

可視化実験における杭体沈下に伴う群杭の地盤変形形態の変移

東京大学 学生会員 ○青山 翔吾 Luki Danardi
 東京大学 正会員 劉 邦安
 東京大学 フェロー会員 後藤 茂 東畑 郁生

1. はじめに

筆者等は群杭挙動の実証的研究の一環として、群杭支持地盤中の相互作用のメカニズムを明らかにするために大型土槽中で地盤に生じる変形の可視化模型実験及びPIV解析を行ってきた¹⁾。地盤中に生じた変位量やせん断ひずみの分布から、杭中心間隔が杭径の2.5倍の群杭では地盤の変形モードが群杭沈下量と共に変化する事が示された。杭沈下初期には群杭を包括するブロック状の地盤変形が生じるが、群杭沈下量の増大に従いそのブロック状変形は解消され各杭から個別に変形が生じる。本報では、群杭における異なる2つの地盤変形分布について、さらに群杭特有の相互作用の影響が無い単独杭可視化実験における地盤変形分布の足しあわせと比較することで、地盤変形に相互作用の影響が生じる領域を明らかにすると共に、その作用メカニズムを検討した結果を述べる。

2. 実験装置および方法

図1 a)は実験装置の正面図、b)はa)で示した直線A-A'上の断面図である。土槽は内寸で幅・奥行き160 cm、高さ140 cmの剛体土槽であり、正面の壁は群杭载荷中の地盤変形を可視化するために厚さ10 cmの透明アクリル板で構成されている。本実験は地盤の可視化実験が主目的であるため群杭及び単独杭を2次元でモデル化し、幅4 cm 奥行き8 cm 長さ100 cmの閉端底を有するアルミ製角パイプを模型杭に用いた。群杭模型はこの模型杭3本で構成し、比較のために杭中心の間隔を杭幅の2.5倍(2.5D, 10 cm)としたもの、及び5.0倍(5.0D, 20 cm)としたものの2種の群杭を用いた。単独杭については、群杭模型のうち中心杭のみを設置することで可視化実験を行った。

模型地盤には気乾状態の硅砂5号を用い、巻だし15 cm毎に締め固めを行い平均して相対密度90%の地盤を造成した。杭模型は、地盤を杭の初期根入れ深さ(55 cm)となる高さまで造成した段階で透明アクリル壁に密着させた状態で設置した。但し、杭とアクリル壁間の密着を高めて隙間への砂粒子の混入を軽減するために、アクリル壁と接する杭前面に厚さ7 mmのスポンジ状ゴムを、杭先端付近はこれに変えて厚さ3 mmのゴム板を貼付した。杭体設置後は、上方の地盤を同様に締め固めながら所定の高さ120 cmまで造成した。地表面からはエアバックを用い拘束圧を負加した。

実験は、2種の群杭・単独杭いずれも地表面拘束圧50 kPaにて杭頭変位量が30 mmに達するまで载荷を行い、その間の地盤変形を透明アクリル壁越しにデジタルカメラを用いて一定間隔で記録した。記録された画像データについては、WhiteによるGeo-PIV²⁾を用いてPIV解析を適用した。解析は検査領域: 24 pixel (3.6 mm)、探査領域: 200 pixel (30.8 mm)の条件で行い、杭頭沈下量1 mm毎に地盤中に生じた変形量の増分を求めた。

