Architectural Institute of Japan

日本建築学会北海道支部
研究報告集No. 80 (2007年7月)

薄層に支持させた杭の模型実験

正会員　○若松宏輔[*1]　正会員　島田正夫[*3]
同　土屋　勉[*2]　会員外　田鎖正也[*4]
同　池田和正[*1]

2.構造　－4.基礎構造
杭，模型実験，鉛直荷重，薄層，先端支持力，周面摩擦

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，このような薄層の積極的な利用が考えられる．

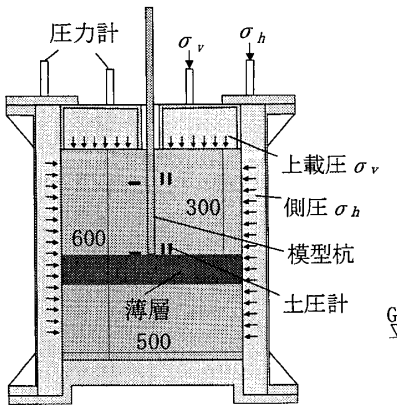
本報告では，薄層を有する模型砂地盤を作製し，薄層厚や根入れを変化させた杭の鉛直載荷実験を行ない，杭体各部の支持力特性に及ぼす薄層の影響について検討する．

2．実験装置および実験方法

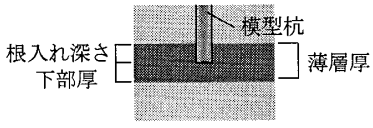
図－１は実験装置である．模型砂地盤に，所定の等分布上載圧 σ_v と等分布側圧 σ_h を作用させている．模型杭は，直径 d=20mm，肉厚 t=2mm のアルミニウム製で表面に溶射加工（表面粗さ：R_{max}≒200 μm）を施して周面摩擦力を十分発揮できるようにした．また，内壁面には図－２に示す深度にひずみゲージを貼付している．

実験手順としては，珪砂６号（鹿島砂）を空中落下法（ノズル・ネット型砂投下法[2)]）により杭先端深度（土槽底面より 300mm）まで地盤を作製し，模型杭を設置して再び所定の高さ（土槽底面より 600mm）まで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%），薄層は高密度（相対密度 86%）としている．また，地盤中の応力状態を把握するため土圧計（共和電業：BE-2KC）を図－１のように埋設する．等方拘束圧 20kPa を作用させた後，上載圧を２倍にして，静止土圧（K_0=0.5）の地盤に設置された杭を再現した．杭頭への載荷は，荷重制御による単調増加方式（毎分 0.1kN）とした．

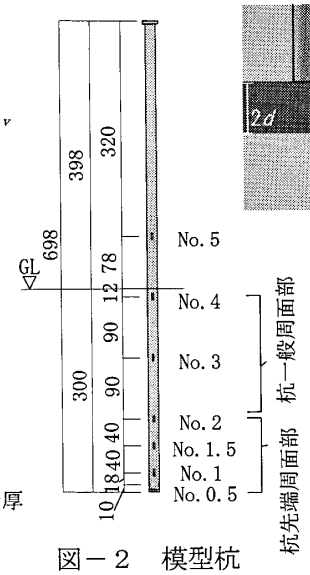
図－３は薄層断面図，図－４は地盤構成図と試験体記号である．試験体記号は，薄層を有するモデルは a/b（a：根入れ深さ，b：薄層厚）で表す．薄層の無いモデルとして支持層モデルの LD，均一地盤モデルの LL（低密度）および DD（高密度）がある．



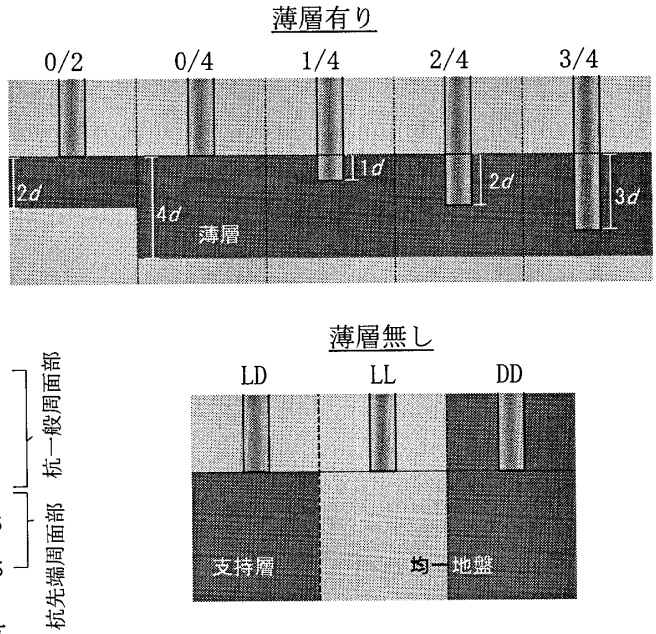
図－１　実験装置



図－３　薄層断面図



図－２　模型杭



図－４　地盤構成図と試験体記号

Vertical Loading Tests of Model Pile on Thin Sand Layer.

