

切削効率を高めた高圧噴射攪拌工法の開発
ー上下噴射離隔の影響ー

戸田建設(株) 正会員 ○下坂賢二, 利根誠
太洋基礎工業(株) 正会員 大野康年
早稲田大学 フェロー会員 赤木寛一

1. はじめに

高圧噴射攪拌工法（三相流方式）は、高圧ジェット水で地盤を切削しながら固化材スラリーとエアを高圧で回転噴射することでセメント改良地盤を造成する地盤改良工法である。著者らは、従来の水噴射による切削方法に代わり、水を吸収させた高吸水性ポリマー材の噴射により、切削能力の向上と排泥の減容化を目的とした高圧噴射攪拌工法の開発に取り組みその効果を確認してきた¹⁾。三相流方式の場合、上段噴射と下段噴射を同時に行うため、互いに干渉しないよう

正反対方向に配置する機構が多いが、部分形状の造成が可能な揺動型噴射の場合、上下同方向噴射となるため圧力干渉や混合不良を発生させない適切な噴射離隔が必要となる（図 1）。本報では、開発工法の揺動型噴射への適用を図るため、上下噴射離隔を変化させた噴射装置（モニタ）を用いて現地フィールド試験により改良体を造成し、噴射離隔が改良体の出来形および品質に与える影響を確認した。

2. 試験サイトの概要

試験サイトの地盤は、細粒分を有する礫混りの砂質土地盤で地下水位は GL-1.0m の位置にある。改良位置は、GL-1.5m～GL-3.5m(改良厚 2.0m) で N 値 2～13 程度と緩い。土質柱状図と改良体造成位置を図 2 に示す。

3. 試験方法

試験は、上下二段の噴射離隔の異なる噴射装置（噴射離隔：38.8cm（既存）、100cm、150cm の 3 種類）を用い、上段より切削材である高吸水性ポリマー材、下段より硬化材および圧縮空気を噴射し、モニタ中心から揺動角 90 度、GL-1.5m～-3.5m の 2.0m 層厚の改良体を造成した。試験にあたっては、現場採取土を用いた配合試験を実施し改良仕様を決

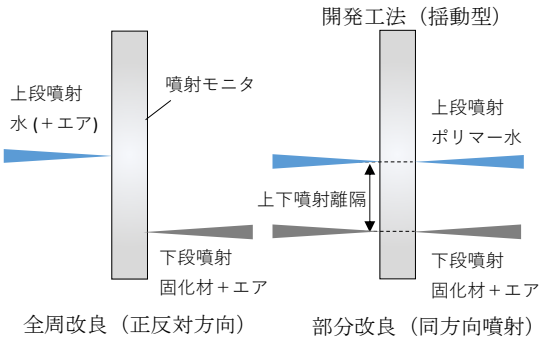


図 1 三相流噴射方式

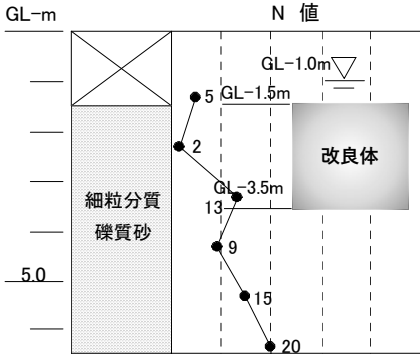


図 2 土質柱状図・改良位置

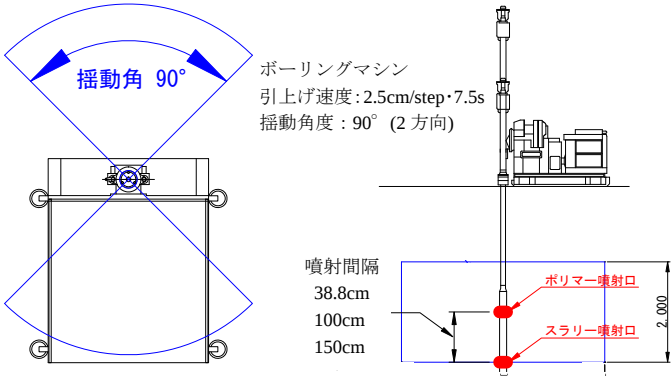


図 3 施工概要図

表 1 改良仕様

噴射装置（モニタ）		4孔管 φ140mm
揺動角度		90°
引き上げ速度		5 min/m
引き上げピッチ		2.5cm（ステップ方式）
上段 ポリマー水	噴射圧力	35 Mpa
	噴射流量	100(50×2) L/min
下段 固化材 スラリー	噴射圧力	35 MPa
	噴射流量	190 (95×2) L/min
	圧縮空気	1.0 Mpa
上下噴射離隔		38.8, 100, 150 cm

キーワード 高圧噴射攪拌工法，地盤改良，高吸水性ポリマー
連絡先 104-0032 東京都中央区八丁堀 2-9-1 RBM 東八重洲ビル 6F
戸田建設(株) 技術開発統轄部 技術研究所 TEL 03-3535-2641

定した。施工概要図を図 3、改良仕様を表 1、噴射装置を図 4 に示す。改良体造成後、養生した後、改良体を発掘し改良体の出来形およびコア採取による改良体の品質確認を行った。

4. 試験結果

養生（28 日）後、発掘した改良体の出来形測定結果を表 2 に示す。改良径は、噴射離隔 38.8cm が最も小さく改良直径 $D=3.0\text{m}$ （改良半径 $r_1, r_2=1.50\text{m}$ ）に対し、噴射離隔 100cm で改良直径 $D=4.1\text{m}$ （改良半径 $r_1, r_2=2.30, 1.80\text{m}$ ），噴射距離 150cm で改良直径 $D=3.6\text{m}$ （改良半径 $r_1, r_2=1.80, 1.80\text{m}$ ）と噴射離隔 38.8cm に対し 1.2～1.4 倍の改良径となり、改良体積に換算すると、1.6～1.9 倍の違いとなった。なお、噴射離隔 100cm で非対称の改良体が造成されたが、局所的に緩い砂質土地盤の影響により改良半径が拡大したものと考えられる。