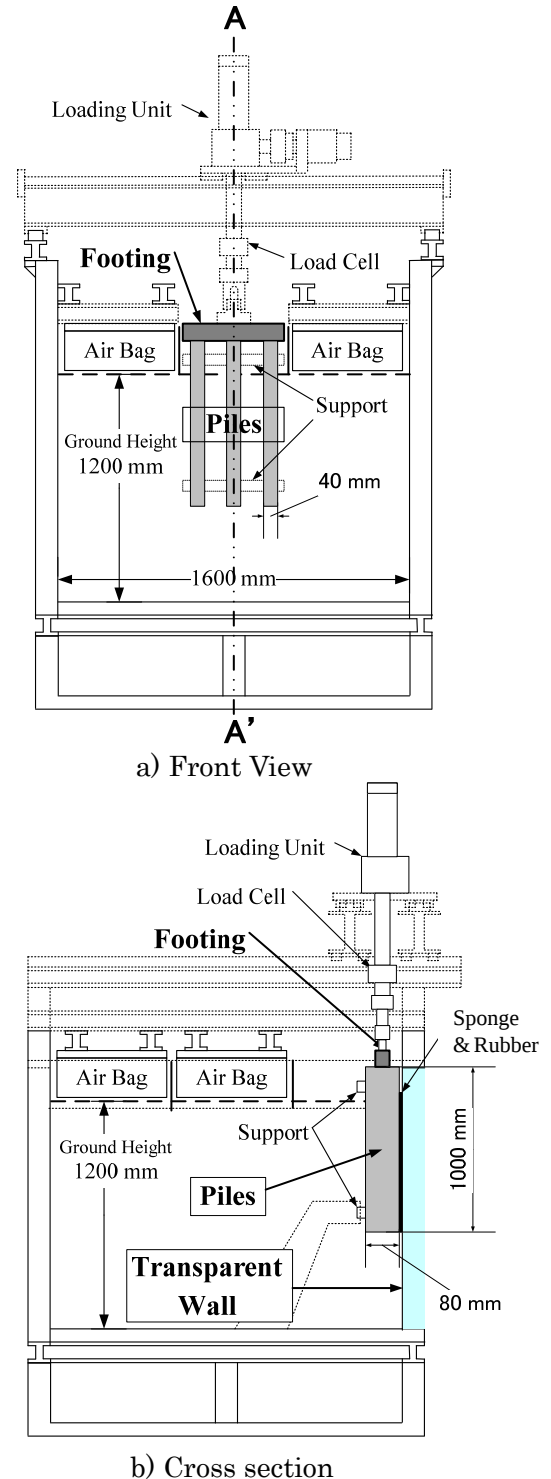


図1 a) 実験装置正面図
及びb) A-A'断面図

キーワード 群杭, 可視化実験, PIV, 相互作用, 周面摩擦

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 工学部1号館B39 TEL 03-5841-6123

3. 実験結果および考察

図2は単独杭を用いた可視化実験において、杭頭沈下量0~1 mm間に生じた鉛直方向の地盤変位増分の分布図である。単独杭での鉛直変位量分布を杭中心間隔が2.5Dとなるように3本分足し合わせて仮想的な群杭の変位量分布を求めたものが図3であり、この足しあわせの変位量分布には群杭特有の相互作用の影響が生じていない。図4-(a)の破線は、図3の各深度における鉛直変位量増分を示す。(b)の破線は、杭頭沈下量9~10 mm間で同様に単独杭の足しあわせから求めた地盤の鉛直変位量増分である。

図4の実線は、群杭可視化実験で得られた各深度における実際の鉛直地盤変位量増分である。群杭の杭頭沈下量0~1 mm間に生じた地盤鉛直変位量増分(図4-(a))は、単独杭の足しあわせによる変位量分布と大きく異なる。単独杭の足しあわせでは杭下方に個別にピーク値を示すのに対し、実際の2.5D群杭では杭と杭

の中間部下方に位置する地盤にも大きな下方変位が生じ、全体的には連続した変位量分布となっている。ただし、杭先端抵抗による影響が支配的な各杭下方の鉛直変位のピーク値については単独杭の足しあわせにより得られた変位量のピーク値とほぼ一致している。一方、杭頭沈下量9~10 mm間の地盤変位増分(図4-(b))においては実際の群杭でも杭中間部の下方地盤に下方変位は見られず、全体として単独杭の足しあわせによる鉛直変位分布と良く整合している。この時、杭との境界部では地盤がせん断破壊して杭中間部地盤の变形は杭周辺部に局所化している¹⁾ことから周面摩擦力の影響は低減しており、杭下方地盤の变形は主として先端抵抗により支配されていると考えられる。従って、杭頭沈下量によらず先端抵抗に起因する地盤鉛直変形については単独杭の足しあわせによって再現可能で有り、変形に対する群杭特有の相互作用の影響は小さいと考えられる。

