

加圧土槽を用いた模型杭の鉛直載荷試験に基づく拡底場所打ち杭の群杭効果の検討

－ 地盤の上載圧の影響 －

日大生産工(学部) ○小島 健吾 日大生産工 下村 修一
 日大生産工(院) 緒方 智之 西松建設 新井 寿昭
 西松建設 郡司 康浩 西松建設 熊田 健太

1. まえがき

超高層建築物の杭基礎には拡底場所打ち杭（以下、拡底杭）が採用されることがある。その際、杭を近接して複数本打設する（群杭）と杭相互の応力伝播範囲の重なりにより鉛直支持力は単杭と異なる（群杭効果）ことが知られている。多くの群杭効果に関する研究は、直杭に関する報告^{1)~3)}であり、杭先端付近の周面摩擦機構が直杭に比べて複雑と考えられる拡底杭の群杭効果に関する知見は見当たらない。

そこで、本論文では拡底杭の群杭効果による鉛直支持力機構を検討するため、模型拡底杭を対象に加圧土槽を用いた鉛直載荷試験を実施した結果について報告する。

2. 実験装置及び模型杭

図1に鉛直載荷試験装置及び、加圧土槽の概要を示す。土槽は内径795mm、試料土の投入高さ877mmで、加圧盤内部のエアバックに空気を送ることで上載圧をかける。また、試料土と土槽側面の摩擦を低減する目的で、土槽の内側にはテフロンシート、グリース、ゴムメンブレンを貼り付けた。

図2に模型杭の概要を示す。模型杭はSUS304を削り出した円筒である。杭全長は700mm、外径は軸部が24mm、杭底部が35mm、拡底部の立ち上がり角度は12度である。内径は16mmであり、杭内部①～⑧断面に各2面（A面、B面）にひずみゲージを貼り付けている。また、杭底面から高さ300mmまでの杭表面には豊浦砂を吹付け、鉛直載荷時に杭表面で滑らないようにした。

3. 実験条件および実験手順

表1に実験条件を示す。実験は杭本数と杭間隔、地盤の上載圧をパラメータとした。杭間隔

は建築基礎構造設計指針⁴⁾（以下、指針）に示される最小杭芯間隔の目安値（軸部径 d +拡底径 D ）とした条件と、その0.7倍の杭芯間隔の2パターンとした。

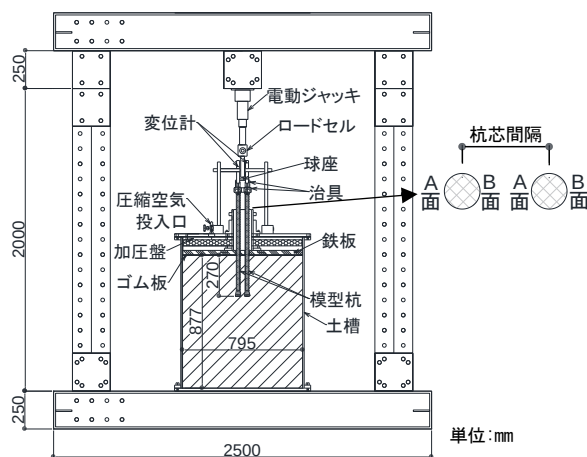


図1 鉛直載荷試験装置及び加圧土槽

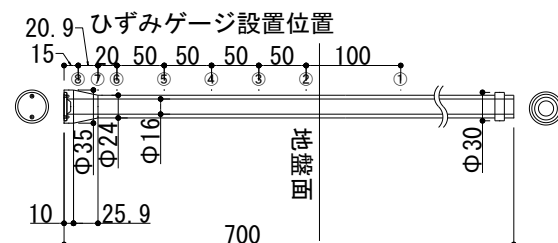


図2 模型杭

表1 実験条件

case	上載圧 (kPa)	軸部径 d (mm)	拡底径 D (mm)	杭 本数	杭芯間隔		Dr (%)
					軸部	拡底部	
B50-S	50	24	35	1	-	-	78
B50-GN				2	1. 70d	1. 17D	72
B50-GM					2. 44d	1. 67D	86
B100-S	100			1	-	-	76
B100-GN				2	1. 70d	1. 17D	77
B100-GM					2. 44d	1. 67D	71
B200-S	200			1	-	-	72
B200-GN				2	1. 70d	1. 17D	76
B200-GM					2. 44d	1. 67D	76

