

杭先端近傍の周面摩擦特性に関する模型実験

正会員 ○池田和正* 同 中沢楓太*
同 土屋 勉** 同 島田正夫***

杭 模型実験 鉛直荷重
周面摩擦 土中応力

1. はじめに

当研究室では、砂を充填した三軸加圧土槽によるアルミニウム模型杭の鉛直荷重実験を行っており、一般部と杭先端近傍では杭周面抵抗が異なる特性を有することを報告¹⁾してきた。

本報告では、更に実験ケースの蓄積を図ると共に、特に杭先端近傍の杭周面摩擦特性について、土中土圧変化の視点から考察を行う。

2. 実験装置および実験方法

図-1は実験装置であって、模型砂地盤の上面に等分布上載圧 σ_v を、地盤の側面に等分布側圧 σ_h を各々任意に作用させることができる。模型杭は、直径20mm、肉厚2mmのアルミニウム製で表面に溶射加工(表面粗さ: $R_{max} \approx 200 \mu m$)を施して周面抵抗力が発揮されるようにしている。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軸力を測定している。

実験手順としては、珪砂6号(鹿島砂)を杭先端深度まで空中落下法によって地盤を作製した後、模型杭を根入れ400mmで設置して再び砂試料を空中落下させる。この時、地盤中に土圧計(共和電業:BE-2KC)を図-3のように埋設する。等方拘束圧を90分間作用させた後、上載圧を2倍にして90分間作用させ、静止土圧($K_f=0.5$)を有する正規圧密状態の地盤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とした。

実験因子は砂の相対密度と拘束圧であって、各実験条件を表-1に示す。

3. 実験結果および考察

(1) 土中土圧の推移

図-4は、土圧計で計測した水平方向土圧 p_h および鉛直方向土圧 p_v の推移を、それぞれの最大土圧 p_{max} に対する比で示したグラフである。

(a)の杭先端近傍の水平土圧 p_h は、荷重直後に一端減少して急激に増加してピークに達する。その後、大きく低下して1d沈下時では最大時の5~30%となる。一方、(c)の杭先端近傍の鉛直土圧 p_v は、荷重直後にわずかに増加した後に減少して極小値を示し、その後増加して1d沈下時ではほぼ一定になる。このように、荷重の進行に伴う水平方向と鉛直方向の土圧変化が逆になることが注目される。それに対して、一般部では p_h が最大になるまでの挙動は上記の先端近傍の傾向と同様であるが、その後は水平及び鉛直方向共に土圧が減少している。

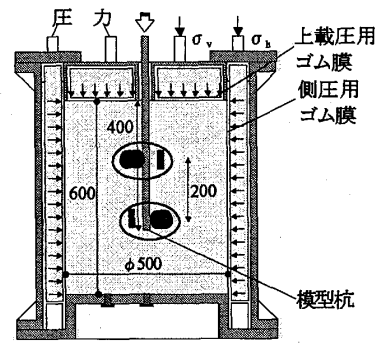


図-1 円柱土槽

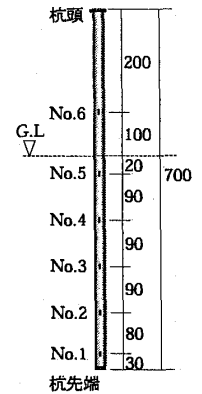


図-2 模型杭

表-1 実験因子

相対密度	拘束圧(側圧)	試験体記号
高密度83%	20kPa	d-20
	40kPa	d-40
中密度62~66%	20kPa	m-20
	40kPa	m-40