WAKAMATSU Kousuke et al.

NII-Electronic Library Service

Architectural Institute of Japan

3．実験結果および考察

（1）杭体各部の荷重－沈下関係

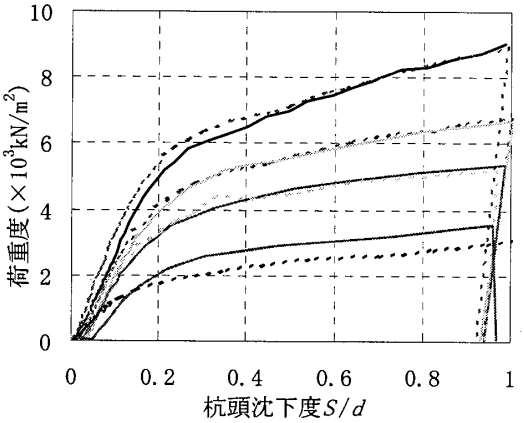
図－5は，杭先端荷重度と杭頭沈下度の関係である．先端荷重は0/2モデルと2/4モデルおよびLDモデルとDDモデルではそれぞれ同程度の値を示している．このことから，薄層の厚さより，杭先端以深の薄層の影響を大きく受けるといえる．

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

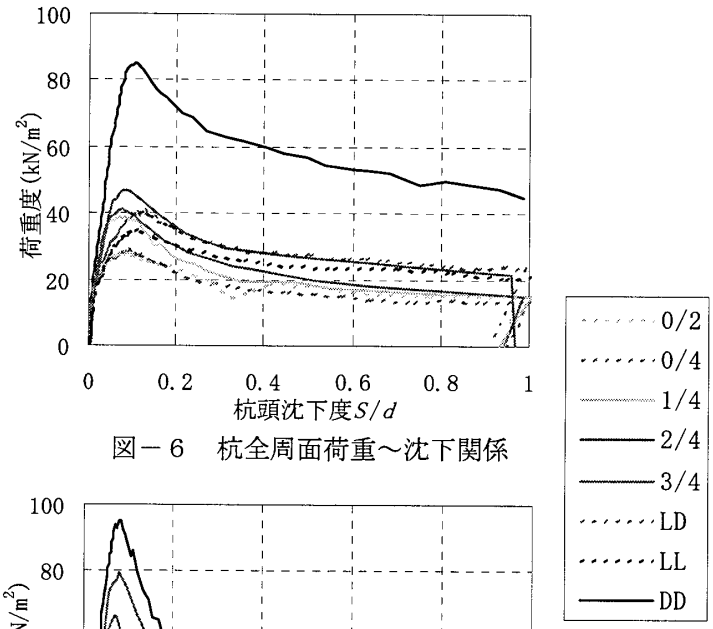
図－7は，杭周面の摩擦力を，一般周面部と先端周面部に分割して示した．（a）の一般周面部では，薄層および支持層の影響はみられず，全周面が高密度であるDDモデルを除きほぼ同様の値を示している．（b）の先端周面部では，前報[1]と同様に載荷直後大きく増加し，最大値に達した後に急減する挙動を示す．ただし，根入れ無しのモデル，LLモデルおよびLDモデルでは明瞭にピークがみられず，一般周面部に近い挙動を示している．

図－8は，杭周面摩擦力が最大に達する時点に及ぼす杭体深度の影響をみるために，杭全体の周面摩擦力が最大になったときの杭頭沈下量に対する杭体各深度のそれの比をプロットしたものである．なお，プロットはひずみゲージ間の中心位置を示している．それによると，杭先端に近づく程値が小さく，杭周面摩擦力は先端に近い周面部の方から最大値に達している．根入れの無い0/2モデルおよび0/4モデルではその傾向が特に顕著である．一般部では1～1.5程度の値であり，全周面荷重と同時か若干遅れて最大に達している．

