

軟質な粘性土の残滓（スライム）を対象とした深層混合処理工法の施工（その2）

清水建設(株)

正会員    〇村井貫二

渡辺太一

奥山昌和

正会員    土屋尚典

正会員    西田茉佑子

正会員    遠西幸男

正会員    長澤正明

小野田ケミコ(株)

正会員    今井誉人

村川    徹

国土交通省 中部地方整備局 岐阜国道事務所

玉越直哉

1. はじめに

本稿は、東海環状自動車道建設工事において、地盤改良工（深層混合処理工法）の室内配合試験結果<sup>1)</sup>を受けて実施した試験施工の結果を報告する。

2. 試験施工の目的

試験施工の施工仕様を表-1 に示す。試験施工では、良好な改良体を造成する施工方法を導き出すことを目的とし、水-固化材比（以下、W/C）を2.0 とした場合の実地盤への適合性と施工への影響を確認した。試験施工は実施工で使用する機材を用いて実施し、改良体はオールコアボーリングで採取して、設計の要求品質を満足できることを確認した。

表-1 試験施工の施工仕様

| 工法      | エポコラム-Taf 工法         |
|---------|----------------------|
| 設計基準強度  | 600kN/m <sup>2</sup> |
| 改良径     | φ 1600               |
| 空打長     | 0m                   |
| 改良長     | 約 20m, 37m           |
| 固化材     | ジオセット 200            |
| 固化材添加量  | 151kg/m <sup>3</sup> |
| 水-固化材比  | 200%                 |
| スラリー注入量 | 352L/m <sup>3</sup>  |

3. 試験施工の方法

試験施工のタイプおよびパターンを表-2 に示す。今回の試験施工は、室内配合試験の再現である配合 W/C=2.0 のスラリー注入量のみで施工する方法（以下、シングル攪拌）と、過去の類似工事で先行水掘り攪拌による施工で攪拌混合効率が改善した実績から、先行水掘りで攪拌混合した後、配合 W/C=1.0 のスラリー注入量で再度攪拌混合し、合計で配合 W/C=2.0 とする方法（以下、ダブル攪拌）で実施した。ダブル攪拌の先行水掘りの加水量は、地盤が液性限界に近くなる液性指数  $I_L > 1$  となる量を確保した。また、スラリー注入量が多く、貫入吐出のみではスラリーが地上へ上昇流出する可能性が高いことを考慮し、貫入吐出のみのパターンと貫入吐出＋引抜吐出のパターンをそれぞれ試みた。

表-2 試験施工のタイプおよびパターン

| タイプ  | 杭 No. | 杭種 | 打設長   | 攪拌方式       | 先行<br>水掘り | 継切<br>行程 | 吐出割合(%) |    | 先行水掘<br>速度 | 先行引抜<br>速度 | 貫入速度   | 引抜速度   | 施工時間  |
|------|-------|----|-------|------------|-----------|----------|---------|----|------------|------------|--------|--------|-------|
|      |       |    |       |            |           |          | 貫入      | 引抜 |            |            |        |        |       |
| S-V1 | G-379 | 短杭 | 19.5m | シングル攪拌     | 無         | 無        | 75      | 25 | -          | -          | 0.5m/分 | 1.0m/分 | 70 分  |
| S-V2 | G-375 | 短杭 | 18.7m | シングル攪拌     | 無         | 無        | 65      | 35 | -          | -          | 0.5m/分 | 1.0m/分 | 70 分  |
| S-W1 | G-400 | 短杭 | 19.1m | ダブル攪拌      | 有         | 無        | 75      | 25 | 0.5m/分     | 1.5m/分     | 1.0m/分 | 1.0m/分 | 101 分 |
| L-V1 | H-251 | 長杭 | 36.6m | シングル攪拌     | 無         | 有        | 100     | 0  | -          | -          | 0.5m/分 | -      | 161 分 |
| L-W1 | H-225 | 長杭 | 36.4m | ダブル攪拌      | 有         | 有        | 100     | 0  | 0.5m/分     | 1.5m/分     | 1.0m/分 | 1.0m/分 | 223 分 |
| L-VW | H-199 | 長杭 | 36.7m | シングル＋ダブル攪拌 | 無         | 有        | 65      | 35 | -          | -          | 0.5m/分 | 1.0m/分 | 193 分 |

4. 試験施工の結果

表-3 に試験施工の結果を示す。オールコアボーリングで採取したコアについて、一軸圧縮試験に加え、文献<sup>2)3)</sup>を参考に1 m当たりの採取率 $\geq 85\%$ 、1m 当たりの固結率 $\geq 90\%$ で評価した。ただし、採取

表-3 試験施工の結果

| タイプ  | 杭 No. | 杭種 | 攪拌方式       | 判定     |      |      |
|------|-------|----|------------|--------|------|------|
|      |       |    |            | 一軸圧縮試験 | コア評価 | 総合評価 |
| S-V1 | G-379 | 短杭 | シングル攪拌     | ×      | ×    | ×    |
| S-V2 | G-375 | 短杭 | シングル攪拌     | ×      | ×    | ×    |
| S-W1 | G-400 | 短杭 | ダブル攪拌      | ○      | ○    | ○    |
| L-V1 | H-251 | 長杭 | シングル攪拌     | ×      | ×    | ×    |
| L-W1 | H-225 | 長杭 | ダブル攪拌      | ○      | ○    | ○    |
| L-VW | H-199 | 長杭 | シングル＋ダブル攪拌 | ×      | ○    | ×    |

