

拡底杭引抜き時における低拘束圧地盤の変形挙動

—PIVによる杭周辺地盤の画像解析—

早稲田大学 学生会員 ○大竹 浩太

早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一

清水建設(株) 技術研究所 正会員 桐山 貴俊

1. はじめに

地震動、風荷重による高層建造物のロッキング等により、基礎構造物に対する鉛直上向きの外力が発生する。これらの上向き外力に抵抗するために、杭の引抜き抵抗が用いられる。特に拡底部を有する杭は、周面摩擦に加え、拡底部の外周面直交方向に作用する支圧力を発揮することから、直杭に比べ、より大きな引抜き抵抗が期待できる。拡底杭の引抜き抵抗に関しては、杭頭荷重を計測した報告、数値解析を用いた報告がなされている¹⁾。本稿では、杭の引抜き時の地盤変形挙動に注目し、直杭と、拡底角 15° 、 30° 、 90° である3種類の拡底杭の計4種類の杭を、地盤を模擬したアルミ棒積層体に設置し引抜き試験を行った。杭の引抜き量と引抜き抵抗の関係を得ると共に、Particle Image Velocimetry (PIV)による画像解析を実施した。

2. 実験装置および実験手順

杭引抜き試験装置は2次元条件を模擬し、地盤(アルミ棒積層体)および杭から構成される。地盤であるアルミ棒積層体は、深さ200(mm)、幅523(mm)の寸法である(図1)。杭は杭長220(mm)、軸径20(mm)、奥行き50(mm)のステンレス製の剛体杭で、うち拡底杭3種は拡底径60(mm)の拡底部を有している(図2)。場所打ち杭を想定して、杭周と地盤の密着性を考慮するために、杭周にアルミ棒を接着した。杭はハンドルにより鉛直変位が制御可能である。アルミ棒の寸法は、長さ50(mm)の円形断面であり、直径1.6(mm)、3.0(mm)の2種類をそれぞれ質量比2:1の割合で混合した。地盤構成後3色(赤、青、黒)のペンを用いて20(mm)幅の層状になるようにアルミ棒断面を着色し、その後着色がランダムになるようにアルミ棒を攪拌した。

実験手順について述べる。まず10(mm)高さの底部地盤を作成し、杭を装置上部より吊下げた。杭底面と底部地盤を近づけた後、190(mm)高さの地盤を作成し、計200(mm)高さの地盤とした。初期状態(引抜き量0.00(mm))から、手動ハンドルにより杭を12.00(mm)まで引抜き鉛直変位させた。杭を一定量引抜くごとに、荷重計の値を読み取り引抜き抵抗を測定すると共に、装置側方から試験装置の正面図を撮影し画像解析に用いる画像データとした。PIVによる画像解析では、画像上にメッシュを設置し1つ前の画像データと比較して一致度が最も高い領域へ変位したと判断する²⁾。そのため画像の変化を正確に追跡し、外的要因による撮影条件の変化を最小限に抑えなければならない。周囲からの光の影響を防ぐため、地盤背後に黒色カーテン、上面にアクリル板を設置した(図3)。

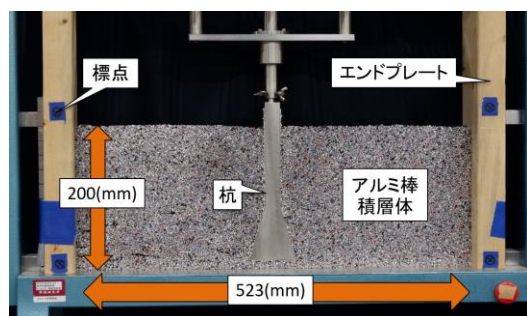


図1 杭引抜き試験装置正面図

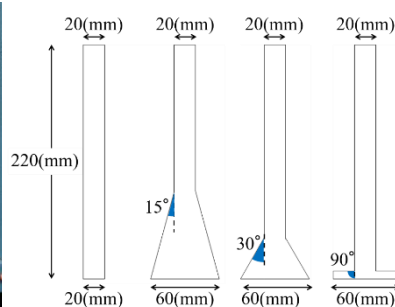


図2 杭模式図

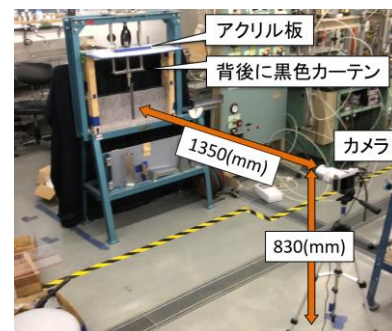


図3 杭引抜き試験俯瞰図

キーワード 拡底杭, アルミ棒積層体, 引抜き試験, PIV

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58 号館 205 号室 早稲田大学赤木研究室 TEL 03-5286-3405

3. 実験結果および解析結果

本実験を各杭で3回ずつ実施し得られた、杭の引抜き量 $d(\text{mm})$ と引抜き抵抗 $Q(\text{N})$ の関係を図 4(a)~(d) (順に直杭, 拡底角 15° , 30° , 90°) に示す. 図 4(a)~(d) より, 拡底角が大きくなるほど引抜き抵抗の値が大きくなった.

図 4(a)~(d) での case3 について, 杭の引抜き量が $2.00(\text{mm})$ の際 (図 4(a)~(d) の橙色点線時) における地盤内要素の鉛直変位の PIV 画像解析結果を図 5(a)~(d) (順に直杭, 拡底角 15° , 30° , 90°) に示す. 画像は初期状態から引抜き量 $2.00(\text{mm})$ までの鉛直変位を示している. コンターは最大鉛直変位が $2.00(\text{mm})$ で, 青色に近いほど地盤内要素が大きく変位したことを示している. 図 5(a)~(d) の鉛直変位の画像解析結果より, 拡底角が大きいくほど地盤内要素の鉛直変位の影響範囲は広がった. またアルミ棒を積む際, 杭の左右で詰め方に誤差が生じ, 拡底角 90° の結果において, 図 5(d) より, 鉛直変位は左右非対称分布であった.

