

薄層に支持させた圧入模型杭の鉛直載荷実験

正会員 ○上田祥弘\*1 同 若松宏輔\*3  
同 土屋 勉\*2 同 安田達士\*4

圧入杭 模型実験 薄層 鉛直荷重 先端支持力

1. はじめに

軟弱層が深く分布している地盤において、比較的密な砂層（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・ラフト基礎では、このような薄層の積極的な利用が考えられる。

昨年度までの研究では、薄層地盤に支持された埋設杭の載荷実験<sup>1),2)</sup>を行い、杭先端下に形成されるコア、および杭先端と薄層下端までの距離（下部厚）が、杭先端支持力に大きく影響することを明らかにした。

本報告では、新たに圧入施工した模型杭の載荷試験を実施し、昨年度までの埋設杭の結果との比較を通して、薄層地盤における圧入杭の鉛直支持力特性を検討する。

2. 実験方法

図-1は支持力実験の装置である。珪砂6号をノズルとネットを利用した空中落下法により堆積させる。ノズル径と落下高さを調節することで、所定の相対密度を有する模型砂地盤を作製している。模型杭（アルミニウム製、直径  $d=20\text{mm}$ 、肉厚  $t=2\text{mm}$ ）は、周面抵抗が発揮されるよう表面に溶射加工 ( $R_{max}=200\mu\text{m}$ ) を施し、図-2に示す位置にひずみゲージを貼付してある。

実験方法は模型杭を薄層上端より  $100\text{mm}(5d)$  上方から薄層上端まで圧入施工し、その後載荷する。薄層地盤以外の均一および二層地盤においても同様に行う。

実験条件を表-1に示す。LLは低密度の一般地盤が均一に分布するモデル、LDは一般地盤の下に高密度な支持地盤が土槽底部まで分布するモデルである。薄層モデルはLDnLと表示し、nは杭径に対する薄層厚さの比である。薄層地盤は低密度地盤L(相対密度  $Dr=54\%$ )中に、所定の厚さの高密度地盤D( $Dr=92\%$ )を配することで再現している。また、杭の設置深度および薄層上端位置は全ての試験体で同じ条件とし、薄層下端を下げることで薄層厚を変化させている。

3. 実験結果および考察

3.1 圧入施工～載荷終了までの挙動

図-3は、圧入施工開始から載荷終了までの杭先端面荷重の変化をプロットしたものである。なお、薄層到達時に一度除荷しているが、その部分の変化については煩雑さを避けるため除外している。横軸の0は薄層上端位置である。薄層下端位置は各モデルの杭先端面荷重と同じ線種で示している。

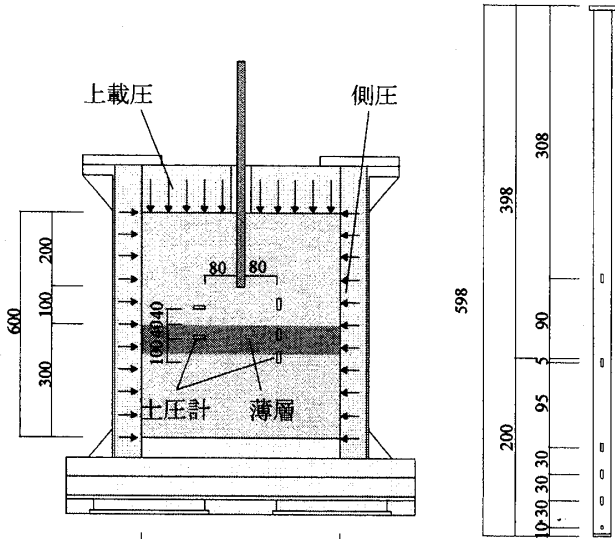


図-1 三軸加圧土槽

[単位: mm]

図-2 模型杭

表-1 支持力実験条件

薄層厚		1d	2d	3d	4d	15d
相対密度		薄層地盤 $Dr=92\%$ , 一般地盤 $Dr=54\%$				
実験記号	LL	LD1L	LD2L	LD3L	LD4L	LD
断面図						