コア採取（採取位置： r_1 側中心～ $0.75\text{m}(1/2r)$, 1.30m ）した改良体の一軸圧縮試験の結果を図 5 に示す。平均一軸圧縮強さは、噴射離隔 38.8cm で $q_u=2473\text{kPa}$ ，噴射離隔 100cm で $q_u=1373\text{kPa}$ ，噴射距離 150cm で $q_u=3216\text{kPa}$ である。噴射離隔 100cm では、他ケースに比べ一軸圧縮強さが低い傾向であったが、改良半径が拡大した r_1 側の採取コアの試験結果であることから、改良土量に対する固化材添加量が少なくなったと推測された。そのため、試験時に注入した固化材量と各ケースの改良体出来形体積から改良体 1m^3 当りの固化材添加量を算定し、固化材添加量（推定）と一軸圧縮強さとの関係をプロットした（図 6）。なお、噴射距離 100cm, 150cm では噴射仕様（噴射流量，噴射圧力，ノズル口径）を変更した試験ケースの出来形結果も加味した。本図より、固化材添加量と一軸圧縮強さは極めて相関性が高く、噴射離隔 38.8cm のケースは固化材添加量に対する一軸圧縮強さが他ケースに比べて低いことがわかる。

5. まとめ

本試験より、上下同方向噴射の場合、噴射離隔が改良体出来形や品質に大きな影響を与えることがわかった。その原因は、噴射圧力の干渉による切削能力の低下，切削水混入による固化材の添加量不足や混合不良と想定されるが、本工法の仕様では、上下噴射離隔 1m 以上確保できればその影響は少ないものと考えられる。今後、粘性土地盤においても同様の試験検証を行い最適な噴射離隔を決定する所存である。

参考文献

- 1) 利根誠他：高吸水性ポリマーを用いた高压噴射攪拌工法の開発—地盤切削力の向上による排泥減量化—，地盤工学会第 14 回地盤環境シンポジウム，11-5, pp. 371-378, 2021.

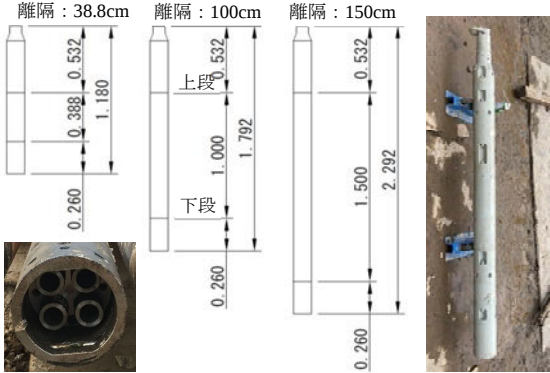


図 4 噴射装置（モニタ）形状

表 2 改良体出来形測定結果

項 目		単位	改良体出来形		
上下噴射離隔		cm	38.8	100	150
改良半径	r ₁	m	1.50	2.30	1.80
	r ₂	m	1.50	1.80	1.80
改良直径	D (r ₁ +r ₂)	m	3.00	4.10	3.60
平均改良厚	L	m	1.93	1.95	2.15
改良体積	V ₁	m ³	3.41	8.10	5.47
	V ₂	m ³	3.41	4.96	5.47
全改良体積	V (V ₁ +V ₂)	m ³	6.82	13.06	10.94

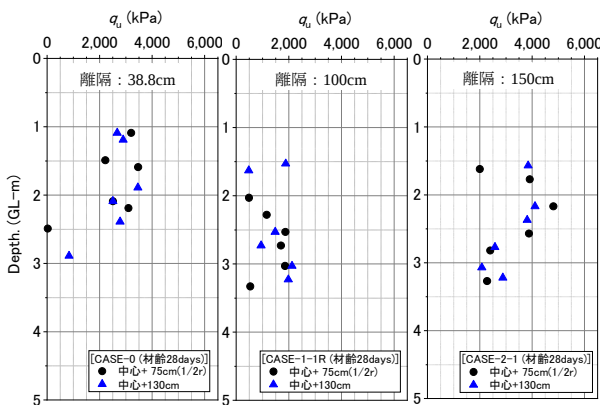
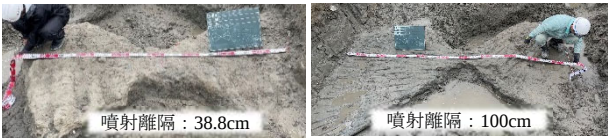


図 5 採取コアの一軸圧縮試験結果

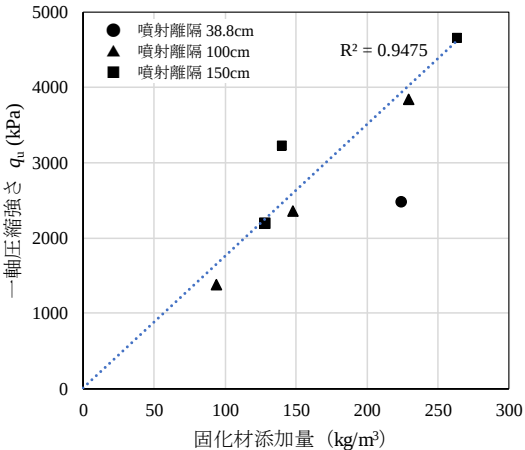


図 6 一軸圧縮強さと固化材添加量の関係