

粘性土を対象とした高圧噴射攪拌工法の改良原理の解明に向けた基礎的実験 —模型実験による改良機構の可視化—

清水建設（株） 正会員 ○石塚 光 正会員 長澤 正明 伊勢 寿一
正会員 遠西 幸男 正会員 宇野 昌利
ライト工業（株） 正会員 長崎 康司 阿部 正直 美島 太郎
（株）島崎エンジニアリング 手面 修一 野部 隆治
佐藤 温人 加藤 匠悟
ラサテック（株） 空西 正夫

1. はじめに

高圧噴射攪拌工法は、セメント系硬化材と水を混合した硬化材スラリーを地盤中に高圧噴射して、地盤を切削破壊すると同時に、硬化材スラリーと地山の土砂とを攪拌混合して地盤を強化する工法である。小型の機械にて施工可能であり、殆どの地盤に対して高い改良効果が期待できるため、山留め工事やシールドの発進部、到達部の補強及び既設構造物の補強等多くの工事に採用されている。一方で、当工法の造成理論において、『地盤強さと高圧スラリーによる切削距離（改良径）の関係』及び『（高圧）硬化材スラリーと地山土砂との混合理論』等、未解明な部分が多く、実施工において改良径や改良強度に不具合が発生する事例が多発している。そこで、上記した造成理論の解明に向けた一助として、地中での高圧噴射攪拌工法の改良機構（混合機構）を模型実験により可視化することで、ジェットによる切削・攪拌の様子を確認した。

2. 模型実験の概要

写真-1 に模型装置、図-1 にロッド-ノズル部の詳細、表-1 に模型と模擬材料の仕様を示す。直径 500mm、高さ 700mm の円筒型アクリル容器に CMC 2%溶解液（粘性土を模擬）を投入し、回転軸（ロッド）を回転させながら色水（硬化材スラリーを模擬）を噴射し、その浸透状況から切削・攪拌を確認した。アジターの回転数及びポンプの吐出圧はインバータにより周波数で制御し、ノズルは 1 孔とした。CMC は事前に左官用ハンドミキサーで水と混合し、透明度を高めるため 1 週間程度静置した。CMC 溶解液の固さ及び透明度は、模型試験実施前にベーンせん断試験（ $5\text{cN}\cdot\text{m}$ 、 $2\text{cmD}\times 4\text{cmH}$ ）と透明度計（沈めた標識板の視認距離）で確認した。



写真-1 模型装置

3. 模型実験の結果

表-2 に実験条件、写真-2 にジェット噴射時の状況を示す。写真-2 より、ジェットは直進（吐出）方向に模擬地盤（CMC2%溶解液）を切削し、回転軸の回転によりその作用が繰り返されるのみで攪拌混合作用はほとんどなされていないことがわかる。また、回転速度を上げると（ $1\text{rpm} \rightarrow 3\text{rpm}$ ）1 回転あたりの切削距離は短くなるが、総回数が増えるにつれて、 1rpm と同程度の切削距離となった。一方で、2 回転目以降は切削形状に大きな変化はみられなかつ

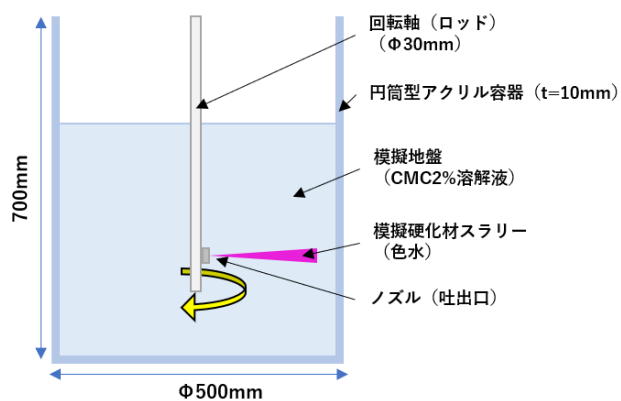


図-1 ロッド-ノズル部の詳細

キーワード 高圧噴射攪拌工法、粘性土、模型実験、CMC

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

た. これは, ジェットによる切削水が既に切削済み
の箇所に流れやすくなっているためだと考えら
れる. また, 回転数を上げた場合においても模擬地
盤 (CMC2%溶解液) のロッド回転方向への移動や
ロッド軸上方への排泥はみられなかったことか
ら, 本実験の範囲内では当工法の造成理論である
スラリーと地山との攪拌混合作用を確認すること
はできなかった.

4. まとめと今後の展開

模擬地盤 (CMC2%溶解液) 及び模擬硬化材スラ
リー (色水) を用いた模型実験により, ジェットに
よる切削状況を可視化することが可能であること
が確認できた. 今回の実験では, ジェット直進 (吐
出) 方向の地盤の切削作用は確認できたが, スラ
リーと地山との攪拌混合作用については確認するこ
とはできなかった.