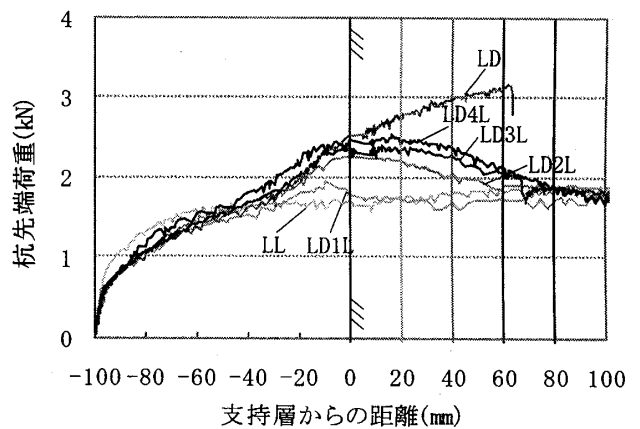


図-3 杭先端面荷重～支持層からの距離

Bearing capacity of jacked pile on thin sand layer in a calibration chamber.

UEDA Yasuhiro, TSUCHIYA Tsutomu,  
WAKAMATSU Kousuke, YASUDA Satoshi

圧入施工を開始すると急激に増加した先端面荷重は、徐々に緩やかな増加傾向を示し、 $-40\text{mm}$ 程度の貫入まではモデルによる差は見られない。しかし、薄層モデルでは薄層上端  $30\text{mm}$  手前付近から、荷重の増加が大きくなる傾向がある。杭先端下部に形成されたコアが高密度な薄層へ近づいたことを示唆するものと考えられる。LD1L のピーク荷重は杭先端が薄層手前で発生しており、LL モデルより僅かに大きいだけである。LD2L, LD3L, LD4L と薄層厚が大きくなるほどピーク荷重が大きくなるが、その増加量は小さくなる。ピーク後は、LD では荷重が増加し続けるが、薄層モデルでは薄層下端  $40\sim 60\text{mm}$  手前付近から減少し、最終的には LL と同程度の荷重に収束する。薄層以深の低密度地盤の影響が非常に大きいといえる。

### 3. 2 圧入杭の支持力特性

圧入杭の支持力特性を検討するために、薄層上端まで圧入施工した杭と前報<sup>1),2)</sup>の埋設杭の載荷試験結果を、図-4にプロットした。埋設杭の各モデルはそれぞれ2回実験を行った平均の曲線である。

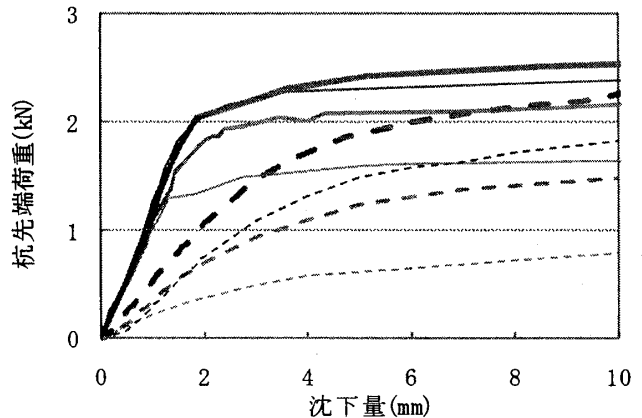
図-4の(a)は杭先端面荷重～沈下関係である。埋設杭は載荷直後に荷重が緩やかに増加し、 $4\sim 5\text{mm}$ 付近で降伏した後も増加は続いている。それに対して、圧入杭では載荷直後に荷重が急激に増加し、 $2\text{mm}$ 付近で降伏した後はほとんど増加しない。 $2\text{mm}$ 沈下時の荷重を比較すると、圧入杭は埋設杭の2倍以上である。

図-4の(b)は杭周面抵抗力～沈下関係である。埋設杭では載荷直後に急激に増加しピークを迎え、その後は緩やかに減少し一定になる。それに対して、圧入杭では載荷直後から少し遅れて増加し、その後はほぼ一定になる。圧入杭、埋設杭ともに  $2\text{mm}$  付近で最大値に達している。最大時での荷重は埋設杭の方が圧入杭よりも大きくなっているが、沈下が進んだ状態の残留荷重は、杭種による違いはあまりなさそうである。

