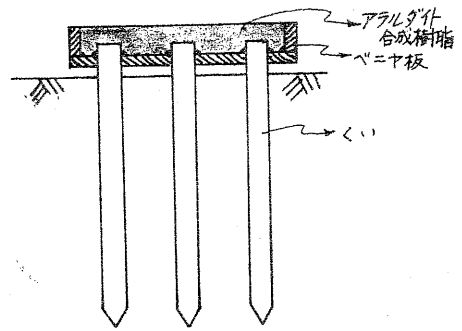


図 3

1-5. 載荷装置及び方法

載荷装置は実荷重による反力方式を用いることとし、載荷重の計測はフルービングリングによった。又変位量の計測にはダイヤルゲージメタを使用した。試験方法は全て急速一サイクル方式をとったが、加力道程の各荷重階の放置時間は20分とした。

2. 実験結果

2-1. 土槽容器内の地盤の強度

水による締め固め後の相対強度とコーンテストにより計測した。図4は以下にのべる各試験地盤の平均値と図示したものである。コーンテスト位置の一例を図5中に示してある。図4より、各地盤によってコーン値に多少のバラツキのみられること、コーン値は深さと共にほぼ一次的に増加していくが、下部において急激な減少のみられることなどがわかる。後者は排水によって砂利層内へ砂が流入したためのゆるみと考えられるが、本実験における杭の根入長Lは約55cmであるので、支持力にはあまり影響がないものと考えらる。

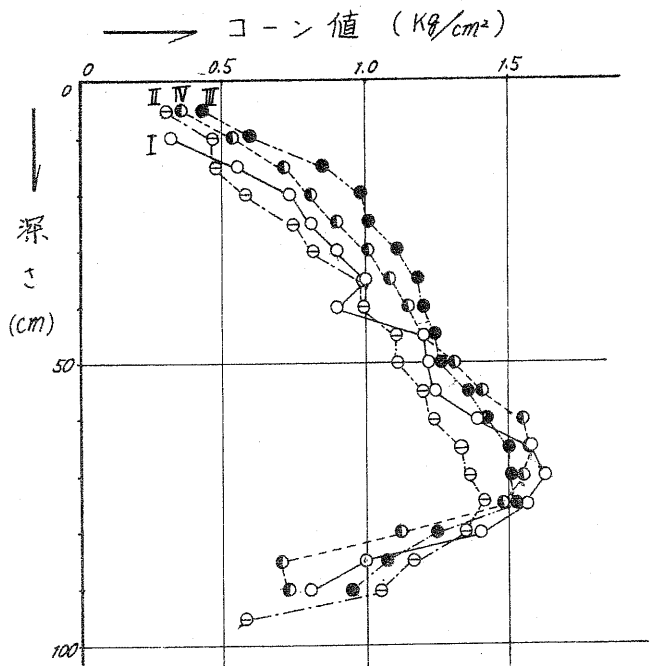


図 4

2-2. 各試験地盤内の杭の種類及び配置

杭の打込み時及び載荷時に他の群杭に影響を与えないことを考慮して、試験地盤と4回にわたって造成し、表1に示す実験を計画した。なお表1の地盤相互の比較のために円筒節付杭の単杭と各地盤内に1本設けた。杭配置図の一例を図5に示した。

試験地盤	打込み杭の種類
I	単杭 (円筒節付杭, 直杭) 3本群杭 (円筒節付杭, 直杭)
II	単杭 (円筒節付杭) 5本群杭 (円筒節付杭, 直杭)
III	単杭 (円筒節付杭) 9本群杭 (円筒節付杭, 直杭)
IV	単杭 (円筒節付杭) 9本群杭 (円筒節付杭, 直杭)

2-3. 載荷試験結果

載荷試験においては、荷重、変位量および時間の計測を行なった。最大荷重は極限荷重まで行なうことを原則とし、載荷時に泥下が止まらなくなる状態に達した時の荷

表 1

深さ1; 杭間隔2.5x(4.5)cm  
1; " " 2.5x(3.0)cm  
2; " " 1と1の間

重値をもつて極限荷重と判定した。えらぬた荷重～沈下曲線の例として実験地盤Iにおける単杭同志を比較した場合、実験地盤IIにおける5本群杭の場合を図6及び図7に示した。ただし横軸は杭1本あたりの荷重に統一してある。また降伏荷重を、 $\log P \sim \log S$ 法、 $S \sim \log t$ 法、 $\Delta S / \Delta \log t \sim P$ 法によって判定した。図8は5本杭の場合の $\log P \sim \log S$ 曲線の例であり、各折戻荷重のうちで $S \sim \log t$ 法、 $\Delta S / \Delta \log t \sim P$ 法による降伏現象と伴ったものをもつて降伏荷重と判定した。全試験における降伏荷重及び極限荷重の判定結果を表2に示した。同表には降伏荷重時の沈下量も併記してある。