Study on pile group effect of belled cast-in-place pile based on vertical load test
 of model pile using pressure chamber

－ Effect of overburden pressure －

Kengo OJIMA, Shuichi SHIMOMURA, Tomoyuki OGATA
 Toshiaki ARAI, Yasuhiro GUNJI and Kenta KUMADA

以下に実験手順を示す。

- ① 加圧土槽内部に高さ587mmまでサンドレイナーを使用し豊浦砂(図3)を降らせた。目標相対密度は80%とした。
- ② 土槽中心部分に模型杭を鉛直に設置した。
- ③ 再び加圧土槽内部に①と同じ方法で砂を降らせた。
- ④ 砂を高さ877mmまで降らせた後、地表面を整地した。
- ⑤ ゴム板と鉄板及び加圧盤を順に地表面に載せた。
- ⑥ エアバックに空気を入れて上載圧を作用させ、地盤沈下の収束を確認した。
- ⑦ 杭頭部を載荷用治具で固定し、ロードセル、電動ジャッキ、変位計、ひずみゲージをセットした。0.9mm/分の速度で鉛直載荷試験を行った。
- ⑧ 杭頭変位10mm到達後、0.9mm/分で除荷した。

4. 実験結果

4.1 単杭の検討

図4に単杭の杭頭荷重、先端抵抗力、周面摩擦力と杭頭変位関係を上載圧毎に示す。なお、先端抵抗力は⑦断面の軸力とした(拡底部の周

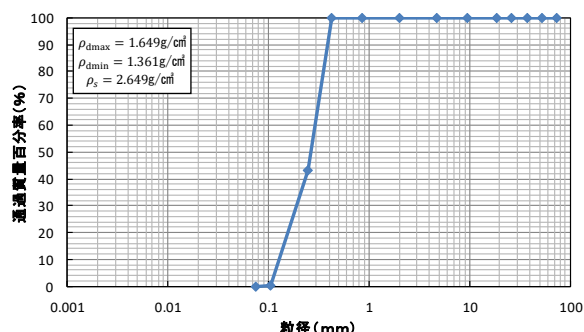


図3 豊浦砂粒径加積曲線

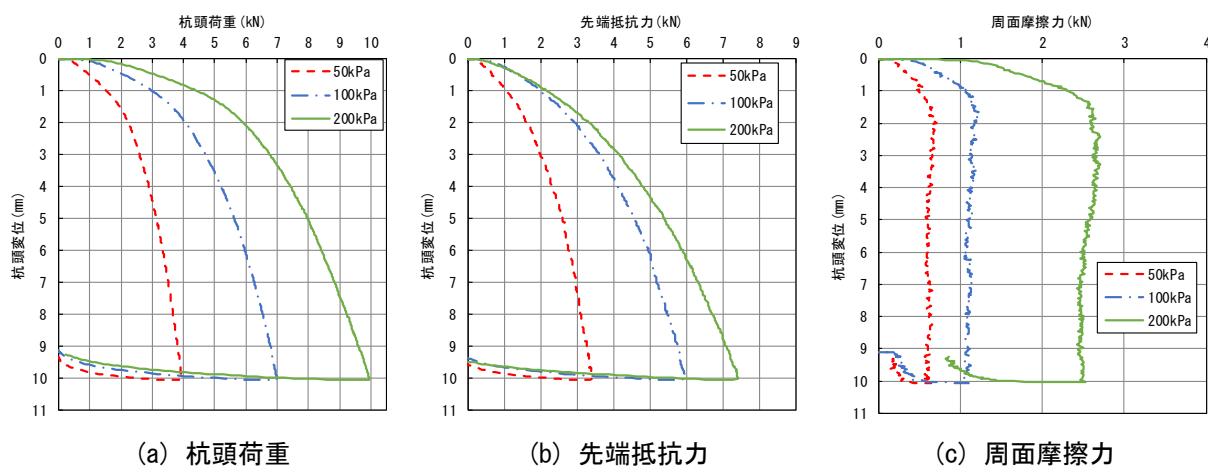


図4 単杭の杭頭荷重、先端抵抗力、周面摩擦力-杭頭変位関係

面摩擦力と先端面抵抗力を含む)。周面摩擦力は①断面軸力と⑦断面軸力の差で評価した。

図4より杭頭荷重、先端抵抗力、周面摩擦力ともに上載圧の増加に伴い大きくなっている。

上載圧50kPaに対し、100kPa、200kPaの先端抵抗力は1.8倍、2.2倍となっている。指針では、先端抵抗力がN値に比例する評価式が示されている。N値は上載圧の0.5乗に比例することを考慮すると、上載圧50kPaに対し、100kPa、200kPaは1.4倍、2倍となる。本実験結果はこの比例関係と概ね良い対応を示すが、上載圧100kPaはやや大きい。初期剛性からもその様子が伺える。

一方、周面摩擦力は上載圧50kPaに対し、100kPa、200kPaは1.7倍、3.7倍となっている。周面摩擦力は、杭表面の垂直応力に比例することを考慮すると、上載圧50kPaに対し、100kPa、200kPaは2倍、4倍となる。本実験結果はこの比例関係と概ね良い対応を示した。

