

小口径杭によるフローティング式低改良率地盤改良の変形特性について

独立行政法人土木研究所
同上

正会員 〇島崎 修
正会員 堤 祥一

正会員 井谷雅司
正会員 大下武志

1. はじめに

近年、環境負荷低減およびコスト縮減が求められている中で、土木研究所では小口径杭によるフローティング式地盤改良を検討している。しかしながら、その設計法については確立されていないのが現状である。小口径杭のメリットは深層混合処理工法などのφ1.0～2.0mなどの大口径と比べ、同一改良率で比較した場合に、周面摩擦を大きくとれることもあり、沈下対策には有利である。しかし、一般に改良率が低いことによる杭間での地盤のすり抜けが問題となり、円弧すべりおよび変形の要因となり得る。現在、定量的な評価方法が確立されておらず、FEM 解析などで検討する以外に評価する方法が無いのが現状である。そこで、小口径杭の改良効果と地盤変形の評価手法について検討する。

2. 実験方法

実験では実験地盤としてカオリンクレー（ASP-100）を使用し、含水比を88%に調整した後に、土槽（内寸法60cm×20cm×40cm）の中に投入する。小口径杭にはアルミ棒（φ=3、10mm）を使用し、地盤整形後に所定の位置に設置する。真鍮棒により実験地盤表面に圧密荷重24kN/m²をかけ、遠心加速度70Gの遠心場で両面排水の条件もとに24時間圧密を行ったものを実験に使用した。実験概要図を図-1に、カオリンクレーの物性を表-1に示す。遠心場での載荷盛土を再現する為、実験地盤の圧密完了後に遠心載荷装置を一時停止し、真鍮棒を撤去した後に砂降らし装置を土槽上部に設置する。今回の実験では実大換算で盛土高4.0mを想定し、実験では比重の高いジルコンサンド（土粒子の密度4.7g/cm³）を盛土材料として使用した。これにより、低い盛土高で高い盛土高を再現することができ、砂の落下する軌道に影響を及ぼすコリオリ力を抑えることができる。砂降らし装置の設置後は再度、遠心載荷装置により実験地盤の自重圧密を行った。地盤変形については CCD カメラを用いた画像処理システムにより、実験地盤の側面に設置したターゲットの移動量を計測した。実験は実大換算で杭長 L=5.0m、10.0m、杭径 φ=210、700mm、改良率 a=3.0～61.2%として実施した。表-2に実験ケース一覧を示し、実験後の地盤の状況を図-2に示す。

3. 実験結果

今回の実験では無対策（Case1）において明確な円弧すべりが発生しており、すべり面の深さは地盤地表面より7cm付近である。ターゲット移動量より算出した、載荷盛土によ

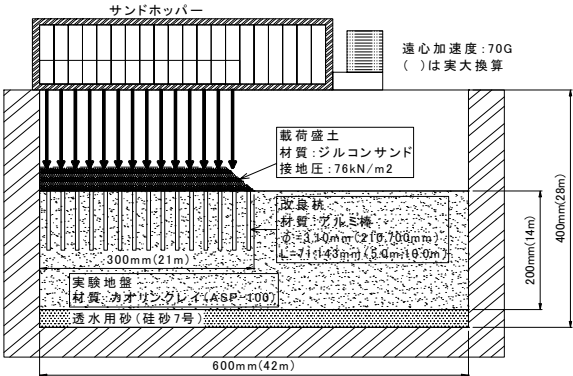


図-1 実験概要図

表-1 実験地盤の物性値

名称	記号	数値
液性限界	Wc	81.94%
塑性限界	Wp	30.48%
塑性指数	Ip	51.46%
土粒子の密度	ρs	2.639g/cm ³
強度増加率	Cu/P	0.23

表-2 実験ケース一覧

実験 ケース	杭径φ (mm)	杭長L (m)	改良率a (%)
Case1	無対策		
Case2	210	5.0	3.0
Case3	210	5.0	9.0
Case4	210	5.0	12.0
Case5	210	10.0	3.0
Case6	210	10.0	9.0
Case7	210	10.0	12.0
Case8	700	10.0	13.3
Case9	700	10.0	32.9
Case10	700	10.0	61.2

(値は実大換算値)

キーワード: フローティング、小口径杭、遠心載荷実験、側方流動

連絡先: 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 独立行政法人土木研究所 Tel: 029-879-6759

る沈下土量 $V\rho$ と側方流動に伴う流動土量 $V\delta$ の関係を示したものが表-3および図-3である。これより Case2~7 についてみると、改良率 3~9%の範囲では改良率の増加に伴い流動土量、沈下土量共に減少傾向にあることが分かる^{*1}。また、改良率 9~12%の範囲では増加傾向にあることが分かる^{*2}。図-4に示す流動土量-沈下土量の関係 $V\delta/V\rho$ についてみると Case2~4 のようにすべり面より浅い改良の場合では流動土量と沈下土量はほぼ等しく^{*3}、Case5~7 のようにすべり面より深い改良の場合では流動土量が顕著に減少することが分かる^{*4}。また、同じ杭長ではほぼ同じ改良率の Case7 と Case8 を比較した場合、杭径を大きくすることにより流動土量と沈下土量の差が顕著に現れることが分かる^{*5}。また、Case9~10 の結果より、改良率 32.9%からは流動土量、沈下土量共に改良率の増加に伴い、減少することが分かる^{*6}。