これに基づくと、群杭沈下初期0~1 mmに見られた杭中間部下方での単独杭の足しあわせとの差違は群杭の先端抵抗によるものではなく、周面摩擦の作用によるものである事を示唆する。周面摩擦による地盤変形には、杭中間部地盤の拘束効果などの群杭特有の相互作用が働き、これが杭中間部地盤下方の変位増大を引き起こしたと考えられる。

なお本報では示さないが、杭間隔5.0Dの群杭についても同様の検討を行った結果、群杭の可視化実験から得られた地盤の鉛直変位は杭頭沈下量によらず単独杭の足しあわせと良く整合しており相互作用の影響は見られない。

4. まとめ

群杭可視化実験における鉛直変位量分布と単独杭での結果の足しあわせとの比較により、以下の知見を得た。

- ① 先端抵抗が支配的である地盤変形については、単独杭の足しあわせと良く一致し、相互作用の影響は小さい。
- ② 周面摩擦による地盤変形では、杭中間部地盤の拘束効果といった群杭特有の影響が群杭沈下初期に生じ、これが杭中間部下方に大きな変形を引き起こしたと考えられる。

謝 辞: 本研究に際し、ジャパンパイル株式会社社長 藪内貞男博士にご支援を頂いた。また、本研究は地盤工学会関東支部「群杭挙動の実証的な分析および検討委員会」の活動の一環として行われ委員の方々のご助言を頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献: 1) 青山他(2013): 群杭支持地盤に生じる地盤変形についてのPIV解析, 第48回地盤工学研究発表会 2) White D. J. (2003): Soil deformation measurement using particle image velocimetry and photogrammetry, Geotechnique Vol. 53, No. 7, pp619-631

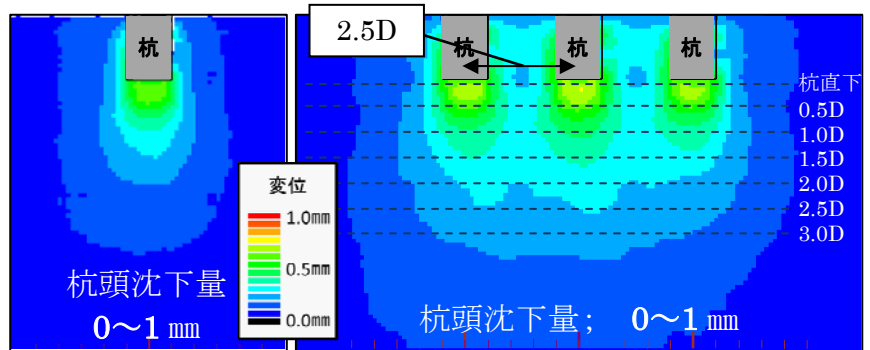


図2 単独杭における鉛直方向変位増分

図3 単独杭の足しあわせから求めた仮想的な群杭における鉛直方向変位増分

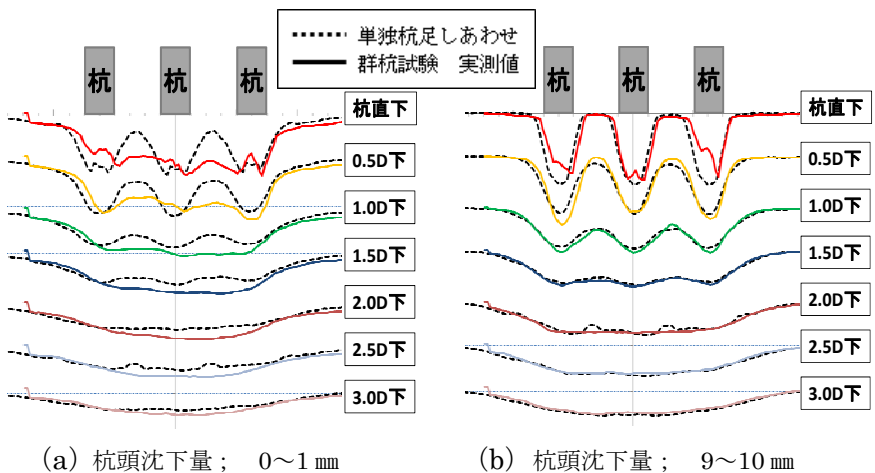


図4 群杭実測値と単独杭足しあわせの鉛直変位増分 比較