

## 高圧噴射攪拌による水平方向への地盤改良 軟弱地盤での現場試験施工

鉄建建設（株） 正会員 永岡 高 正会員 中根 淳 正会員 沼田 佳久  
日本総合防水（株）正会員 所 武彦 正会員 高橋 則雄 正会員 鈴木 浩

### 1. はじめに

筆者らは、立坑やトンネルなどの既設構造物を利用して、水平方向へ高圧噴射攪拌により円柱状の改良体を造成できるシステムの開発に取り組んできた<sup>1)</sup>。今回、軟弱なシルト層と緩い砂層を挟んで、上下方向のラップ領域を持つ改良体の造成を行い、各地盤特性に見合う施工仕様の選定と改良効果の確認を目的とした現場試験施工を実施した<sup>2)</sup>。ここでは、上下にラップした改良体の出来形、改良部の内部圧力の制御、造成時における補強対策について報告する。

### 2. 試験概要

試験は、東京都足立区内にある現場の立坑を利用して、GL-6.5m(Case1)、GL-5.0m(Case2)を中心位置として直径2.0m、長さ3.0mの円柱状の改良体を水平方向へ造成した。対象となる地盤は、図-1に示すように、極めて軟弱なシルト層と軽石混じりの緩い砂層からなり、地下水位はGL-1.0mに位置する。造成は、現地での地盤改良に適した施工仕様を見出すため、表-1に示すように各ケースの造成過程毎に圧縮空気量、排泥量、引抜き速度を変更して、造成システムの稼働状況、改良部の内部圧力、改良体の出来形などへの影響について検証した。改良位置としては浅層域に当たるため、造成時における改良部の内部圧力の設定は土被り圧を目標値とした。

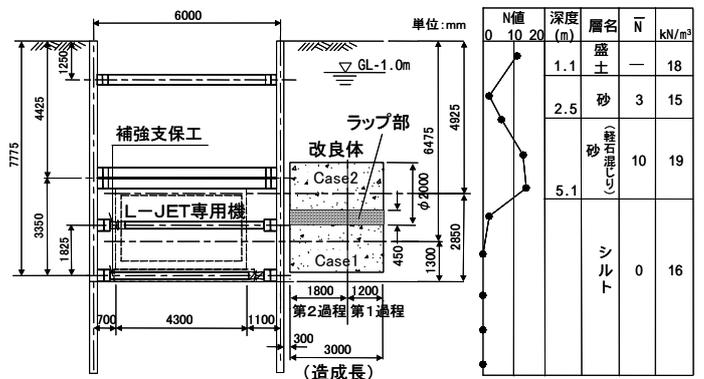


図-1 試験施工断面と地盤の物性値

表-1 施工仕様

		Case1		Case2		
		第1過程	第2過程	第1過程	第2過程	
造成	硬化材	吐出量 (kg/min)	100	100	100	100
		圧力 (MPa)	40	40	40	40
	圧縮空気	流量 (m <sup>3</sup> /min)	1.9	0.9	1.2	1.0
		圧力 (MPa)	0.7	0.7	0.7	0.7
		引抜き速度 (min/m)	20	20	20	30
排泥	排泥量 (kg/min)	90~130	90~170	100~180	100~180	

### 3. 試験結果

#### (1) 改良体の出来形

造成時に供給する圧縮空気量の多少は、一般に高圧噴射による切削エネルギーの大小や内部圧力の変動と高い相関を持つとされ、圧縮空気量の適切な設定は施工管理を行う上で重要な項目となる。そこで今回は、Case1、Case2共に第1過程から第2過程への移行時に圧縮空気量を変化させ、出来形への影響を比較した。出来形調査は、水平方向から22mmのロッド貫入による貫入抵抗と、鉛直方向から65mmのサンプリングにより改良体の範囲を推定した。調査結果を図-2に示す。圧縮空気量を減じた第2過程では、第1過程よりも改良径が小さく、これを改良率（推定面積/計画面積（2.0m））で示すと15%程度の改良面積の減少を示した。以上のことから、圧縮空気量の多少は、改良体の出来形に顕著に