4. 考察とまとめ

(1) 改良率による効果

改良深度が浅い場合は改良率が大きくなるほど（9%以上）、改良部の地盤への変形影響範囲が大きくなることが想定され、改良杭の共倒れにより、変形土量が全体的にみると大きくなることが考えられる。

(2) 杭径による効果

同改良率で比較した場合、杭径を大きくし、杭間距離が広くなることは側方流動の促進につながる事が考えられる。

(3) 改良効果と側方流動土量および沈下土量

側方流動土量と沈下土量について、円弧すべり面より浅い改良の場合は改良杭が地盤の側方流動と共に流される現象が発生し、側方流動土量と沈下土量はほぼ同じ土量で、側方流動を低減する効果は無いと考えられる。また、深い改良においても同改良率で杭径を大きくすると、杭間距離が増加することにより地盤のすり抜けが発生し、側方流動が卓越するものと考えられる。

5. 今後の課題

これまでの研究では改良地盤における圧密沈下量の推定式について検討し、実証してきた¹⁾。今回の研究では杭長、改良率および杭径をパラメータとした側方流動への影響度を確認することができ、今後は改良効果による圧密沈下量と側方変位量との相関性を検討し、定量的に変形量を算定できる手法を検討する予定である。

〈参考文献〉

- 1) 井谷ら：フローティング式深層混合処理工法を用いた擁壁基礎の沈下量推定について、第 59 回年次学術講演会、2004.9

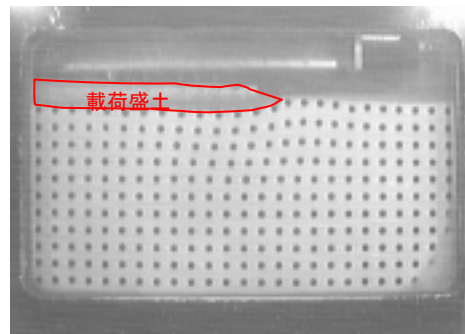


図-2 実験地盤の変形 (Case4)

表-3 変形土量 (実験地盤)

実験 ケース	流動土量 $V\delta$ (m ³ /m)	沈下土量 $V\rho$ (m ³ /m)	$V\delta/V\rho$ (-)
Case1	4.03	2.99	1.34
Case2	^{*1} 3.55	^{*1} 3.19	^{*3} 1.11
Case3	^{*1,2} 3.02	^{*1,2} 3.13	^{*3} 0.97
Case4	^{*2} 4.18	^{*2} 4.32	^{*3} 0.97
Case5	^{*1} 1.36	^{*1} 2.11	^{*4} 0.65
Case6	^{*1,2} 0.44	^{*1,2} 1.16	^{*4} 0.37
Case7	^{*2} 0.46	^{*2} 1.70	^{*4,5} 0.27
Case8	0.72	0.35	^{*5} 2.07
Case9	^{*6} 0.19	^{*6} 1.57	0.12
Case10	^{*6} 0.07	^{*6} 0.97	0.07

(値は実大換算値)

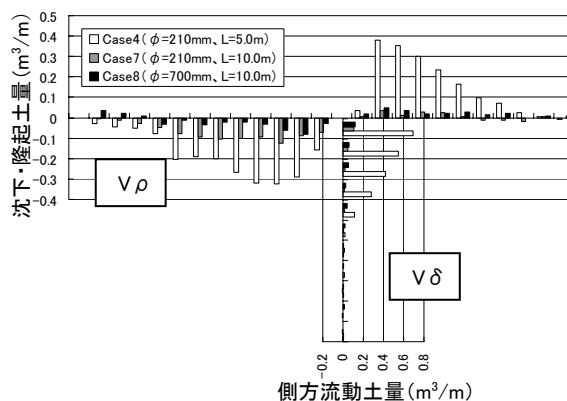


図-3 水平・鉛直移動土量の分布

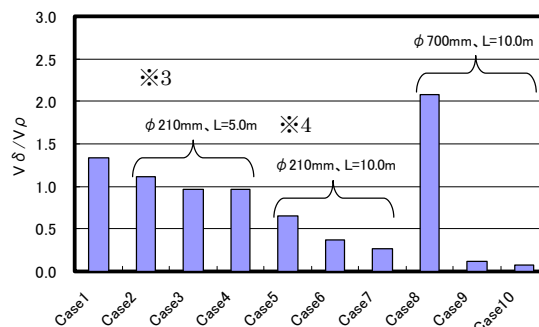


図-4 流動土量-沈下土量の関係