

拘束圧下での模擬不攪乱粘性土のかく乱・減容化効果の実験的検証 - かく乱の程度の影響 -

東亜建設工業 技術研究開発センター 正会員 ○田中洋輔 御手洗義夫 木内大介  
 港湾空港技術研究所 正会員 森川嘉之

1. はじめに

筆者らは、自然粘性土地盤が人為的かく乱により圧縮性が変化することを利用した「かく乱・減容化工法」の開発を進めている<sup>1)~2)</sup>。これまで、不攪乱試料に対して室内試験により、かく乱による減容化効果を検証してきた<sup>1)~2)</sup>。しかし、これまでは拘束圧の作用していない状態でかく乱を行い、またかく乱の程度の影響について詳細に検討されてなかった。そこで、筆者らは、拘束圧の作用した状態でかく乱できる実験装置を用い<sup>3)</sup>、かく乱の程度が減容化効果に及ぼす影響について検討した。

2. 実験装置と試料

図-1 に今回使用した実験装置の概略図を示す。この装置に内蔵された、かく拌用の羽根(直径290mm, 厚さ5mm)を回転させることにより、拘束圧を作用させた状態で試料をかく乱することができる。また、荷重ロッドに取り付けてある変位計により沈下量を測定する。

実験で使用した模擬不攪乱試料は、市販の笠岡粘土( $w_L=60\%$ )を水道水で液性限界の2倍に調整し、早強セメントを外割で $30\text{kg/m}^3$ 混合したものである。一軸圧縮強さが $50\text{kN/m}^2$ 程度である、材齢7日経過した試料に対して実験を行った。

実験装置、模擬不攪乱試料の詳細については、参考文献3)を参照されたい。

3. 実験条件と方法

今回実施した実験ケースの一覧を表-1に示す。今回の検討では、かく乱時の鉛直圧を $50\text{kPa}$ とし、かく乱時の羽根の回転数を4種類設定した。なお、羽根の回転数は羽根を $5\text{mm}$ 貫入ごとの回転数である。

実験方法は以下の通りである。

- 1) 容器に作製直後の模擬不攪乱試料のスラリーを敷設し、羽根を内蔵した荷重ピストンを設置後、上下面を非排水の状態<sup>7</sup>で7日間養生する。なお、試料の初期層厚は $30\text{cm}$ 程度である。
- 2) 養生完了後、空圧により $50\text{kPa}$ 荷重し、両面排水の状態<sup>8</sup>で圧密沈下が収束するまで荷重を続ける。
- 3) 鉛直圧 $50\text{kPa}$ を維持し、両面排水の状態<sup>9</sup>で試料をかく乱する。かく乱開始時、羽根は試料の上端に位置し、羽根を $5\text{mm}$ 貫入ごとに回転させる。なお、羽根の可動範囲は、試料上下端から $1\text{cm}$ 以内である。
- 4) かく乱終了後、圧密終了まで空圧荷重を継続する。なお、圧密終了の判定は、変位計のデータに基づき、 $2t$ 法による。
- 5) 圧密完了後、試料を取出し、試料の含水比を測定する。

4. 実験結果

図-2 に沈下曲線を示す。横軸をかく乱開始からの経過時間、縦軸は初期層厚に対する圧縮ひずみとしている。

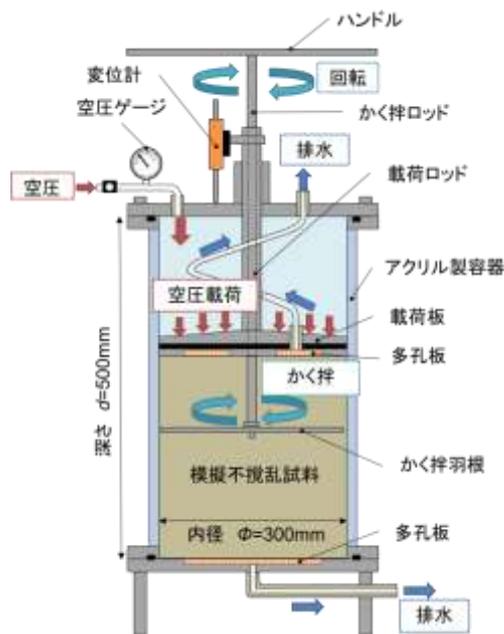


図-1 実験装置概略図  
 表-1 実験条件

ケース	羽根の回転数 (回転)	かく乱時拘束圧 (kPa)
1	1	50
2	5	
3	10	
4	20	

キーワード かく乱・減容化, 拘束圧, 回転数

連絡先 〒230-0035 横浜市鶴見区安善町1-3 東亜建設工業(株)技術研究開発センター TEL 045-503-3741

なお、かく乱の作業時間は30～50分程度である。沈下曲線を比較すると、1回転と5回転以上で沈下収束時の圧縮ひずみに差が生じた。図-3は、試験終了後の試料の羽根の可動範囲の含水比分布を示す。含水比は図-3(e)に示す3ヶ所から深さ方向に2cm間隔で含水比を測定した。表-2に実験後の測定含水比の平均値および測定値の変動係数を記している。図-3、表-2より、1回転のケースの測定含水比の平均値が100%程度と他のケースより大きく、かつ測定含水比の変動係数も大きい。逆に5回転以上のケースでは、測定含水比の平均値は95%前後で、測定含水比の変動係数も小さい。以上の結果より、羽根の回転数が5回転以上であれば地盤を十分にかく乱できると考えられる。