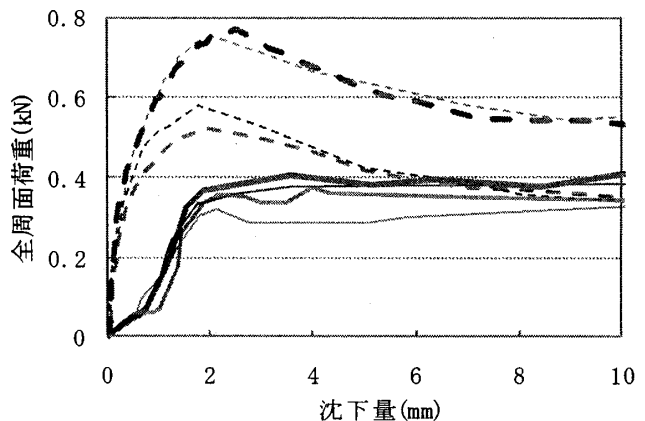
図-5は  $0.5d(10\text{mm})$ 沈下時点の杭先端面荷重に着目して、支持層モデルに対する比を薄層厚との関係でプロットしたものである。埋設杭では薄層厚  $4d$ でも支持層モデルの8割にすぎない。それに対して、圧入杭では薄層厚  $2d$ で8割、薄層厚  $3d$ では9割にも達しており、圧入杭の方が埋設杭よりも薄層厚を有効に利用できるといえる。

### 4. まとめ

- ① 圧入杭の先端支持力は薄層上端  $1.5d$  手前付近から増加して、薄層下端  $2d\sim 3d$  手前でピークに達する。
- ② 圧入杭は載荷初期での杭先端支持力の増加が大きい。
- ③ 埋設杭は薄層厚  $4d$  程度で支持層の8割にすぎないが、圧入杭では薄層厚  $2d$  で支持層の8割、 $3d$  で9割となる。
- ④ 圧入杭の周面摩擦力の発揮する時点は埋設杭よりも遅れるが、残留摩擦力はほぼ同様である。



(a) 杭先端面荷重～沈下量関係



(b) 全周面荷重～沈下量関係

— LL — LD2L — LD4L — LD

図-4 荷重～沈下曲線 (実線：圧入杭, 破線：埋設杭)

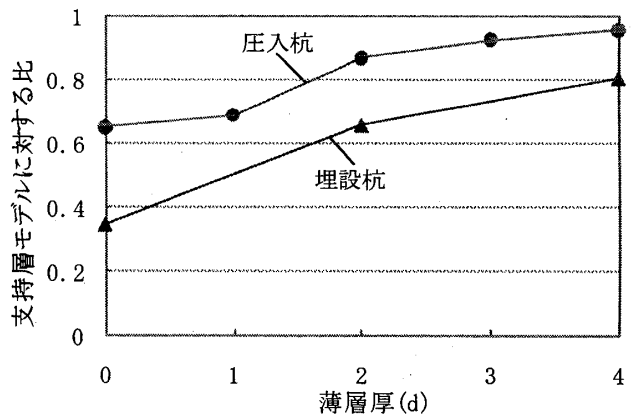


図-5 杭先端面荷重の支持層モデルに対する比

#### 参考文献

- 1) 池田和正, 土屋勉, 他: 薄層に支持させた模型杭の鉛直載荷実験, 日本建築学会大会梗概集, BI構造(1), pp. 387-388, 2007. 8.
- 2) 池田和正, 土屋勉, 他: 模型実験による薄層の先端支持性能に関する研究, 日本建築学会大会梗概集, BI構造(1), pp. 597-598, 2008. 9.

\*1 室蘭工業大学大学院 博士前期課程  
 \*2 室蘭工業大学大学院 教授・工博  
 \*3 (株)北海道日建設計 工修  
 \*4 金沢大学大学院 博士前期課程

\*1 Graduate Student, Muroran Inst. of Tech.  
 \*2 Professor, Muroran Inst. of Tech., Dr. Eng.  
 \*3 Hokkaido Nikken Sekkei Co.Ltd., M. Eng.  
 \*4 Graduate Student, Kazazawa University.