

模型実験による薄層の先端支持性能に関する研究

正会員
同○池田和正*
土屋 勉**

同 若松宏輔***

杭
鉛直荷重
模型実験
先端支持力
薄層

1. はじめに

軟弱層が深い地盤中に密な薄層（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よう。

前報¹⁾では、先端支持力は薄層への根入れによらず、ほぼ杭先端以深の薄層厚に決定されることが示唆された。本報告では、従来の支持力実験に加え、半円土槽を用い地盤挙動を観察する可視化実験を併せて行うことで、杭の先端支持力性能と薄層の関係について検討を行う。

2. 実験方法および実験条件

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、任意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（ $R_{\text{max}} \approx 200\mu\text{m}$ ）を施し、内壁面にはひずみゲージを貼付している。

地盤に等方拘束圧 20kPa を作用させた後、上載圧を2倍にして静止土圧（ $K=0.5$ ）の地盤に設置された杭を再現した。杭頭へ荷重は荷重制御による単調増加方式とした。

図-2は杭先端近傍の地盤構成であり、薄層を高密度地盤D（ $D_r=87\%$ ）、一般地盤を低密度L（ $D_r=43\%$ ）および中密度M（ $D_r=67\%$ ）としている。図-3は実験条件を示す。薄層モデルはa/b-c（a:根入れ深さ, b:薄層厚, c:一般地盤の密度）で表し、基本モデルはab（a:杭先端以浅の密度, b:杭先端以深の密度）で表す。

図-4は可視化実験の装置で、土槽および模型杭（ステンレス製、杭径 $d=40\text{mm}$ 、肉厚 $t=2\text{mm}$ ）は半円筒形である。ガラス面を通し地盤挙動の観察を行うために、杭先端から深度 $0.5d$ 間隔に赤砂の層を配すると共に、杭頭荷重時には拘束圧を作用させていない。

3. 実験結果および考察

図-5は杭先端荷重度～沈下度の関係であるが、下部厚が大きい程先端荷重も大きく、根入れの影響がみられない事が分かる。また、全モデルにおいて $0.2d$ 沈下付近で荷重の増加が緩やかになる点（杭先端降伏）がみられる。

図-6は、下部厚を変化させた各モデルの先端支持力を支持層モデルに対する比で表したもので、(a)は杭先端降伏時、(b)は $0.5d$ 沈下時について示している。これによると、下部厚が大きくなると徐々に増加割合は小さくなっており、(a)では $2d$ 、(b)では $3d$ で支持層モデルの80%に達し、かつ一般地盤の影響はほぼみられなくな