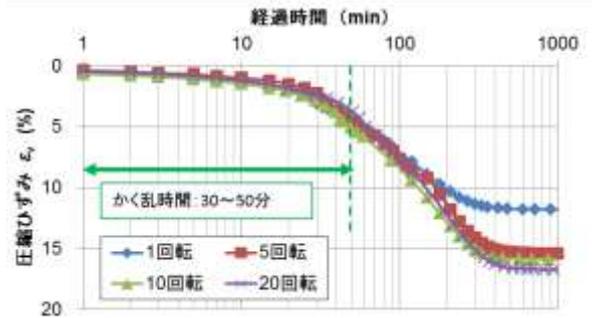


図-2 沈下曲線

表-2 実験結果一覧

ケース	初期含水比 (%)	かく乱後圧縮ひずみ (%)	実験後の含水比	
	(%)	(%)	平均 (%)	変動係数 (%)
1	124.1	11.8	100.5	3.9
2	122.3	15.4	96.4	1.3
3	124.1	15.9	96.6	2.5
4	122.5	16.7	94.5	2.8

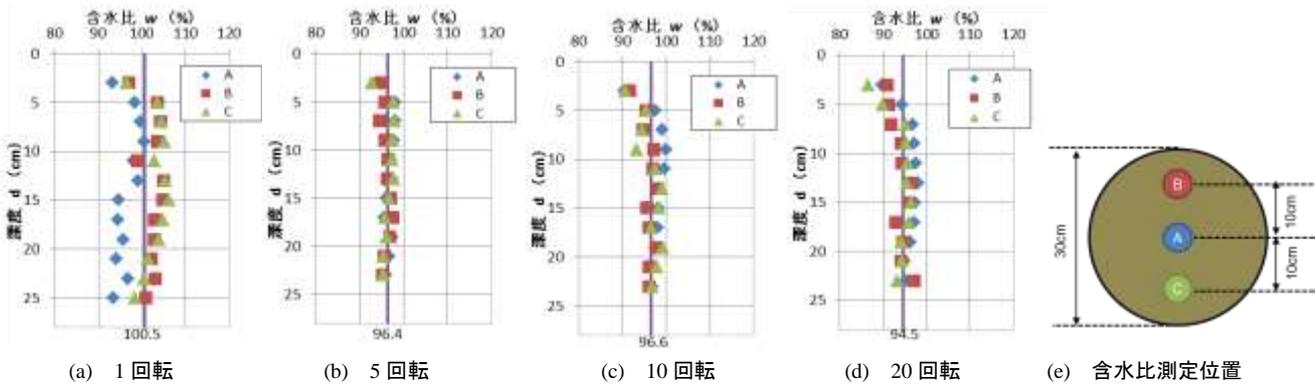


図-3 かく乱後の含水比分布 (50kPa 載荷後)

5. かく乱に必要な羽根の回転数について

かく乱・減容化工法では、深層混合処理機による地盤のかく乱作業を想定している<sup>2)</sup>。陸上の深層混合処理の攪拌混合の程度を「羽根切り回数」で管理し、管理基準として羽根切り回数を改良長1m当たり350回以上としている<sup>4)</sup>。今回の実験条件である羽根の回転数を、「羽根1枚あたりの羽根切り回数」に換算し、実際の深層混合処理の管理基準と比較した。

- i. 今回の実験条件の5回転を、「羽根1枚あたりの羽根切り回数」に換算すると5回×2枚=10回となる。
- ii. 深層混合処理機の羽根の厚さを10cmとした場合、「1mあたりの羽根切り回数」の350回を「羽根1枚あたりの羽根切り回数」に換算すると350×10cm/100cm=35回となる。なお羽根の厚みは、参考文献4)に掲載されている図面より読み取った。

以上より、今回の羽根の回転数から換算した「羽根1枚あたりの羽根切り回数」は、実際の深層混合処理の管理基準の半分以下となった。これは、通常深層混合処理の施工時間のよりも短時間でかく乱作業が十分であることを示唆している。

6. まとめ

本研究では、拘束圧作用下のもとで模擬不攪乱試料のかく乱の程度が減容化効果に及ぼす影響について検討した。その結果、羽根の回転数が5回転以上で十分なかく乱効果が得られることが確認できた。また、実施工を想定した場合、通常陸上の深層混合処理の半分以下の攪拌で、地盤を十分にかく乱できることが確認できた。

【参考文献】1) 御手洗ら：乱れが自然堆積粘性土の圧密特性に及ぼす影響とその積極的な利用方法について、土木学会第68回年次学術講演会, pp.419-420, 2013. 2) 西田ら：攪乱・減容化工法の開発と原理, 第59回地盤工学シンポジウム, pp.583-590, 2014. 3) 田中ら, 模擬不攪乱粘性土に対する拘束圧下でのかく乱による減容化効果の実験的検証, 第51回地盤工学研究発表会, 2016 (投稿中). 4) 陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル改訂版, 2004.