キーワード    地盤改良，深層混合処理工法，残滓，粘性土，試験施工

連絡先        〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1

清水建設(株)土木技術本部 基盤技術部    TEL    03-3561-2203

率は全長で 90%以上であれば合格とした。図-1 にダブル攪拌タイプ S-W1 のサイクルタイムとコアを示す。試験施工の結果、短杭と長杭の両方において、ダブル攪拌がコアの強度、採取結果、ともに良好な結果となった。一方、シングル攪拌のコアは原位置土が多く介在して採取出来ない部分が発生し、コアの強度、採取結果、ともに要求品質を満たさなかった。

ダブル攪拌は一往復目で先行水掘りを実施することにより、改良対象土の含水

比が上昇して流動性が高まり、二往復目で対象土にスラリーを吐出攪拌混合することで、攪拌混合効率も高まったと考えられる。一方、シングル攪拌は先行水掘りを実施しないため地盤の流動性を高めることができず、エポコラム工法の異なる回転方向を有する攪拌翼による攪拌であっても、攪拌混合効率を上げることができずに均一でバラツキの少ない改良体を築造することができなかったと推察される。また、改良対象土が粘性土の場合は土の表面電荷の種類により陽イオン交換能が大きいほど固化材の  $\text{Ca}^{2+}$  の吸着が多くなり、それがネットワーク化して土中水を拘束し流動性を失う<sup>4)</sup>という報告がある。このことから、同じ W/C であっても、シングル攪拌はセメントが先に混ざること、短時間に地盤の流動性が失われた可能性がある。また、文献<sup>2)</sup>にあるように、羽切り回数と強度の変動係数の関係は反比例関係にあることから、ダブル攪拌はシングル攪拌に比べて 1m 当たりの攪拌翼の回転数が 1.5 倍以上となり、回転数が多くなることで攪拌混合効率が向上し、バラツキの少ない良好な改良体が造成できたと推察される。

## 5. 考察

あらかじめ数パターンで試験施工を行い、結果を比較検討することで、ダブル攪拌の有効性を確認し、スムーズに本施工へ進めることができた。今回のように容易には流動化しない性状の粘性土地盤の場合、先行水掘りによるダブル攪拌は有効である。しかし、品質が向上する一方で、盛り上がり土量や施工時間が増大するため、更なる改善が必要である。また、ダブル攪拌施工は積算基準が存在しないことから、本施工の結果についてデータを整理し、今後の参考として活用する。

## 参考文献

- 1) 土屋尚典ら、軟質な粘性土の残滓（スライム）を対象とした深層混合処理工法の施工（その 1）、第 78 回年次学術講演会、2023。（投稿中）
- 2) 土木研究センター：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、pp.135, 174-175, 令和 4 年 4 月
- 3) 日本建築センター：建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針、pp.338-341, 2018
- 4) セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル、pp.48-50, 2021

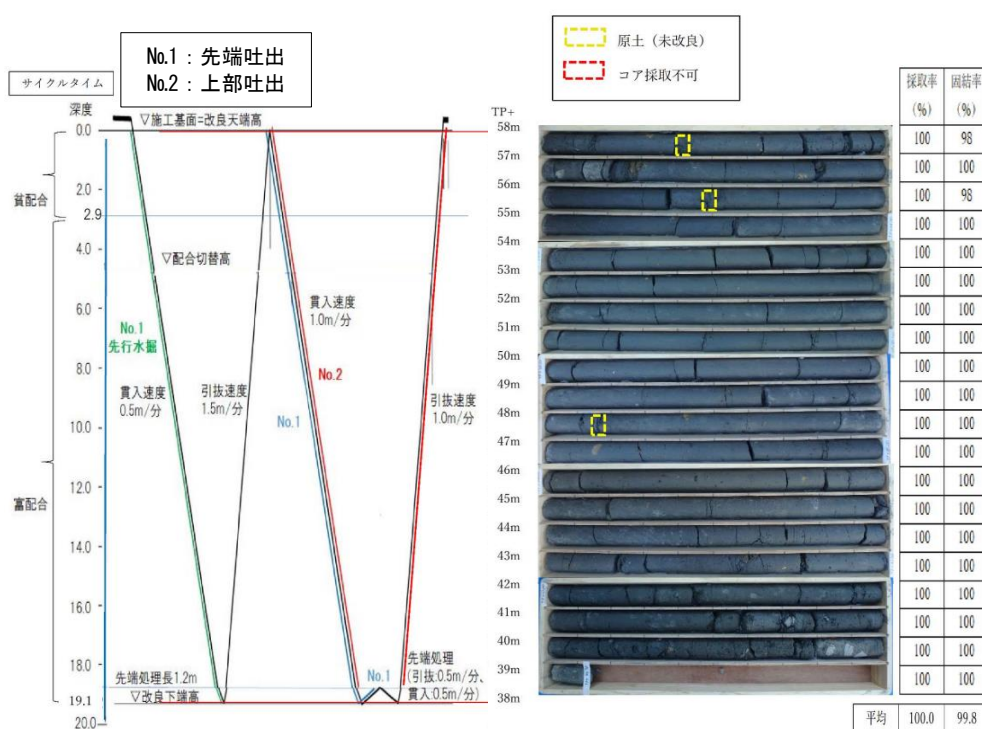


図-1 ダブル攪拌 S-W1 の結果