表-2 土圧計名称

計測方向	深度位置	名称
水平方向 (杭向き)	中央(C)	Ch
	先端(T)	Th
鉛直方向 (上向き)	中央(C)	Cv
	先端(T)	Tv

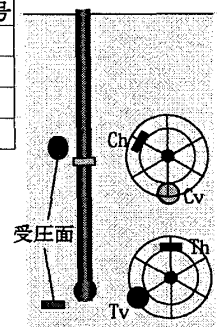


図-3 土圧計配置図

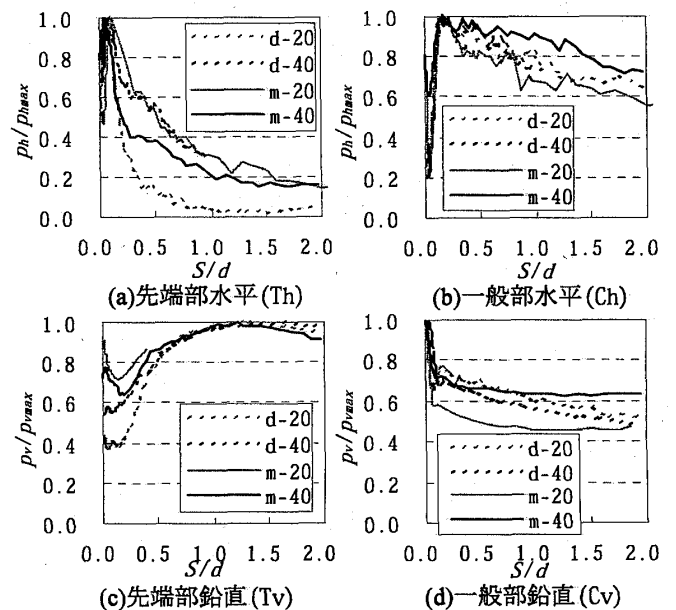


図-4 p/p_{max} の推移

Model tests on shaft friction around pile tip.

IKEDA Kazumasa, TSUCHIYA Tsutomu, NAKAZAWA Huta,
SHIMADA Masao

このような p_h の挙動は、1) 荷重が $f_{s_{max}}$ に達するまでは、杭周面から地盤に伝達されるせん断力増が正のダイレイタンスに伴う水平土圧の増加となり、2) 杭周面抵抗力が最大に達した後は、粒子間に大きなすべりが発生して負のダイレイタンスに伴う水平土圧の減少となると解釈¹⁾²⁾できる。

図-5は、このときの杭先端近傍の様子を p_v の挙動も考慮して概念的に示したものである。すなわち、粒子間にすべりが生じて外側に変位した砂粒子が元に戻ろうとするときに、(c)のようにアーチング作用が起こると考えると、水平土圧は減少するが、杭先端近傍は高応力状態になっているために鉛直土圧は増加するものと解釈できる。一般部では、最大周面抵抗を示した後に水平および鉛直土圧で共に緩やかな減少傾向を示したのは、先端部のような高応力状態が形成されないため、アーチングが生じ難い状況であったと考えられる。

(2) 周面抵抗力度について

図-6は、沈下の進行に伴う杭周面各区間の周面抵抗力度の推移を、各区間の $f_{s_{max}}$ で正規化した値で示した。先端近傍の周面抵抗力度は、 $f_{s_{max}}$ に達した後、0.5d 沈下時まで急激に低下しているが、一般部では $f_{s_{max}}$ に達した後は緩やかに低下している。

図-7は、 $f_{s_{max}}$ 時の沈下量を杭径で正規化した沈下度である。相対密度に関わらず、深度が深いほど $f_{s_{max}}$ 時の沈下度は若干小さくなっており、先端部に近い方から周面抵抗力度が最大に達することがわかる。

(3) 周面抵抗力度と土圧の関係

図-8は、杭周面抵抗力度 f_s と水平方向土圧 p_h の関係をプロットしたものである。荷重初期では、 p_h が一端減少するに f_s が上昇する現象が見られる。この荷重初期段階を除けば、杭周面抵抗力度 f_s と水平方向土圧 p_h の関係は概ね比例関係が認められる。

4. まとめ

本報告をまとめると以下ようになる。

- ①. 荷重の進行に伴う杭先端近傍の土圧変動は、水平方向と鉛直方向で逆の推移を示すが、砂のダイレイタンスとアーチング作用で説明できる。
- ②. 杭先端近傍の周面抵抗力度は、ピーク後に大きく減少する特性があり、一般部の杭周面とは傾向が異なる。しかし、荷重初期段階を除けば、杭先端近傍や一般部の杭周面抵抗力度は水平方向土圧と概ね比例関係が認められる。

参考文献

1) 池田隼人, 土屋 勉, 他: 模型杭の荷重実験による杭周面抵抗力度と土中応力に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.539-540, 2004.8.
 2) 池田隼人, 土屋 勉, 他: 杭先端近傍に着目した杭周面抵抗力度に関する模型実験, 第40回地盤工学研究発表会, pp.1545-1546, 2005.7.