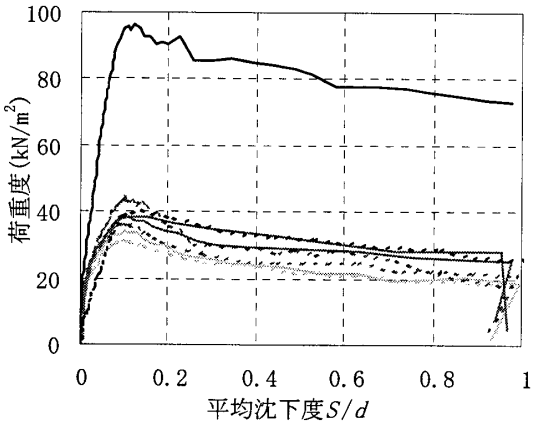
図－9は杭頭荷重度と杭頭沈下度の関係である．薄層厚$4d$のモデルをみると，根入れの大きい程荷重は小さくなっている．薄層厚$2d$で根入れ無しのモデルは薄層厚$4d$で根入れ$3d$のモデルはよりも値が大きく，根入れ$2d$のモデルに近い値を示している．このことから，杭の支持力は杭先端から薄層下端までの距離（図－3の下部厚）の影響が大きいことがわかる．



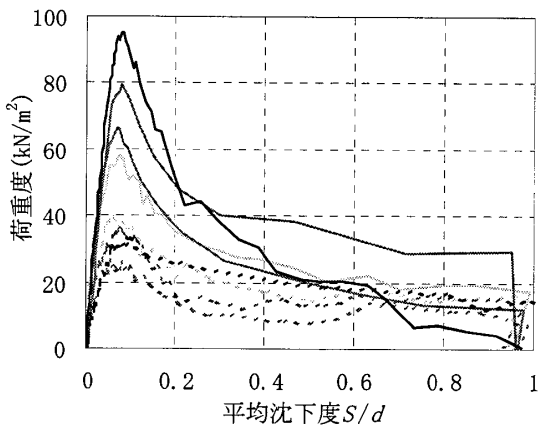
図－5　杭先端荷重～沈下関係



図－6　杭全周面荷重～沈下関係



（a）一般周面部



（b）先端周面部

図－7　周面荷重～沈下関係

NII-Electronic Library Service

$\log P$～$\log S$曲線および$\Delta S/\Delta \log t$～P曲線から折れ点を求めると，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 モデルおよび LL モデルでは折れ点が１つしかみられなかった．図－１０は，（a）は第１限界時と杭全周面荷重の最大時，（b）は第２限界時と杭先端荷重が降伏した時の杭頭沈下量の関係である．プロットは対角線付近に分布しており，第１限界時と杭周面摩擦のピーク時および第２限界時と杭先端支持力の降伏時はほぼ一致している．

（２）薄層の影響

a）先端支持力

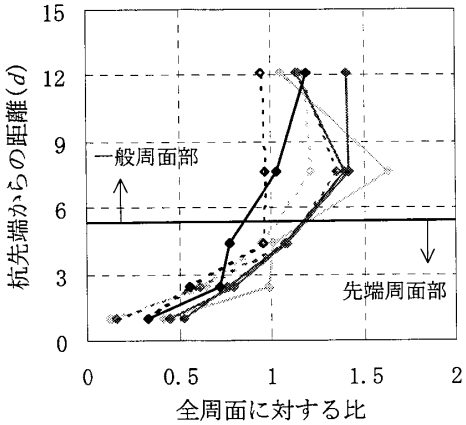
図－１１は，薄層有りのモデルの（a）降伏時先端支持力と，（b）0.5d (=10mm) 沈下時の先端支持力について，それぞれ LD モデルに対する比をプロットしたものである．これによると，（a），（b）共に薄層の下部厚が増すにつれて先端支持力も大きくなるが，その増加割合は 2d 以降緩やかになり，（a）では 3d 以上，（b）では 4d で LD モデルの 80%を超えている．また，下部厚が等しく，根入れ深さの異なる 0/2 モデルと 2/4 モデルで同程度の値を示しており，先端支持力に及ぼす根入れ深さの影響はほとんどみられない．

