

薄層に支持させた模型杭の鉛直載荷実験

正会員 ○池田和正\* 同 若松宏輔\*  
同 土屋 勉\*\* 同 島田正夫\*\*\*

杭 模型実験 鉛直荷重  
薄層 先端支持力 周面摩擦力

1. はじめに

軟弱層が深い地盤において、比較的密度の高い砂層（以下、薄層と呼ぶ）が存在する場合がある。ある程度の沈下を許容するパイルド・ラフト基礎においては、このような薄層を積極的に利用することが考えられる。

本報告では、薄層を有する模型地盤を作製し、薄層厚や杭の根入れを変化させた杭の鉛直載荷実験を行い、杭体各部の支持力特性に及ぼす薄層の影響について検討する。

2. 実験方法および試験体

図-1は実験装置である。模型砂地盤に、所定の土上載圧  $\sigma_v$  と側圧  $\sigma_h$  を作用させている。模型杭は、直径  $\phi=20\text{mm}$ 、肉厚  $t=2\text{mm}$  のアルミニウム製で、表面に溶射加工（表面粗さ： $R_{a, \text{max}} \approx 200 \mu\text{m}$ ）を施して周面抵抗力が十分発揮できるようにした。また、内壁面には図-2に示す深度にひずみゲージを貼付した。

実験手順としては、珪砂6号を杭先端深度（底面から300mm）までノズルとネットを利用した空中落下法によって地盤を作製した後、模型杭を設置して再び砂試料を空中落下させる。その際、一般地盤は低密度（相対密度43%）で、薄層は高密度（相対密度86%）としている。また、杭近傍の応力状態を把握するために、土圧計（共和電業：BE-2KC）を埋設した。等方拘束圧  $20\text{kPa}$  を作用させた後、土上載圧を2倍にして、静止土圧（ $K_0=0.5$ ）の地盤

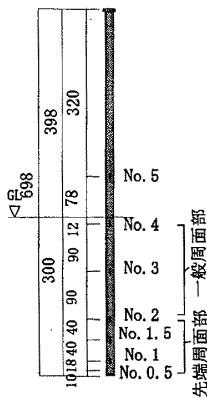


図-2 模型杭

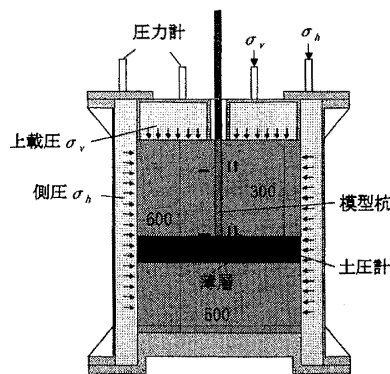


図-1 実験装置

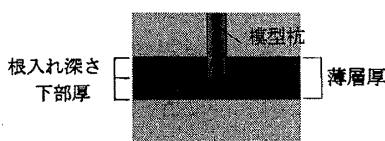


図-3 薄層断面図

に設置された杭を再現した。杭頭への荷重は、荷重制御による単調増加方式（毎分  $0.1\text{kN}$ ）とした。

図-3は薄層断面図、図-4は試験体記号と地盤構成図である。薄層のあるモデルは  $a/b$  ( $a$ : 根入れ深さ,  $b$ : 薄層厚) で表す。薄層の無いモデルとして、支持層タイプのLD, 均一地盤タイプのLL (低密度) とDD (高密度) がある。

3. 実験結果および考察

(1) 杭体各部の荷重-沈下関係

図-5は杭先端部の荷重と杭頭沈下度との関係である。先端荷重は  $0/2$  と  $2/4$  およびLDとDDがほぼ同程度の値を示している。このことから、杭先端以深の薄層厚の影響を大きく受けるといえる。

図-6は杭周面全体の荷重と杭頭沈下度との関係である。杭全周面荷重は、薄層への根入れが増すにつれ大きくなっている。また、周面荷重が大きい程、ピークが明瞭にみられる。