4.2 群杭の検討

図5~7に群杭の杭頭荷重、先端抵抗力、周面摩擦力と杭頭変位の関係を上載圧毎に示す。これらの図には単杭の杭頭荷重、先端抵抗力、周面摩擦力を2倍した関係を併記した。

図5より、杭頭荷重はいずれの上載圧においても、群杭より単杭の2倍の方が大きい。200kPaにおいては沈下剛性に杭芯間隔の大小で明らかな違いがある。

図6より、200kPaにおける杭芯間隔が狭い場合以外は、群杭より単杭の2倍の方が先端抵抗力は大きい。杭頭荷重同様、200kPaでは杭間隔の大小の違いがある。

図7より、上載圧毎に周面摩擦力の傾向が大きく異なるが、杭芯間隔の広い方が周面摩擦力は大きくなる傾向は共通しており、200kPaに

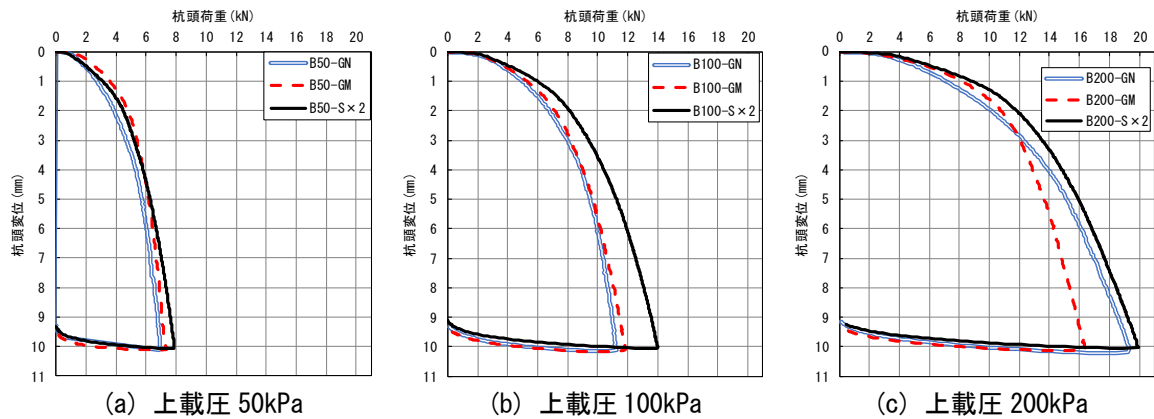


図5 杭頭荷重-杭頭変位関係

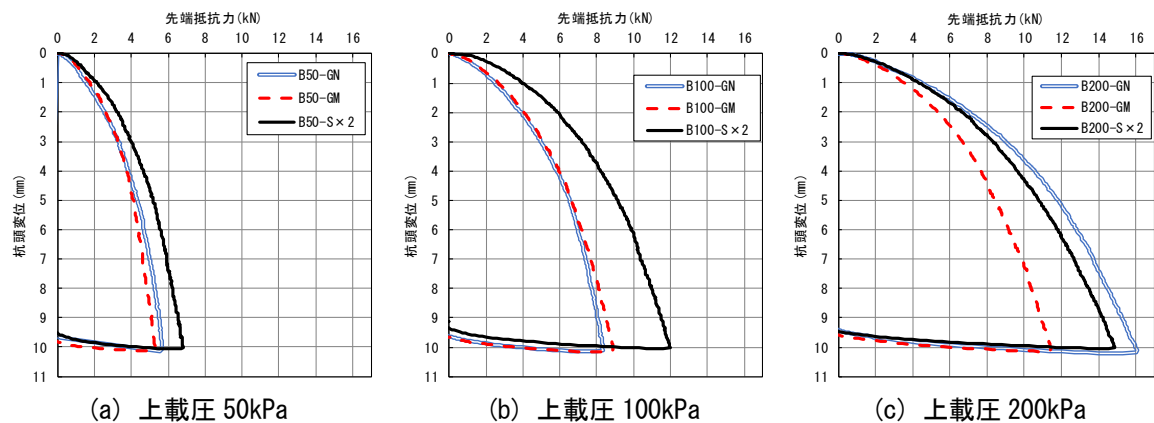


図6 先端抵抗力-杭頭変位関係