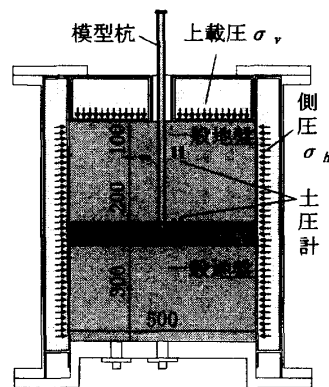


図-1 支持力実験装置

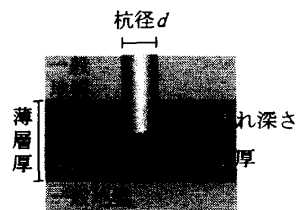


図-2 薄層断面図

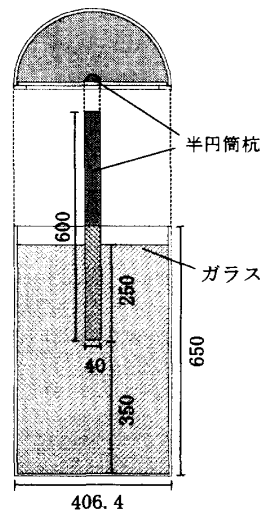


図-4 可視化実験装置

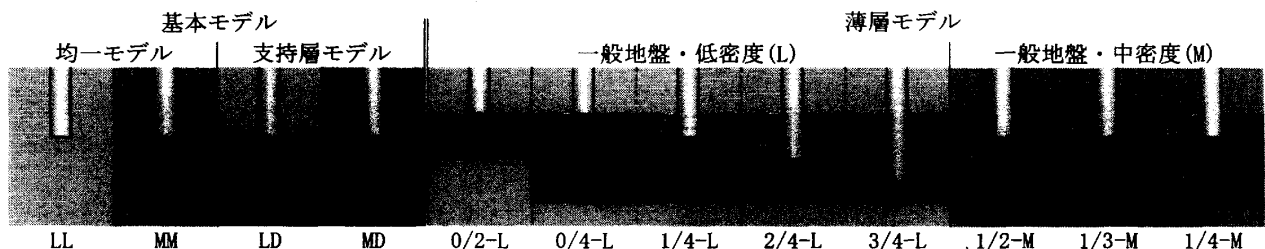
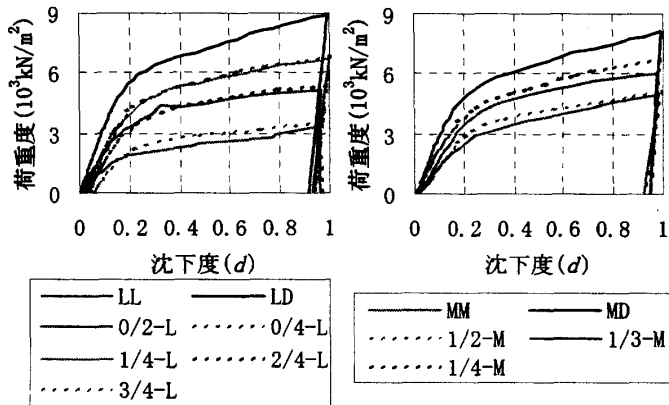


図-3 支持力実験の実験条件

る。(b)の方がより沈下が進行した時点であるため、下方への影響範囲が大きくなっている事が分かる。ただし、(a), (b)共に下部厚 $1d$ では支持力の増加が小さい。

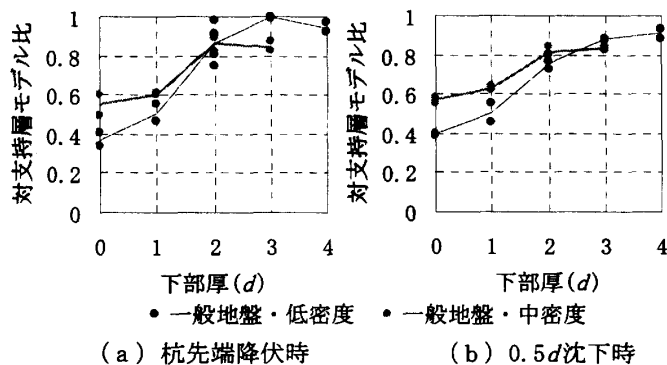
図-7は可視化実験により得られた杭先端付近の画像である。(a)は0/1-Lモデル、(b)は0/2-Lモデルであり、それぞれ $0.2d$ 沈下時と $0.6d$ 沈下時について示している。これによると、 $0.2d$ 沈下時には、地盤は全般的に