b）杭頭荷重および沈下剛性

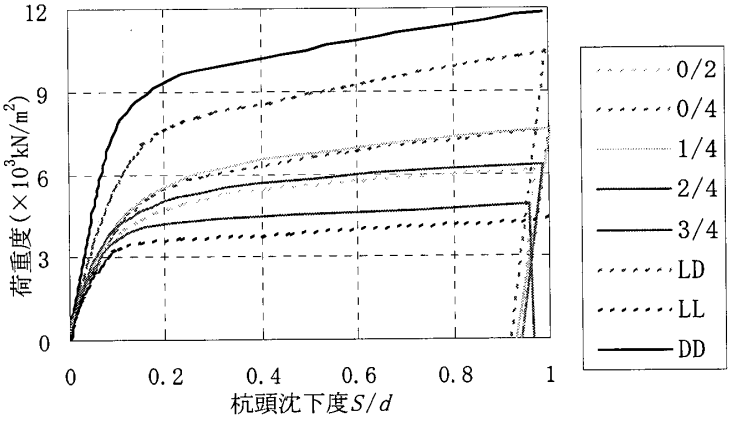
杭頭荷重および杭頭の沈下剛性について，図－１１と同様にプロットし図－１２および図－１３に示す．

図－１２によると，（a）の第１限界時における杭頭荷重は，ばらつきはあるものの下部厚によらずほぼ一定で，LD モデルの 70%前後である．また，0/2 モデルに比べ 2/4 モデルの値が若干大きい．（b）の 0.5d沈下時では下部厚が増すにつれ杭頭荷重は大きくなっているが，増加割合は徐々に小さくなっている．また，0/2 モデルと 2/4 モデルでは近い値を示している．

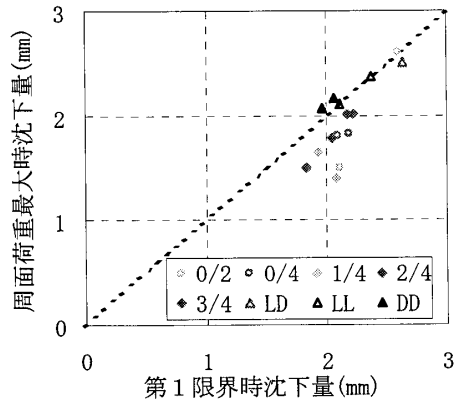
図－１３によると，（a）の初期の沈下剛性は薄層厚 4dのモデルでは下部厚が変化しても値に大きな変化はみられず，LD モデルの 80%前後の値を示している．また，0/2 モデルより 2/4 モデルの値が大きく，根入れの影響がみられる．初期の沈下剛性は薄層厚が一定ならば，下部厚によらずほぼ一定である．（b）の第１限界



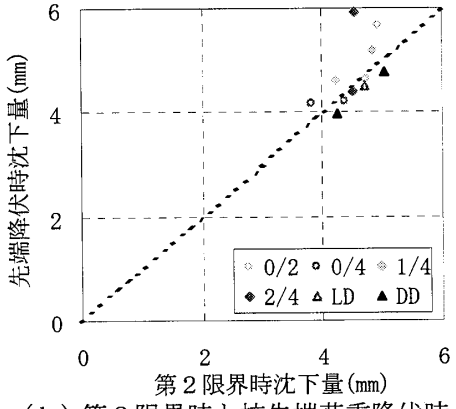
図－８　周面摩擦力が最大に達する時点



図－９　杭頭荷重～沈下関係



（a）第１限界時と杭全周面荷重最大時



（b）第２限界時と杭先端荷重降伏時

図－１０　杭頭限界と周面および先端荷重の関係

NII-Electronic Library Service

Architectural Institute of Japan

以降の剛性は，下部厚が増すにつれ明らかに大きくなっている．その増加割合は 2d 以降小さくなるものの，4d で 80 %に達している．また，0/2 モデルに比べ 2/4 モデルの方が，若干大きな値を示している．

以上より，杭頭における載荷初期では下部厚の増加すなわち根入れ深さの減少による影響はわずかであり，薄層厚が一定ならば杭頭の荷重および沈下剛性はほぼ一定になる．第 1 限界以降では，下部厚の影響が大きく表れるが，下部厚が大きくなるにつれその変化は小さくなる．