今後は, CMC 溶解液の濃度 (粘性) や吐出圧, 回
転数, ジェット吐出方式等を変化させた実験を行い、改良径や攪拌混合作用への影響を調査する予定である。
(図-2) .

表-1 模型と模型材料の仕様

一方向回転式攪拌アジター	回転数：0.4～18rpm
回転軸（ロッド）	Φ=30mm
ノズル（1孔）	ノズル径：0.5,0.7,1.0,1.3mm
ポンプ	最大吐出圧：1MPa
円筒型アクリル容器	Φ=500mm, h=700mm, t=10mm
模擬地盤	CMC2%溶解液 ベーン：1.36Pa, 透明度：5cm
模擬硬化材スラリー	色水 (水 1L 当たり、炭酸ソーダ 0.3g+1% フェノールフタレイン溶液 0.5mL)

表-2 実験条件

アジター回転数	1rpm,3rpm
ノズル径（1孔）	0.7mm
吐出圧	0.4MPa（吐出流量：0.65L/min）

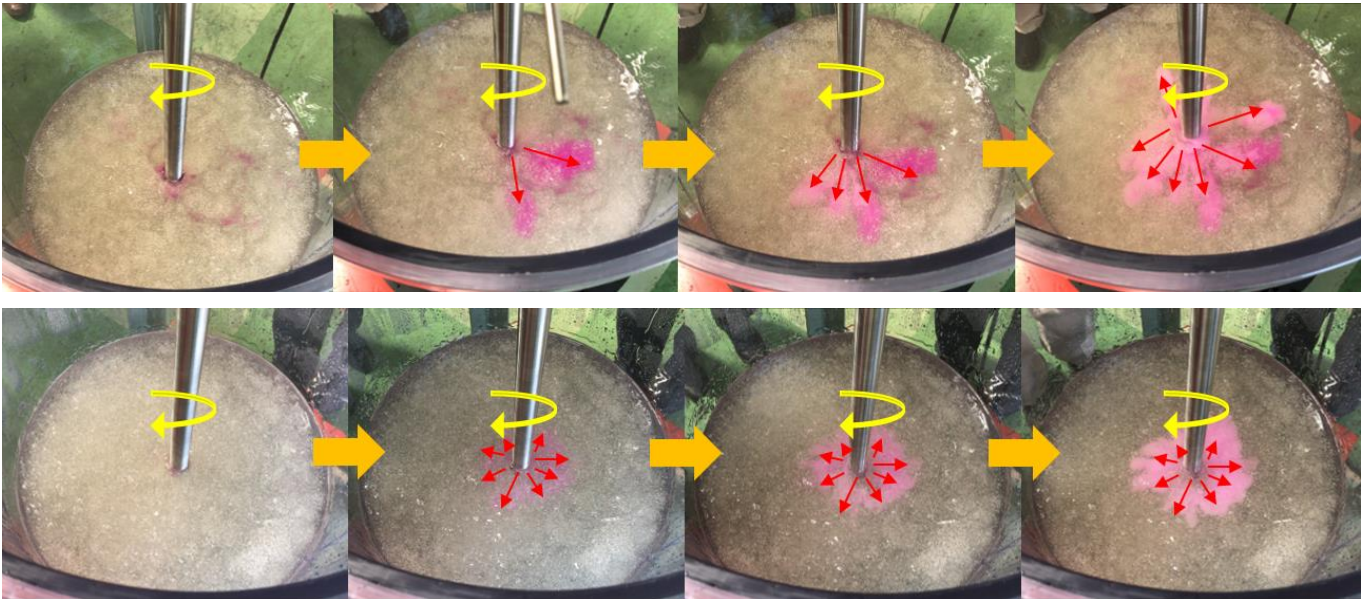


写真-2 ジェット噴射時の状況（上：1rpm, 下：3rpm）

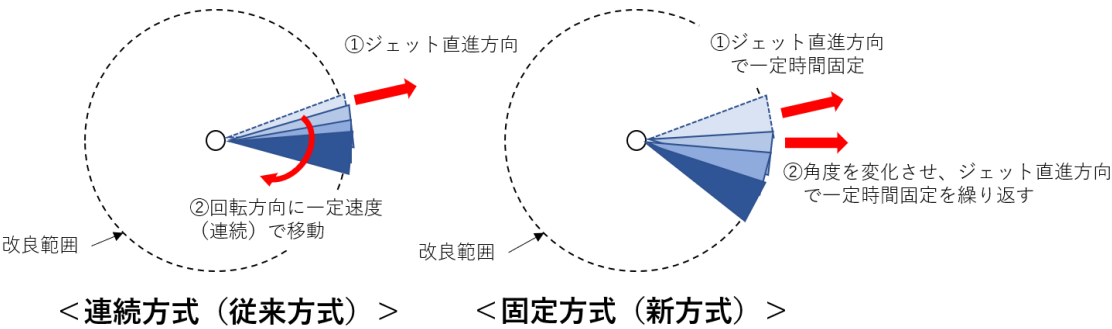


図-2 実験アイデア（ジェット吐出方式（連続・固定））