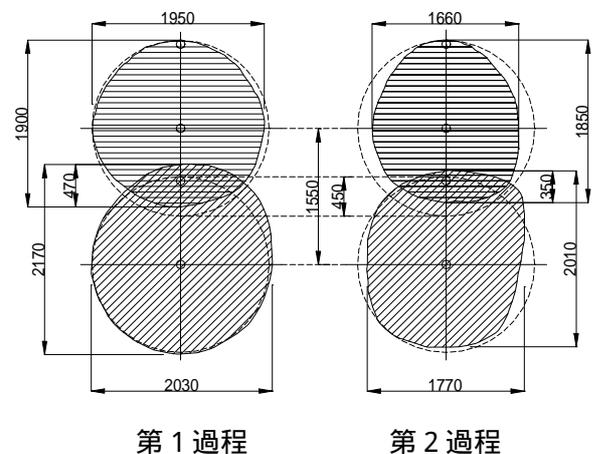


図-2 出来形調査結果

キーワード：地盤改良、高圧噴射攪拌  
連絡先：鉄建建設（株）技術研究所  
日本総合防水（株）

〒286-0825 千葉県成田市新泉9-1 TEL 0476-36-2357  
〒351-0111 埼玉県和光市新倉398 TEL 048-465-1256

反映することが確認できた。

(2)改良部の内部圧力と排泥圧の関係

本施工システムの排泥機構は、改良部の内部圧力を圧送エネルギーにしてスライムを排出するもので、排泥量の上下限値を予め設定し、排泥量と硬化材の吐出量とのバランスを保つことが、内部圧力の安定した変動をもたらす、システム全体を円滑に稼働させる。図-3は、相関性を示す排泥管内の圧力（排泥圧）と内部圧力との関係を、縦軸に内部圧力を土被り圧または緩み土圧で除した内部圧比として整理したものである。また、同図には、以前に実施したシルト質細砂を主体とする地盤での造成結果も併せて示している。これより、内部圧比は1.0を基準として、0.6~1.3の範囲で変動していることが分かる。この間、地表部では、地盤の隆起、あるいは沈下等の変状などが見られなかったことから、内部圧比がこの程度の変動幅で推移していれば、周囲に影響を与えることなく所定の改良体を造成することが可能であると考えられる。また、ある一定以上の排泥圧の増減に対しては、内部圧力の上昇、下降が抑制され一定の範囲内に収まるよう制御されている。これは、排泥量を調整する本システムの排泥機構が、改良部の内部圧力を間接的に制御できることを実証している。

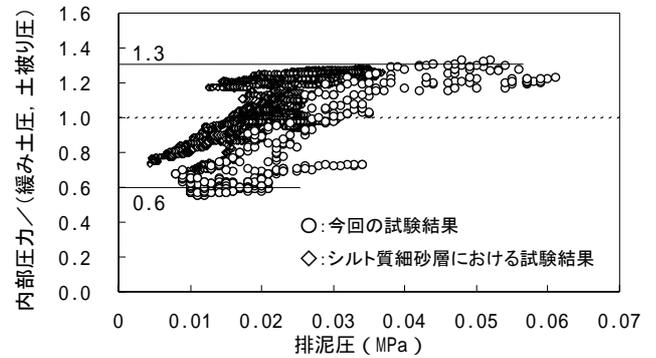


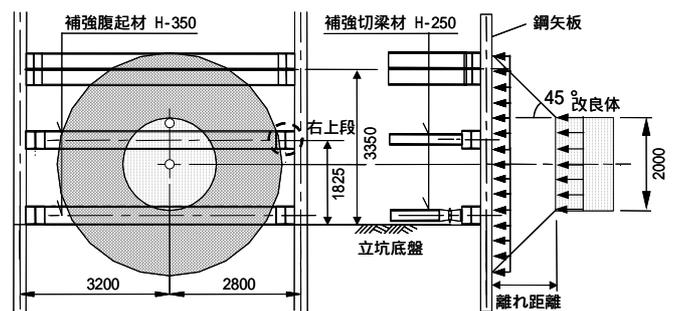
図-3 内部圧力と排泥圧の関係

(3) 水平方向への内部圧力の影響

造成時における改良部の内部圧力は、スラリー状のスライムを介し改良部の周囲に均等に作用する。この内部圧力値(P)は、土被り圧またはゆるみ土圧に基づいて設定するため、水平方向へは元の水平土圧を上回る増分土圧(P)が作用する。

$$P = (1 - K) P \quad (K; \text{土圧係数})$$

このため、立坑などを利用して水平方向に地盤改良を行う場合は、このPを支持する補強支保工を設ける必要がある。今回はK=0とし図-4に示すように、内部圧力が45°の広がりで円錐状に分布すると仮定して設計配置を行った。また図にはCase1の右上段の補強切梁について、改良部の土留め壁からの離れ距離と切梁軸力との関係を設計値と実測値で示した。実測の切梁軸力は、改良部の内部圧力に連動した変化を示し、同じ内部圧力でも土留め壁に接近するほど軸力は増加してくる。設計値は、実測値を上回って推移しており、概ねこの分布仮定で評価できると思われる。また、今回の現場条件では、土留め壁から4m以上離れると軸力は僅かになり補強対策を必要としない結果となる。



内部圧力の分布モデル

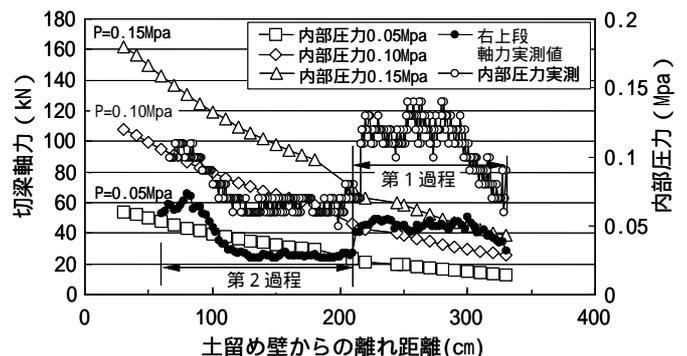


図-4 補強切梁の設計モデルと実測結果

4. まとめ

現場の地盤条件に適した施工仕様を見出すために実施した試験施工により、以下の知見が得られた。

圧縮空気量の多少は、改良体の出来形の大小に顕著に反映する。

改良部の内部圧比は、排泥量の調整範囲を適切に設定できれば、およそ0.6~1.3の範囲で変動する。

補強支保工の設計配置および必要範囲は、内部圧力が地盤内に円錐形に分布する仮定より設定できる。

【参考文献】

- 1) 沼田ら：高圧噴射攪拌による水平方向への地盤改良 実地盤における施工試験，第56回土木学会年次学術講演会，B229, 2001.10
- 2) 中根ら：高圧噴射攪拌による水平方向への地盤改良（その3） 現場における試験施工，第37回地盤工学研究発表会，投高斉