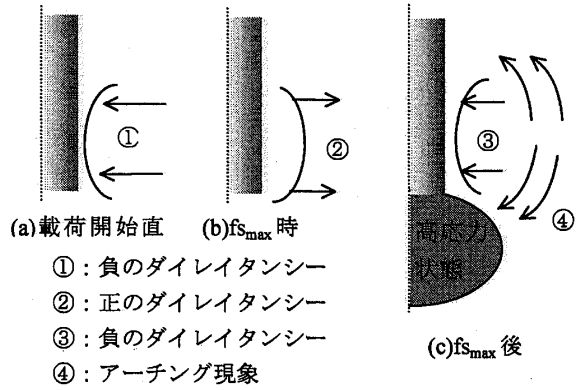


図-5 杭先端部の応力変化

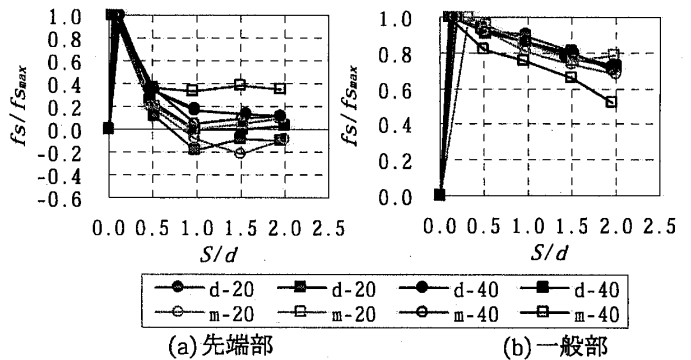


図-6 $f_s/f_{s_{max}}$ の推移

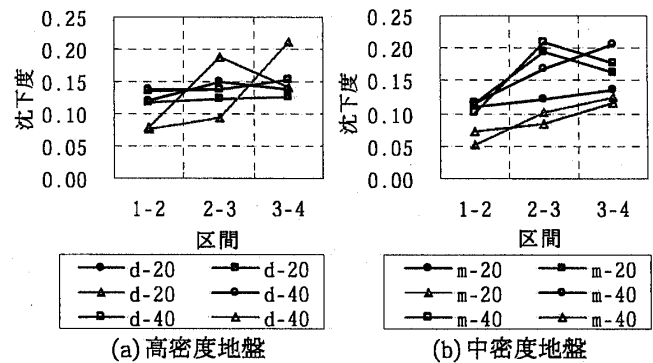


図-7 $f_{s_{max}}$ 時の沈下度と深度の関係

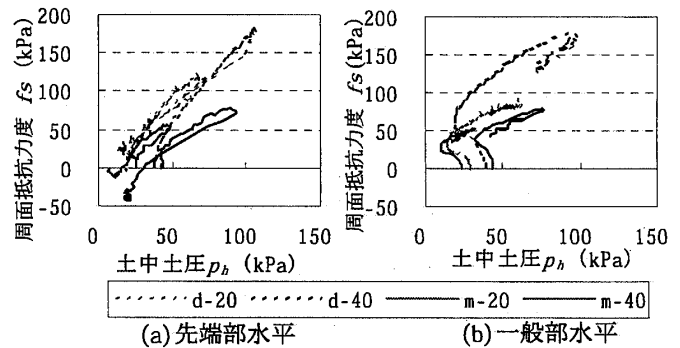


図-8 周面抵抗力度 f_s と水平土圧 p_h の関係

* 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.