

変位低減型深層混合処理工法の現場実験と攪拌混合効率に関する一考察

清水建設 (株) 正会員 ○遠西 幸男 正会員 上村 一義
 あおみ建設(株) 大古利 勝己
 (株)テノックス 又吉 直哉
 (株)不動テトラ 正会員 深田 久

1. はじめに

深層混合処理工法は、複数枚の板状の羽根からなる攪拌翼を地中に回転しながら貫入し、その攪拌翼でセメントスラリーと原地盤を攪拌混合するものである。一般に、羽根が原地盤を通過した回数を羽根切り回数と称し、その回数により攪拌混合効率に変化することが判っている。羽根切り回数は、セメントスラリーを吐出した時点から有効となり集計されるが、変位低減型深層混合処理工法（CDM - LODIC 工法）は、引抜き吐出方式のため、羽根切り回数は引抜き時のみが集計の対象となる。筆者らは、これまでに当該工法の現場実験を行い、羽根切り回数と強度のばらつきについて、本来集計されない貫入時の羽根切り回数も強度発現に寄与していることを報告した^{1)～3)}。これまで羽根切り回数は標準型（深度方向 1.0m 当り 350 回）より多いケースで実験を行ってきたが、本報文では標準型より少ないケースで現場実験を実施する機会を得たので、その結果を報告する。

2. 現場実験の概要

現場実験では、改良径 $\phi 1000\text{mm}$ の 2 軸方式により改良体を 3 本造成（打設長 12.0m、改良長 10.5m）した。改良体の仕様は、表 - 1 に示すように貫入速度を同一（1.0m/分）にして、引抜き速度を調整することにより、羽根切り回数を 360 回/m（a 杭）、290 回/m（b 杭）、220 回/m（c 杭）とした。また、目標強度（ $q_u=500\text{kN/m}^2$ ）に対する固化材添加量は、事前の室内配合試験の結果より、上部シルト層 220kg/m^3 、下部シルト層 190kg/m^3 とした。

3. 実験結果と考察

改良体の造成にともない、変位低減効果の確認として施工後の地表面変位量と排出土量を計測した。また、改良体の品質確認として、チェックボーリングを行い、一軸圧縮試験を実施した。

(1) 地表面変位量と排出土量

地表面変位量は、図 - 1 に示す測定杭の位置で測定した。施工後の地表面変位量（水平方向）は、表 - 2 に示すように a 杭が 5mm、b 杭・c 杭は 20mm 程度であり、そのときの排土率（セメントスラリー注入力に対する排出土量の割合）は、a 杭が 94%、b 杭・c 杭が 70% 程度である。CDM - LODIC 工法は、セメントスラリーの投入量に相当する地盤中の土を排出し、変位低減を図る工法であることから、通常、排出土量が少ないと変位量が大きくなる傾向を示す。

既往のデータに今回の測定結果をプロットしたものを図 - 2 に示す。a 杭は変位低減型の上限值以内に収まっているが、b 杭・c 杭は、上限値を若干上回る値となった。これは、スクリーンの仕様（スクリーピッチ、スクリーン断面積）が a 杭と同一であったため、b 杭・c 杭の排出土量が少なくなったことが原因と考えられる。しかし、b 杭・c 杭の変位低減効果は、貫入吐出方式の通常型施工（図中白丸）と比較した場合、十分に効果が発揮できていると考えられる。

表-1 現場実験の仕様

改良体	貫入速度 (m/分)	引抜き速度 (m/分)	羽根切り回数 T(回/m)
標準型	1.0	0.7	350以上
a杭	1.0	0.8	360
b杭		1.0	290
c杭		1.3	220

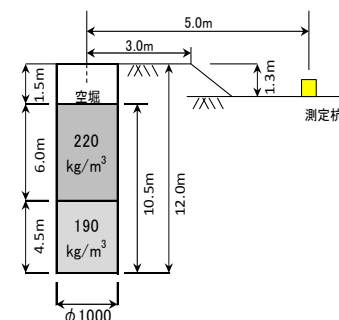


図-1 地表面変位測定位置

表-2 水平変位と排土量

	スラリー量 (m^3)	排土量 (m^3)	排土率 (%)	水平変位量 (mm)
a杭	4.92	4.65	94.3	5
b杭	4.90	3.46	70.7	21
c杭	4.91	3.52	71.7	20

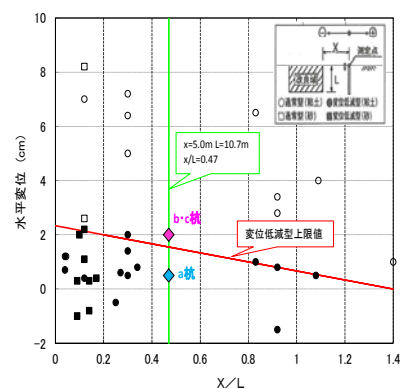


図-2 水平変位量の距離減衰

キーワード：地盤改良、深層混合処理、変位低減型、羽根切り回数、攪拌効率

連絡先：〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設（株）土木東京支店生産計画部 TEL 03-3561-3826