図-7は杭周面の摩擦力を、一般周面部と先端周面部に分割して示した。(a)の一般周面部では、薄層および支持層の影響は見られず、全周面が高密度であるDDを除き、ほぼ同様の値を示している。(b)の先端周面部では、前報<sup>2)</sup>同様に、載荷直後は大きく増加し、最大値に達した後急減する挙動を示す。ただし、根入れ無しの場合およびLLでは一般周面部に近い挙動を示している。

図-8は、杭頭の荷重-沈下関係である。薄層厚が  $4d$  のモデルをみると、根入れの大きい程杭頭荷重が小さくなっている。根入れ  $3d$  のモデルは、薄層厚  $2d$  で根入れ  $0$  のモデルよりも小さい。このことから、杭の支持力は杭先端から薄層下端までの距離（図-3の下部厚）の影響が大きいことが分かる。 $\log P \sim \log S$  曲線および  $\Delta S / \Delta \log t \sim P$  曲線から折点を求めると、一般に第1限界、第2限界の2つがみられたが、支持力の小さい  $3/4$  およびLLでは折れ点が1つしかみられなかった。第1限界は周面抵抗力のピーク時、第2限界は杭先端支持力が降伏した時点にほぼ一致していた。

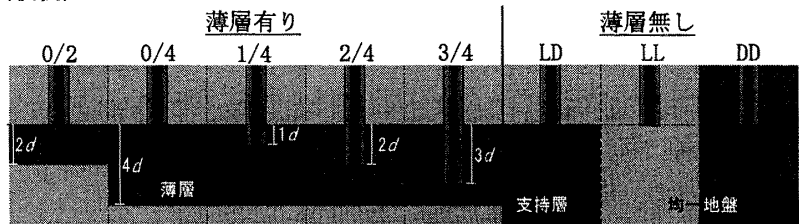


図-4 試験体記号と地盤構成図

(2) 薄層の影響

a) 先端支持力…図-9は、薄層有りのモデルの(a)は降伏時先端支持力、(b)は0.5d(=10mm)沈下時の支持力をLDモデルに対する比として、薄層の下部厚との関係をプロットしたものである。

これによると、(a)、(b)共に下部厚1dから2dの間で値は大きく増加するが、2d以降は増加が緩やかになり、3d以上で80%を超えている。また、0/2と2/4で値に差がなく、根入れ深さの影響はみられない。

b) 杭頭の沈下剛性…図-10は杭頭の初期沈下剛性を図-9と同様にプロットしたものである。

薄層厚4dのモデルでは下部厚が変化しても値に大きな変化はみられず、LDモデルの80%前後の値を示している。また、0/2より2/4の値が大きく、根入れの影響がみられ

る。初期沈下剛性は薄層厚が一定ならば、下部厚の増加すなわち根入れ深さの減少によらずほぼ一定である。

4. まとめ

本報告をまとめると以下ようになる。

- ①. 先端が高密度な薄層に根入れされると、先端に近い杭周面摩擦力はピークに達した後、急減する挙動を示す。
- ②. 先端支持力は下部厚の増加に伴い大きくなるが、その増加割合は小さくなる。
- ③. 杭頭の初期沈下剛性は、薄層厚一定の条件では下部厚や根入れ深さによらずほぼ一定である。

参考文献

1)池田隼人, 土屋 勉, 他: 杭先端近傍に着目した杭周面抵抗に関する模型実験, 第40回地盤工学研究発表会, pp1527-1528, 2005.7  
 2)池田和正, 土屋 勉, 他: 杭先端近傍の周面摩擦特性に関する模型実験, 日本建築学会大会要覧集, B1 構造(I), pp333-334, 2006.9

