

粉体噴射攪拌工法の汎用施工機を用いた実大実験

三信建設工業株式会社
DJM 工法研究会

正会員 〇島野 嵐 尾崎 将英
山田 隆

1. はじめに

粉体噴射攪拌工法（DJM 工法）は、1978 年建設省土木研究所が中心となり民間と共同開発され、日本の複雑な土質・土層で構成される軟弱地盤の改良に最適な工法として開発され、河川・道路・都市開発等の事業に代表的地盤改良工法として採用されてきた。本工法は施工機として専用の三点支持式のベースマシンを用いてきたが専用機の生産中止を受け、汎用機を用いた施工を検討することとした。本稿は二つの現場で行った単軸施工機での実大実験について述べる。

2. 施工機の概要

汎用施工機の選定は、現行の単軸施工機と同等の 20m の深度に対応できるもの、回転トルクが従来機以上とし、GI-130C(YBM 製)を選定した。写真 1 に施工機全景、表 1 に新旧施工機の仕様について示す。従来機の攪拌ロッドは四角形ロッドを用い回転により地盤に空隙を作り粉体の圧送エアの回収路を作る機構となっているが、汎用機の減速機に採用することが難しいことから三角形のロッドを用いることとした。攪拌翼は従来施工機と同じものを使用した。攪拌ロッドの断面形状を図 1 に示す。

3. 実大実験

施工性（攪拌トルク、羽切回数、攪拌軸昇降速度）および改良体品質（コア採取率、一軸圧縮強度）の確認を目的として、実大実験を土質の異なる二つの現場で実施した。以下に二現場の確認試験について述べる。

3.1 粘性土地盤での実大試験

(1) 施工条件

対象土質は沖積の粘土質シルトで最大 N 値 4、湿潤密度 1.63g/cm³、含水比 55%、粘着力(UU)20.9kN/m²である。施工ケースは貫入長 6.5m 改良長 5.0m とし汎用機(φ1.0m, 1.3m)、従来機(φ1.0m)の 3 ケースで実施した。

(2) 施工性確認結果

攪拌トルク:汎用機は貫入時・引抜時ともに最大トルク 71.2kN の 10%~30% 程度であった。従来機の最大トルクは 20kN・m に対して 60~90%の力を使っており汎用機の方が攪拌力に余力があることを確認した。

羽切回数:全深度において DJM の管理基準値である 274 回/m を満足した。

攪拌軸昇降速度:一定速度で貫入・引抜が行え、概ね計画値と同等の速度（貫入速度 1.5m/分引抜速度 0.7m/分）で施工が出来ることを確認した。

(3) 品質確認結果

事後調査として各ケース改良径の D/4 の位置で 2 か所の全長ボーリングを行い、コア採取率・一軸圧縮強さで評価を行った。試験結果を写真 2、表 2、表 3 に示す。



写真 1 施工機全景
(左: 汎用機 右: 従来機)

表 1 施工機仕様

	汎用機	従来機
攪拌トルク kNm	71.2	19.6
出力 kw	132.5	75
走行形式	クローラ	スキッド
全重量 kgf	27,050	24,000
設置圧 kPa	83.3	23.5
最大深度 m	20	20

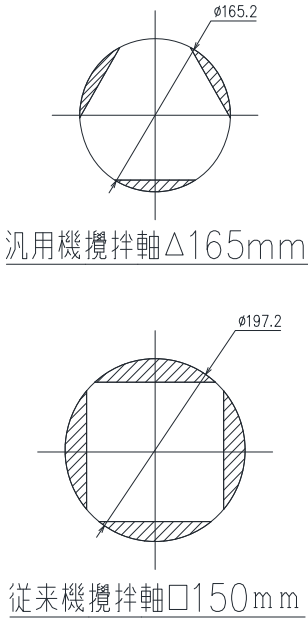


図 1 攪拌ロッド形状

キーワード 地盤改良, 深層混合処理, 粉体噴射攪拌, 実大実験, 品質確認
連絡先 〒111-0052 東京都台東区柳橋 2-19-6 三信建設工業株式会社 TEL 03-5825-3707

