

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—

鉄建建設（株） 正会員 沼田 佳久 正会員 永岡 高 正会員 中根 淳
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、従来の鉛直方向からの高圧噴射攪拌工法の技術をもとに、立坑やトンネル内などの既設構造物を利用して水平方向へと地盤改良が図れる高圧噴射攪拌工法の開発に取り組んできた。¹⁾²⁾ここでは出来形に影響する硬化材の吐出量について、改良面積および造成時の内部圧力変動との関係から報告するものである。

2. 試験施工概要

試験施工は既存の立坑を利用し、造成位置の地盤は図 - 1 に示すような砂質シルト（細粒分；68%）を主体とする粘性土地盤に相当する。今回は、新たな造成システムとして排泥管の先端部に圧力センサーを設け、造成時における改良体の内部圧力の変化について調べた。施工は、G.L.-11.1m を中心に、水平方向へと長さ 600cm の円柱状の改良体を 3 ケース造成するもので、各ケースの施工仕様を表 - 1 に示す。Case1 は Case2 に対し造成管の引き抜き速度のみを速め、Case3 は Case2 に対し単位時間当たりの硬化材の吐出量のみを増すことにより、同一地盤内における各ケース間の改良効果の違いを比較することとした。

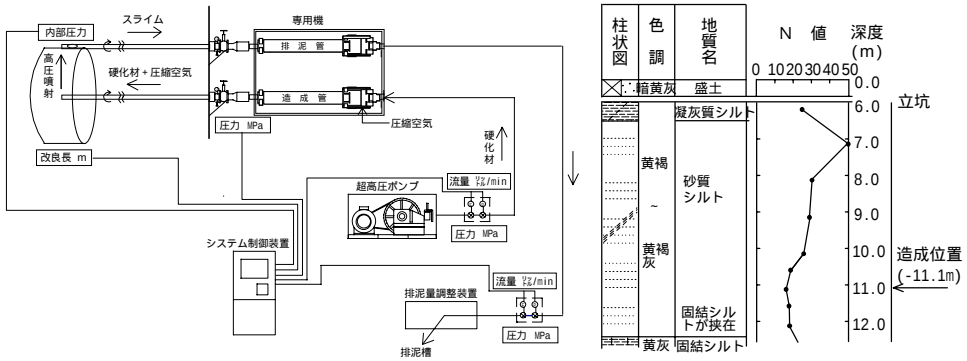


図 - 1 造成システムと地盤柱状図

表 - 1 各試験ケースの施工仕様

過程	仕様項目			造成管	排泥管
造成	硬化材	流量 (ℓ/min)	Case1	100.0	—
			Case2	100.0	—
			Case3	120.0	—
		圧力 (MPa)	40.0		—
	圧縮空気	流量 (m ³ /min)	2.0		—
		圧力 (MPa)	0.7		—
	引抜き速度 (min/m)	Case1	20.0	20.0	
		Case2	40.0	40.0	
		Case3	40.0	40.0	
回転	(r.p.m)	4.0		3.0	

また、Case2、Case3 の奥部半分は、削孔過程においてベンチナ付液を 20MPa の圧力で噴射攪拌し事前に地盤を緩めた上で、各施工仕様による改良効果を検証した。さらに、造成過程における改良体の内部圧力の変化については、地盤と置き換わる硬化材量を示す残差量（累積吐出量 - 累積排泥量）との関係を検証した。

3. 試験結果

(1) 吐出量と改良率との関係

図 - 2 は、各ケースの改良面積比と単位長さ当たりの硬化材の吐出量との関係を示したものである。ここに、改良面積比は鉛直ボーリングによるコアサンプリング、水平削孔によるロード探査の結果から改良断面積を求め、Case1 の面積を基本として算定したものである。これより、吐出量を増すことにより、改良面積は Case2 で 2.6 倍、Case3 で 5.2 倍と大幅な拡大を示し、今回の粘性土の地盤については、表 - 1 に示す施工仕様の範囲内で良好な改良効果を期待できることがわかった。また、Case3 は Case2 と排泥管の引抜き速度が同じで単位時間当たりの吐出量のみを 1.2 倍に変更した仕様であるが、その改良効果は Case2 の 1.6 倍の効果を示すことから、造成管の引抜き速度を遅くするよりは、単位時間当たりの吐出量を増して累積吐出量を

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 〒286-0825 千葉県成田市新泉 9 - 1 TEL 0476-36-2357
日本総合防水（株） 〒351-0111 埼玉県和光市下新倉 3 9 8 TEL 048-465-1256

上げる方が、より効果的であることが窺える。一般に、引抜き速度を遅くすると、工期の長期化に繋がることから、改良効果の改善を図る場合には、単位時間当たりの吐出量を増加させる対応が、施工条件を含めた効率的な手段であると言える。なお、今回の粘性土地盤では、施工仕様の変化により改良体の造成範囲は大きく影響を受ける結果となり、今後、経済性の検討と併せ、地盤特性に応じ、その都度、適切な施工仕様や改良径などを設定することが必要である。