4．まとめ

本報告をまとめると以下のようになる．

①．杭頭の荷重～沈下曲線には，周面摩擦降伏に伴う第１限界と先端支持力降伏に伴う第２限界が表れる．

②．杭先端を高密度な支持層や薄層に根入れさせると，先端に近い杭周面の摩擦力はピークに達した後，急減する挙動を示す．

③．周面摩擦力が最大に達する時点は，先端に近い周面の方が一般部よりも早い．

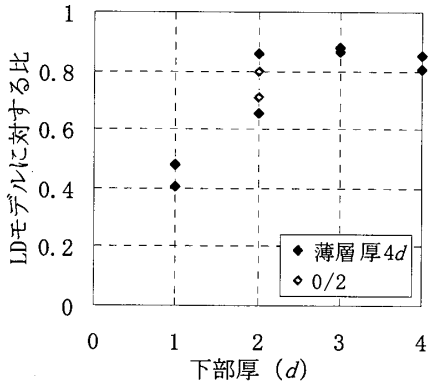
④．先端支持力は下部厚の増加に伴い大きくなるが，その増加割合は小さくなる．

⑤．杭頭の荷重および沈下剛性は，沈下初期は薄層厚一定の条件では下部厚によらずほぼ一定であが，第１限界以降は下部厚の影響が大きい．

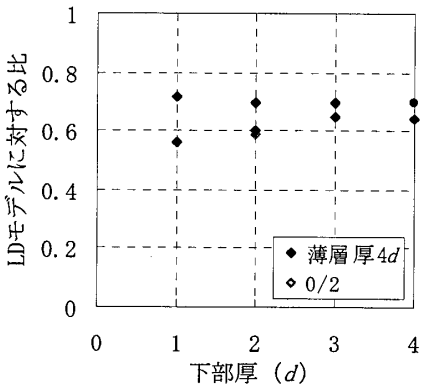
参考文献

1) 池田和正，土屋　勉，中沢楓太，他：模型実験に基づく杭先端近傍の周面摩擦力特性，日本建築学会北海道支部研究報告集，No.79，pp.167-170，2006.7.

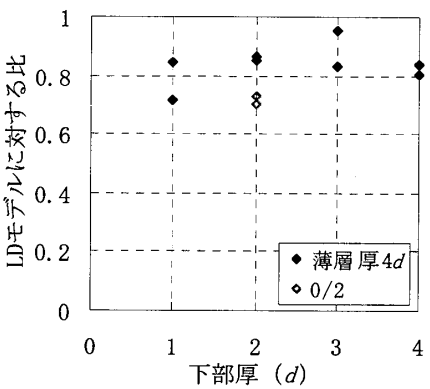
2) 島田正夫，土屋　勉，菊地ゆかり：ノズル・ネットを用いた模型砂地盤の作製方法，日本建築学会北海道支部研究報告集，No.75，pp.21-24，2002.6.



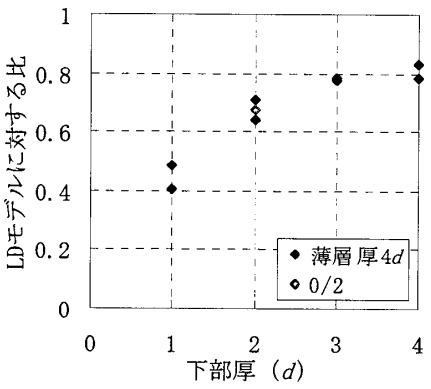
（ａ）降伏時



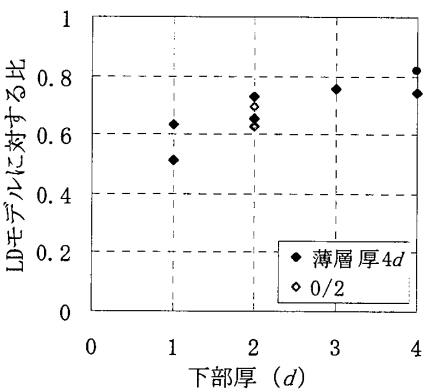
（ａ）第１限界時



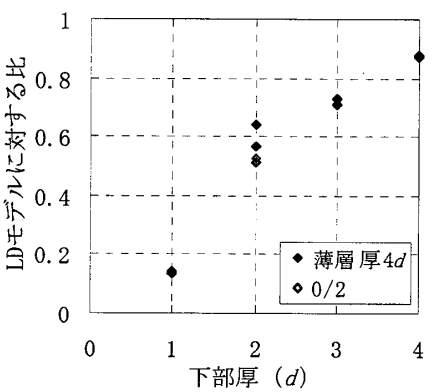
（ａ）初期剛性



（ｂ）0.5d沈下時



（ｂ）0.5d沈下時



（ｂ）第１限界以降の剛性

図－１１　先端支持力と薄層の下部厚の関係

図－１２　杭頭荷重と薄層の下部厚の関係

図－１３　杭頭の沈下剛性と薄層の下部厚の関係

*1 室蘭工業大学　博士前期課程　Graduate Student,Muroran Inst.of Tech
*2 室蘭工業大学　教授・工博　Professor,Muroran Inst.of Tech.,Dr.Eng
*3 室蘭工業大学　技術職員　Technician,Muroran Inst.of Tech
*4 戸田建設（株）　Toda Corporation

NII-Electronic Library Service