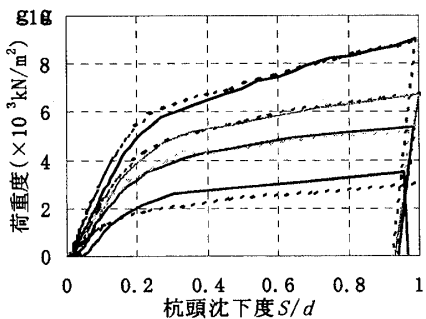


図-5 杭先端荷重-沈下関係

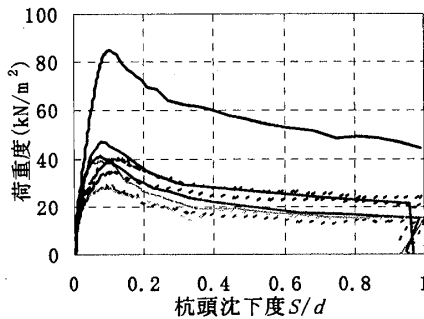


図-6 杭周面荷重-沈下関係

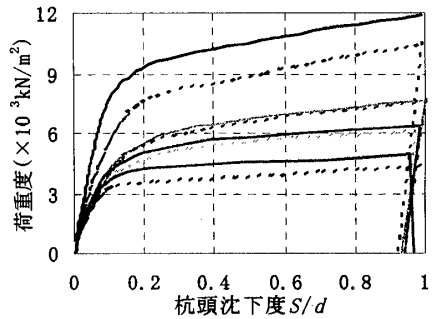
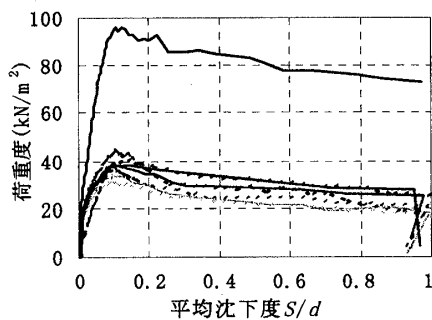
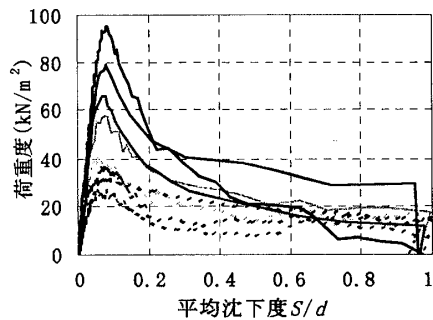


図-8 杭頭荷重-沈下関係

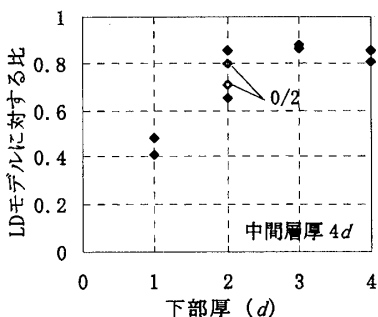
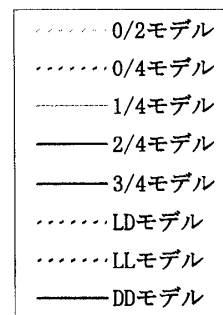


(a) 杭一般周面部

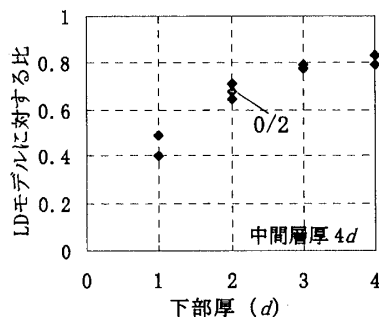


(b) 杭先端周面部

図-7 周面荷重-沈下関係



(a) 降伏時



(b) 0.5d沈下時

図-9 先端支持力と薄層の下部厚の関係

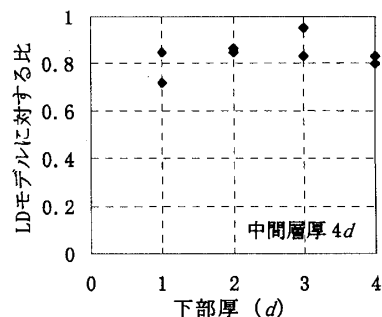


図-10 初期剛性と薄層の下部厚の関係

\* 室蘭工業大学大学院 博士前期課程  
 \*\* 同 教授・工博  
 \*\*\* 同 技術職員

\* Graduate Scholl, Muroran Inst. of Tech.  
 \*\* Professor, Muroran Inst. of Tech., Dr.Eng.  
 \*\*\* Technician, Muroran Inst. of Tech.