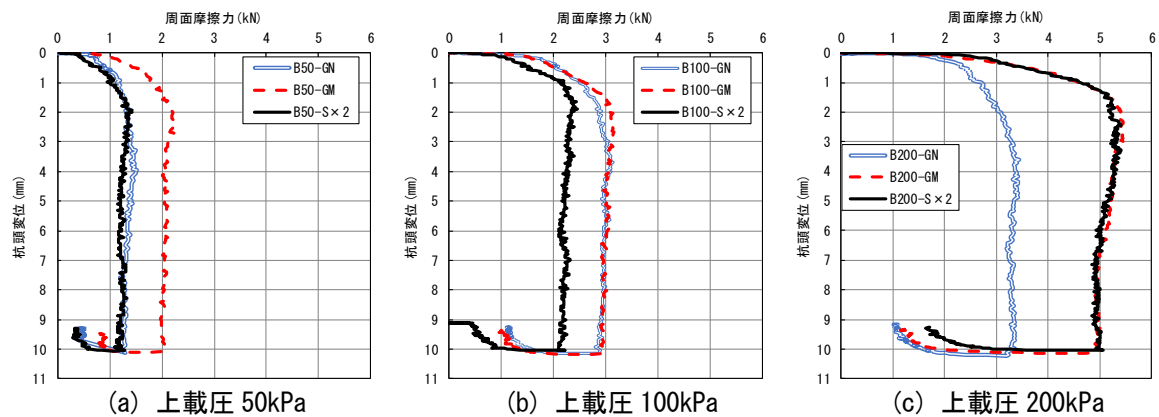


図7 周面摩擦力-杭頭変位関係

おける杭芯間隔が狭い場合以外は、群杭より単杭の2倍の方が周面摩擦力は大きい。

200kPaにおける杭芯間隔が狭い場合以外の群杭は、先端抵抗力が単杭の2倍より小さく、周面摩擦力は単杭の2倍より大きい。200kPaにおける杭芯間隔が狭い場合は、先端抵抗力と周面摩擦力で単杭との関係が他の群杭と逆傾向であるが、相殺されて杭頭荷重は群杭より単杭の2倍の方が大きい。

5. 群杭効果の検討

図8、9に杭頭変位1mm、2.4mm(軸部径の10%)、10mm時の群杭の杭頭荷重、先端抵抗力及び周面摩擦力を単杭のこれらの値で除した群杭効率 η と上載圧との関係を杭芯間隔毎に示す。図8、9より、全体的に杭頭変位に対して群杭効率に大きな違いはなく、杭頭荷重と先端抵抗力の群杭効率は上載圧によらず概ね1以下である。一方、周面摩擦力の群杭効率は1を上回るケースが多く見られる。