4. まとめ

本稿ではアルミ棒積層体を用いた杭引抜き試験を行い, 引抜き量と引抜き抵抗の関係と PIV による画像解析結果について報告した. 得られた結果は以下の通りである.

- 1) 引抜き量と引抜き抵抗の関係より, 拡底角が大きいくほど引き向き抵抗の値は大きくなる.
- 2) 鉛直変位の PIV 画像解析結果より, 拡底角が大きいくほど地盤内要素の鉛直変位の影響範囲は広がる.
- 3) 鉛直変位の PIV 画像解析結果より, 拡底角 90° の結果において, 鉛直変位は左右非対称分布である.

<謝辞>

日本工営株式会社のソッキアン博士より画像解析ソフトを提供していただきました. 記して謝意を表します.

<参考文献>

- 1) 平井芳雄, 若井修一, 青木雅路: 砂質土地盤における拡底杭の引抜き抵抗に関する遠心力模型実験, 日本建築学会構造系論文集, 第 74 巻, 第 643 号, 1613-1619, 2009.
- 2) 上野勝利, スレンソッキアン: 隣接基礎による砂地盤の変形と支持力, 土木学会応用力学論文集, Vol7, pp. 65-74, 2004.
- 3) 佐藤慶太, 赤木寛一, 桐山貴俊: PIV を用いたアルミ棒積層体地盤の拡底杭引抜き模型実験に関する PIV を用いた大変形解析, 第 47 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2020.

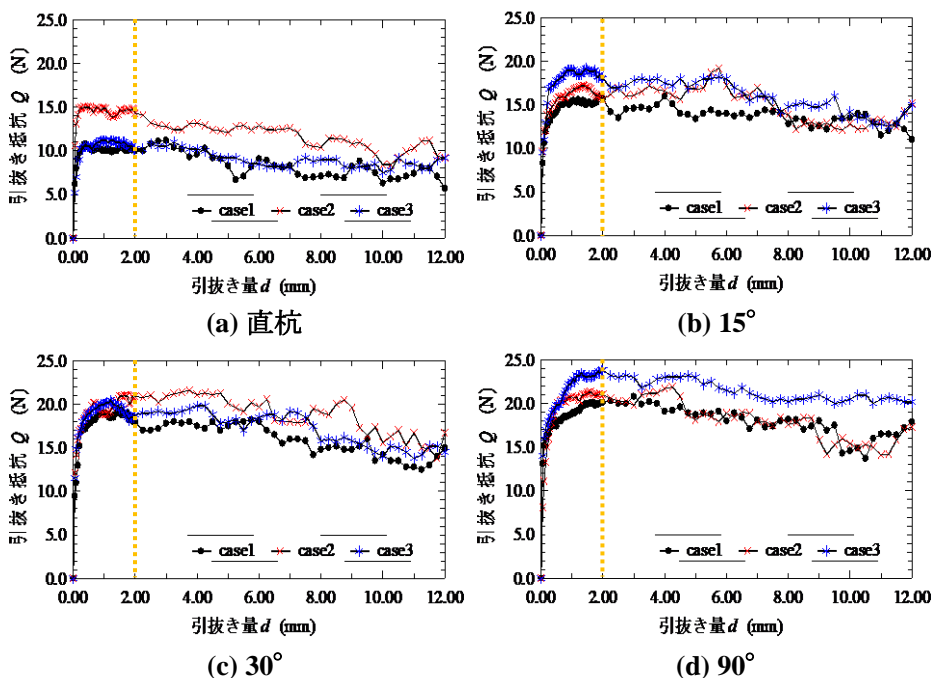


図 4 引抜き量と引抜き抵抗の関係

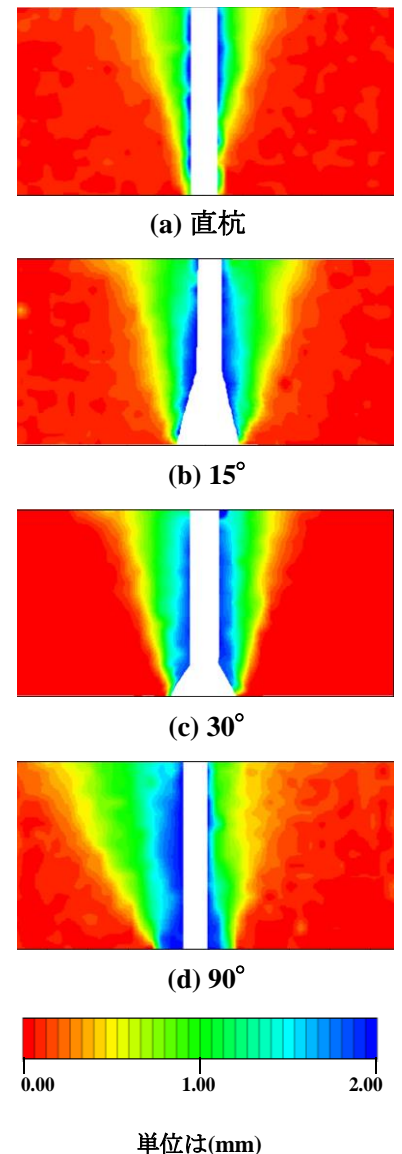


図 5 PIV 画像解析結果