(a) 一般地盤・低密度

(b) 一般地盤・中密度

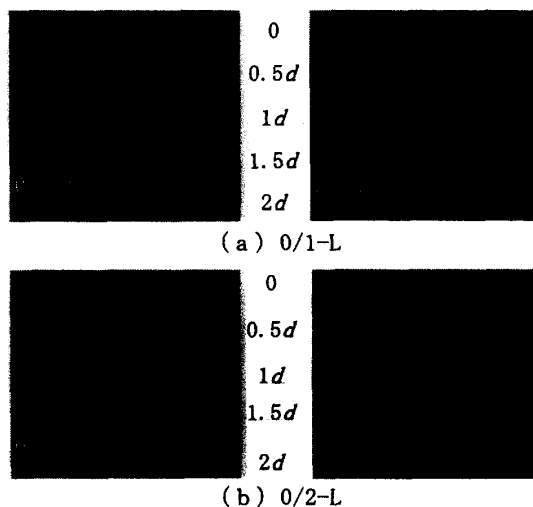
図-5 杭先端荷重～沈下関係



(a) 杭先端降伏時

(b) 0.5d沈下時

図-6 先端支持力と下部厚の関係



(a) 0/1-L

(b) 0/2-L

図-7 杭先端付近の地盤の変形

圧縮され杭先端からほぼ放射状に変形しており、モデルによる違いはみられない。 $0.6d$ 沈下時には、杭先端下方 $0.5d$ の赤砂層は杭中心線上付近ではほぼ水平を保ち明瞭であり、ほぼ杭と一体となって沈下していることが確認できる。それに対し、その側方では杭直下の部分が下方に押込まれることでせん断破壊が生じ、赤砂層は不明瞭になり斜めに変形している。杭先端下方 $1d$ では杭中心線上で下に凸に変形している。また、その傾向は0/1-Lモデルでより明確にみられ、0/2-Lモデルは全体に丸みを帯びた変形である。

沈下機構の模式図を図-8に示す。沈下が進行すると、杭先端面直下の部分は更に下方へ押込まれる。しかし、その側方では杭により押込まれることはないで、杭先端直下の部分とその側方部分との間でせん断破壊が生じ、先端面直下に杭と一体となって沈下する紡錘状のコアが形成され、沈下が大きく進行するものと考えられる。

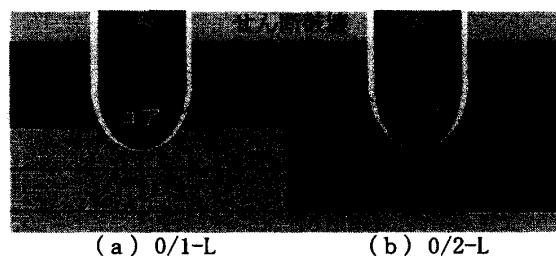
下部厚 $1d$ では薄層の大部分がコアとなり下方の軟弱層に沈下するパンチング破壊を起こすため、支持力の増加が微小で、薄層下端である杭先端下方 $1d$ の赤砂が大きく下に凸に変形する。しかし、下部厚が $2d$ 以上ならばコア下方に更に $1d$ 以上の高密度地盤を有するため、荷重の増加が大きくなり、コアより放射状に押し広げられ丸みを帯びた地盤の変形形状となったと考えられる。

4. まとめ

- ① 先端支持力は、杭先端降伏時は下部厚 $2d$ 、 $0.5d$ 沈下時は下部厚 $3d$ で支持層モデルの80%に達する。
- ② 杭先端面直下に紡錘状のコアが形成されることで、杭の沈下が大きく進行する。
- ③ 下部厚 $1d$ では先端支持力の増加が微小なのは、薄層がコアを形成して突き抜けるためである。

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, B1構造(I), pp. 387-388, 2007. 8.
- 2) 大谷 順, 深い基礎の支持力特性の解明に関するニューフロンティア-X線CTの適用, 日本建築学会大会(九州)構造部門(基礎構造)・基調講演資料, 2007. 8.



(a) 0/1-L

(b) 0/2-L

コアが薄層を突き抜け コア周辺が高密度になり
→下方に大きく変位 →放射状に変位

図-8 杭先端近傍の模式図

* (株) 日水コン

** 室蘭工業大学 教授・工博

*** 室蘭工業大学 博士前期課程

* Nihon Suido Consultants Co., Ltd.

** Professor, Muroran Inst. of Tech, Dr. Eng.

*** Graduate Student, Muroran Inst. of Tech.