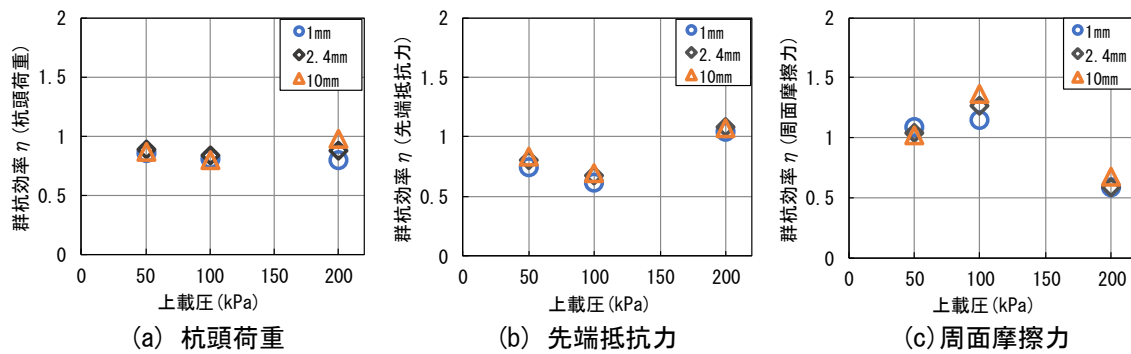


図 8 群杭効率-上載圧関係 (GN シリーズ)

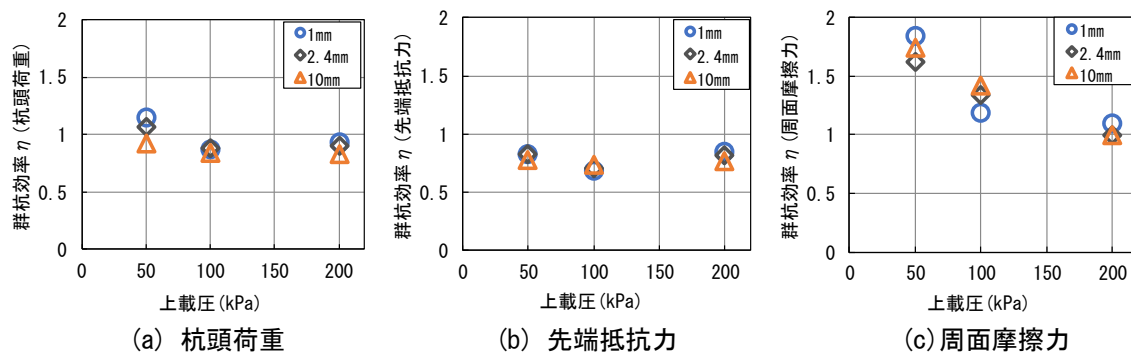


図 9 群杭効率-上載圧関係 (GM シリーズ)

群杭効率と上載圧及び杭芯間隔の関係は、本実験条件では明確な相関は認められなかった。特に杭間隔が狭く、上載圧が高い場合にはほかの条件と異なる傾向が表れている。

6. おわりに

本研究では加圧土槽を用いて模型拡底杭の鉛直載荷試験を行い、拡底杭の群杭効果を検討した。本実験条件の範囲内では群杭効率に及ぼす、杭芯間隔や上載圧の影響に明確な傾向は確認できなかった。今後は杭芯間隔を更に広げた条件や、直杭の実験を行い、拡底杭の群杭効果の検討を進める予定である。

[参考文献]

- 1) 真野英之：杭間隔の狭い群杭の沈下性状、日本建築学会大会学術講演梗概集・構造 I、pp.491-492、1996
- 2) 佐原守、秋野矩之、茶谷文雄：群杭の終局状態に至るまでの鉛直挙動に関する模型実験結果とその弾性解析、構造工学論文集 Vol.48B、pp.335-342、2002
- 3) 山田清巨、青木秀剛、国元直哉：砂地盤における群杭効率のモデル実験、土質工学研究発表会、pp.1197-1198、1986
- 4) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針、pp.198-222、2001