コア採取率:全てのケースについて日本建築学会の指針に示される「全長で粘性土 90%, 砂質土 95%以上 (1m 当たり採取率は 5%減)¹⁾」を満足し連続性の高い改良体が造成されたことを確認した。

一軸圧縮強さ:設計強度 0.6MN/m²に対しすべてのコアで目標値以上であることを確認した。

3.2 砂質土・粘性土地盤での実大試験

(1) 施工条件

対象土質は上部が沖積のロームで最大 N 値 7, 湿潤密度 1.466g/cm³, 含水比 93.5%, 一軸圧縮強さ 123.7 kN/m², 下部が沖積の砂質土で最大 N 値 37, 湿潤密度 1.695g/cm³, 含水比 32.6%, 内部摩擦角 (CD) 33.8° であった。施工ケースは貫入長 18.9m 改良長 17.9m (粘性土 7m 砂質土 10.9m) とし, 汎用機 (φ 1.0m) 1 ケースで実施した。なお, 本現場の地盤強度は従来施工機の対象土質砂質土 N ≤ 10・粘性土 N ≤ 3 以上であった。

(2) 施工性確認結果

撈拌トルク: 施工機の最大トルク値は 71.2kN・m であるがツールの最大トルク値 19.6kN・m 以下となるよう速度調整をした。

羽切回数: 全深度において DJM の管理基準値である 274 回/m を満足した。

撈拌軸昇降速度: 貫入速度は標準速度 1.5m/分に対し 0.3m/分であったが, 引抜速度は材料吐出に合わせた施工速度 0.7m/分で施工できた。

(3) 品質確認結果

事後調査として各ケース改良径の D/4 の位置で 1 か所の全長ボーリングを行いコア採取率・一軸圧縮強さで評価を行った。試験結果を写真 3, 表 4, 表 5 に示す。

コア採取率: 上述の指針に示されている採取率以上であり連続性の高い改良体が造成されたことを確認した。

一軸圧縮強さ: 設計強度 1.0MN/m²に対しすべてのコアで目標値以上であることを確認した。

5. まとめ

粉体噴射撈拌工法である DJM 工法において汎用施工機を用い施工性ならびに改良体の品質確認を行った。結果として, 施工性については従来施工機の対象地盤では同等の施工ができ, 砂質土 N ≤ 30 粘性土 N ≤ 10 の比較的硬質な地盤においても施工能率を落とすことで施工可能であることを確認した。改良体品質は従来の深層混合処理工法と同等の品質を有していることを確認した。

謝辞: 末筆ではあるが, 現場データの取得および執筆にあたり御助言, 御協力を頂いた DJM 工法研究会の関係各位に謝意を表する。

参考文献

1) 日本建築センター バッターリビング:2018 年度版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針, p299, 2018.



写真2 ボーリングコア (現場 1 φ 1.3m)

表 2 コア採取率一覧 (現場 1)

	汎用機		従来機
改良径 m	φ 1.0	φ 1.3	φ 1.0
改良長 m	5.00	5.00	5.00
採取長 m	4.98	4.76	4.75
コア採取率 (1m 最低値)	99.7% (98.0%)	95.2% (90.2%)	95.1% (91.1%)

表 3 一軸圧縮試験結果 (現場 1)

	汎用機		従来機
改良径 m	φ 1.0	φ 1.3	φ 1.0
設計強度 MN/m ²	0.6	0.6	0.6
検体数	12	12	6
一軸圧縮強さ MN/m ²	最大値	2.99	1.94
	最小値	0.73	0.60
	平均値	1.85	1.12



(a)粘性土



(b)砂質土

写真 3 ボーリングコア (現場 2)

表 4 コア採取率一覧 (現場 2)

土質	粘性土	砂質土
施工長 (m)	7.00	10.90
改良長 (m)	7.00	10.90
採取長 (m)	6.98	10.83
コア採取率 (1m 最低値)	99.7% (98%)	99.4% (98%)

表 5 一軸圧縮試験結果 (現場 2)

	粘性土	砂質土
設計強度 MN/m ²	1.0	1.0
検体数	19	31
一軸圧縮強さ MN/m ²	最大値	7.51
	最小値	1.50
	平均値	3.71