(2) 試験杭の一軸圧縮強さ

チェックボーリングは、深度-2m～-10mを対象に行い、一軸圧縮強さを調査した。調査結果は以下の通りである。

- ① 一軸圧縮強さの深度方向の強度分布を図-3に示す。強度発現は、概ねa杭>b杭>c杭の順であり、羽根切り回数が多いほど強度が高くなる傾向を示している。
- ② 計画段階ではシルト層を上部と下部に分けて固化材添加量を設定した。しかし、GL-4m～-6.5m付近で著しく強度が低下していたため、詳細な追加調査を行った結果、その範囲が有機質土であることが分かった。図-3に計画段階（左端）と追加調査（右端）の土質分布を示す。
- ③ この土質区分で土質別（シルト・有機質土）に分けた羽根切り回数と平均一軸圧縮強さの関係を図-4(a)に示す。何れの土質も、羽根切り回数が多いほど強度は高くなる傾向になり、土とセメントスラリーの攪拌混合効率が強度発現に大きく寄与していると考えられる。その一方で、有機質土では羽根切り回数が290回/m以下になると目標強度(500kN/m²)を満足することができなかった。
- ④ 改良体強度のバラツキを表す変動係数は、図-4(b)に示すように羽根切り回数が多いほど、変動係数は小さくなる傾向である。既往のデータに今回の変動係数をプロットしたものを図-5に示す。通常型施工の基準値(40%)と比較すると、シルトの変動係数は小さい値に収まるが、有機質土においては従来の羽根切り回数を踏襲しなければバラツキを抑えられない結果であった。

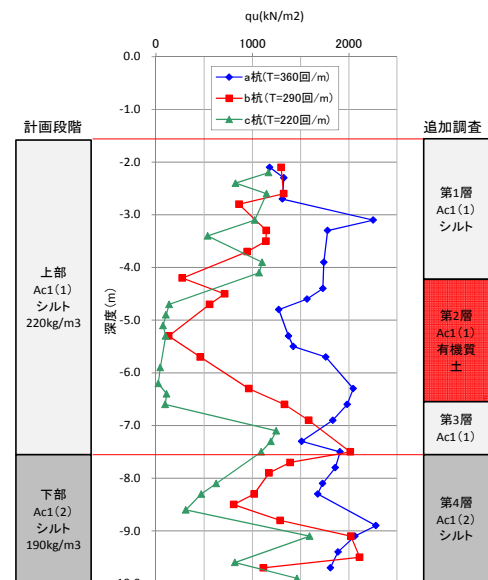
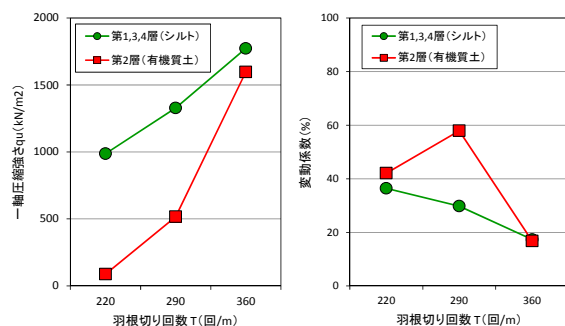


図-3 一軸圧縮強さ q_u の深度分布



(a) 一軸圧縮強さ q_u (b) 変動係数 V_c
図-4 羽根切り回数 T と q_u 、 V_c の関係

4. まとめ

(1) 今回、羽根切り回数を少なくしても、通常型施工に比べて変位低減効果が発揮できることを確認した。しかし、その適用にあたっては、更に排土率を向上するために、スクリーピッチあるいはスクリー断面の最適化を図る必要がある。

(2) 対象地盤がシルトの場合には、羽根切り回数を少なくしても、強度・変動係数ともに品質を十分に満足することが確認できた。これは、前回報告と同様、貫入時の羽根切り回数が攪拌混合効率に寄与していると判断できる。しかし、有機質土に関しては、羽根切り回数の減少により、改良土のバラツキが大きくなり、強度発現にも大きく影響することが判った。

(3) 今回の現場実験より、有機質土のような特殊地盤を除いて、従来の羽根切り回数の管理値を下げる事が可能であり、その結果、引抜き速度を速くすることができるため、施工能率の向上に繋がる事が期待される。今後も本工法の新基準適用に向けてデータの収集や解析に努めていく所存である。

参考文献

- 1) 上他：大径単軸変位低減型深層混合処理工法(CDM-LODIC)の開発と実証実験の概要, 土木学会第 65 回年次学術講習会, III-501, 2010.9
- 2) 上村他：大径単軸変位低減型深層混合処理工法(CDM-LODIC)の現場実証実験, 土木学会第 65 回年次学術講習会, III-502, 2010.9
- 3) 遠西他：変位低減型深層混合処理工法の攪拌混合効率に関する一考察, 土木学会第 66 回年次学術講演会, III-030, 2011.9
- 4) 上村他：変位低減型深層混合処理工法(CDM-LODIC)における排土量に関する一考察, 土木学会第 67 回年次学術講演会, III-263, 2012.9

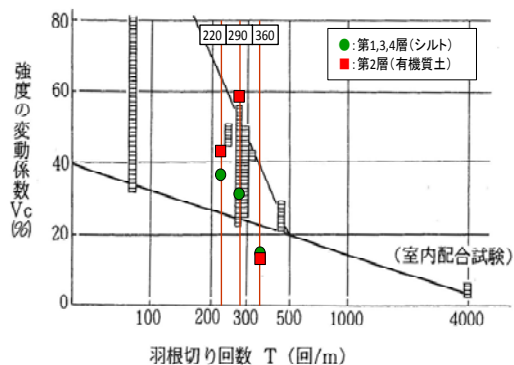


図-5 羽根切り回数 T と変動係数 V_c の関係