2-4. 実験結果の考察

以上の実験結果について考察した結果として、以上のような現象が指適である。

①単杭同志の荷重～沈下曲線を比較したところでは図6にみられるように、沈下量は節付杭<直杭( $\phi 45mm$ )<直杭( $\phi 30mm$ )の順となった。節付杭の剛性が直杭よりもかなり大きいことがわかる。

②表2によって、単杭同志の降伏荷重及び極限荷重と比較した所では、降伏荷重の場合、節付杭：直杭( $\phi 45mm$ )：直杭( $\phi 30mm$ ) = 1.0 : 0.58 : 0.20, 極限荷重の場合、節付杭：直杭( $\phi 45mm$ )

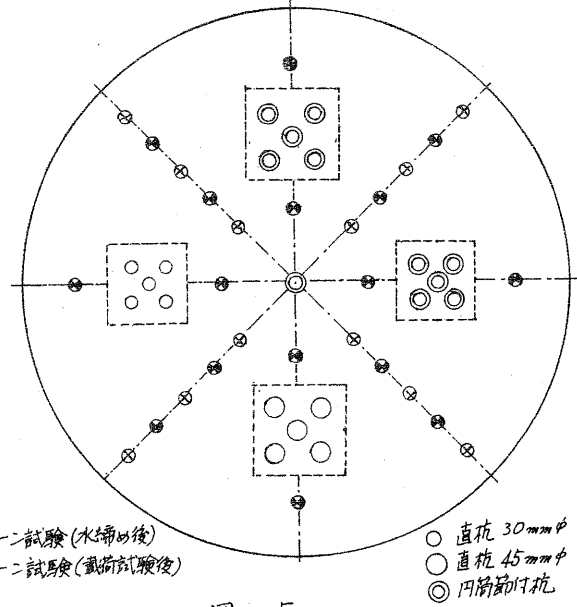


図 5

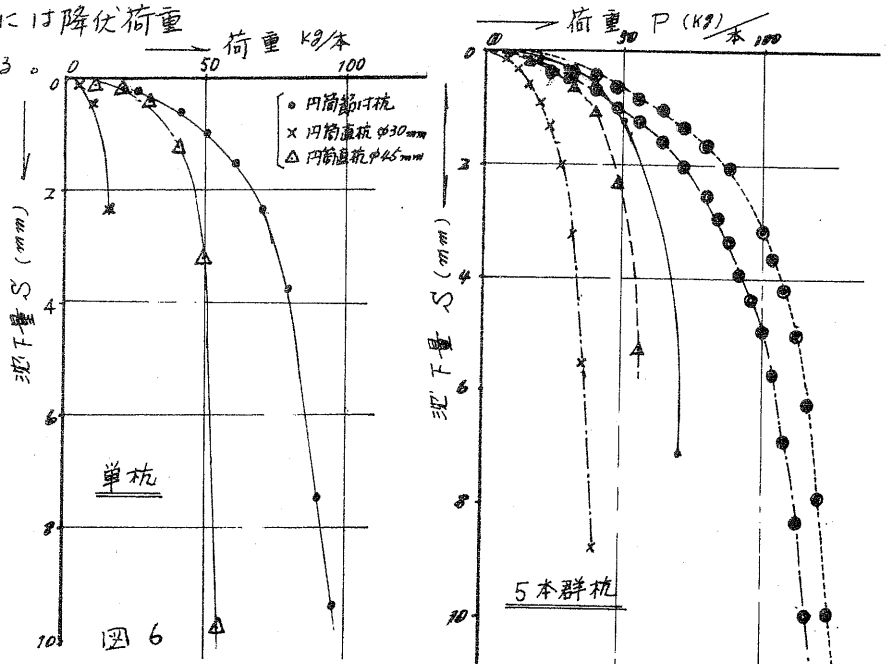


図 7

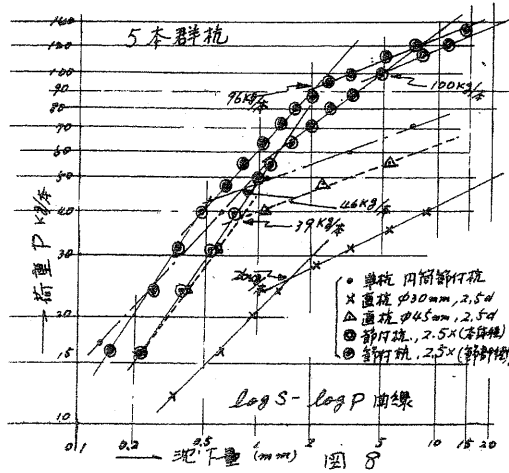


図 8

：直杭( $\phi 30mm$ ) = 1.0 : 0.58 : 0.26 となった。支持力に換しても節付杭は直杭より可成り上り上がっている。

③群杭同志の荷重～沈下曲

項目 杭本数	円筒節付杭 <small>本体径 30mm<sup>φ</sup> 節部径 45mm<sup>φ</sup></small>									直杭 30mm中			直杭 45mm中								
	単杭			群杭						単杭			群杭								
	杭間隔 2.5d <sup>*</sup>			杭間隔 2.5d <sup>*</sup>			杭間隔 2.5d <sup>*</sup>			杭間隔 2.5d <sup>*</sup>			杭間隔 2.5d <sup>*</sup>								
	降伏荷重 (kg)	沈下量 (mm)	極限荷重 (kg)	降伏荷重 (kg)	沈下量 (mm)	極限荷重 (kg)	降伏荷重 (kg)	沈下量 (mm)	極限荷重 (kg)	降伏荷重 (kg)	沈下量 (mm)	極限荷重 (kg)	降伏荷重 (kg)	沈下量 (mm)	極限荷重 (kg)	降伏荷重 (kg)	沈下量 (mm)	極限荷重 (kg)			
単杭	64	1.5	95							13	0.75	25				37	0.51	55			
3本群杭	68	1.2	95	200 66/本	2.2	280 93/本	190 63/本	1.5	280 93/本				53 19/本	0.74	100 33/本				120 40/本	0.72	200 67/本
5本群杭	46	0.78	85	500 100/本	5.6	620 124/本	480 96/本	2.5	660 132/本				130 26/本	1.5	220 44/本				195 39/本	0.78	300 60/本