(2)事前攪拌の効果について

Case2、Case3 では、削孔過程において奥部半分の地盤をベントナイト液で予め緩めた区間を設けて造成を行った。これにより、改良面積比は Case2 で 4.2 倍、Case3 で 6.5 倍となり、各施工仕様で改良面積の大幅な拡大が確認できた。図 - 3 は、その際の改良体断面の出来上がり状況を示したものである。改良範囲は、上下方向の長い楕円体からより円形に近い形状へと改善されており、粘性土地盤において、同一の施工仕様の下での事前攪拌による改良効果を期待できることが判った。ただし、この方法は、施工時間、使用材料、排泥量の増加を伴い、また、事前に地山を緩めることに対する地盤の安全性等の課題が残るため、補助的工法の一つとしての位置付けとなる。

(3)改良体内部圧力と残差量との関係

図 - 4 は Case3 における、残差量（累積吐出量 - 累積排泥量）と改良体の内部圧力との関係を示したものである。各造成過程では、内部圧力の上昇・下降に伴い残差量も比例した変動を呈しており、造成・排泥の一連の機構が正常に機能していると言える。本システムに導入している排泥量の調整機構は、内部圧力を安定させるのに有効な手段ではあるが、それによる内部圧力の変動値を新たに設けた圧力センサーで定量的に把握できたことは、施工時の情報として改良体の造成管理の向上に寄与すると思われる。また、造成時の内部圧力値は、今回の粘性土地盤特性に限る条件ではあるが、概ね Terzaghi の緩み土圧(0.072MPa)の 8 割程度で推移することがわかった。

4. まとめ

単位造成長当たりの吐出量が多いほど改良面積は拡大し、その効果は造成管の引抜き速度を遅くするより、単位時間当たりの吐出量を多くする方が、経済性、施工性の向上に繋がり合理的である。事前に地山を緩めることは、改良効果を上げる補助的工法として利用することが可能である。今回設置した圧力センサーは、改良体の内部圧力値の変動と残差量との関係をリアルタイムで把握することを可能とし、実施工における造成管理の向上に寄与する。

【参考文献】

- 1)高橋ら：高圧噴射攪拌による水平方向への地盤改良（その1）—主要要素の機構試験—，第36回地盤工学研究発表会（投稿中），2001.6
- 2)飯島ら：高圧噴射攪拌による水平方向への地盤改良（その2）—実地盤での施工確認試験—，第36回地盤工学研究発表会（投稿中），2001.6

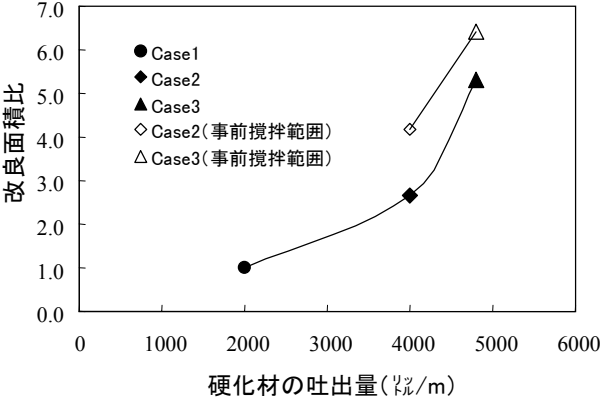


図 - 2 吐出量と改良面積比の関係図

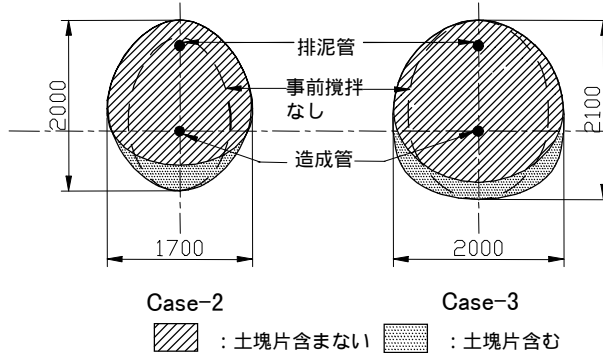


図 - 3 事前攪拌による改良体出来上がり状況

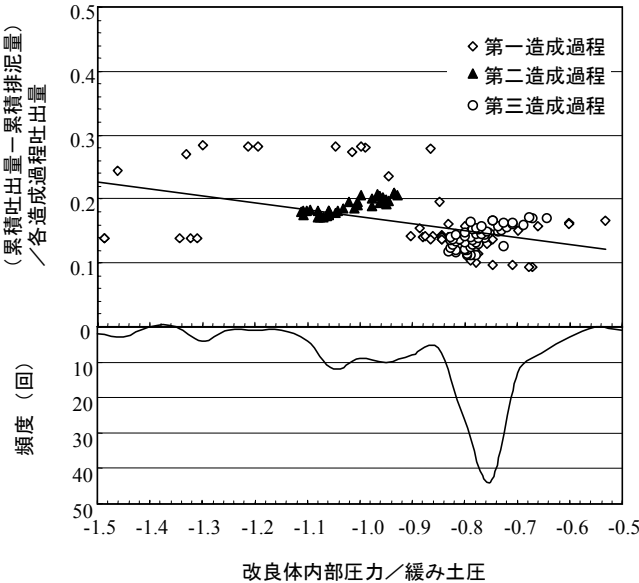


図 - 4 残差量と内部圧力の関係 (Case 3)