9本群杭	65	1.8	700						1440 122/本	7.6	160 1/本								440 49/本	2.0	720 80/本
9本群杭	57	0.72	90	1000 111/本	4.6	1280 142/本							270 30/本	0.73	360 40/本						

\*注. d<sub>1</sub> = 30mmφ, d<sub>2</sub> = 45mmφ

表 2

線の比較では、一例として  
 図7に示すごとく、沈下量  
 は節付杭 (2.5×本体径) <  
 節付杭 (2.5×節部径) < 直  
 杭 (φ45mm, 2.5d) < 直杭 (φ  
 30mm, 2.5d) の順だった。  
 単杭の場合と同じく節付杭

杭本数	円筒節付杭						直杭 φ30mm			直杭 φ45mm			
	単杭	杭間隔 2.5×(本体径)		杭間隔 2.5×(節部径)		杭間隔 2.5×(直径)			杭間隔 2.5×(直径)				
	1	3	5	9	3	5	9	3	5	9	3	5	9
降伏荷重比	1	0.98	2.17	1.95	0.93	2.09	1.88	0.26	0.57	0.53	0.59	0.85	0.75
極限荷重比	1	0.98	1.46	1.58	0.98	1.55	1.60	0.35	0.52	0.44	0.70	0.71	0.80

表 3

の沈下量が少しいこと、かつ杭間隔が小さい程効果  
 のあることがわかる。

④群杭1本あたりの降伏荷重及び極限荷重と比較す  
 るため、各地盤において行った節付杭の単杭の値  
 に対する比率を求めると、表3のごとくであり、こ  
 れらの値を図9及び図10に示した。これらの図から  
 、節付杭3本の場合単杭に比して効果がみられ  
 るが、5本以上の場合支持力が増大する効果がみら  
 れ、かつほとんど一定していること、また直杭と比  
 較してその効果が著しいことがわかる。

⑤以上の理由として、節付杭の場合打込みによる砂  
 地盤の締め固め効果が直杭より著しいと思われ  
 ること、また群杭の載荷時に節付同志の間のアーチ作  
 用が働き、支持面積を増大させる傾向が考えら  
 れることなどによるものと推定される。

3. 結語.

以上、模型杭による円筒節付群杭の試験結果を報告

した。模型杭によるものであるため寸法効果の面は問題はあるが、実際的傾向が  
 わかったと思う。今後、地盤の締め固め効果についてさらに実験的に検討を進めると  
 共に、実物杭に関する現場実験についても研究を進めてゆく予定である。本実験に  
 おいて関西大学山崎邦男教授の御指導を頂いた。厚く感謝申し上げます。

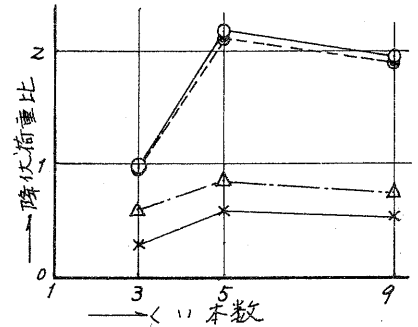


図 9

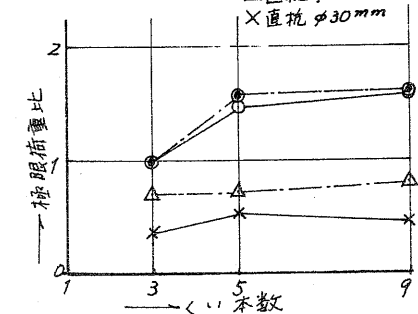


図 10