

高压喷射搅拌改良土の遮水性能に関する考察

大阪工業大学大学院 学生員 ○服部 健太
 大阪工業大学 正会員 日置 和昭
 (株) 不動テトラ 正会員 村上 恵洋
 (株) 関西地盤環境研究センター 橋本 篤

1. はじめに

遮水壁の造成方法の一つに高压喷射搅拌工法があるが、他の工法による遮水壁の欠損部や施工ヤードが制限される部分などに適用が限定されるため、遮水壁の造成事例が少なく、その遮水性能については十分に評価されていないのが現状である。本研究では、施工方式が異なる2種類の高圧喷射搅拌改良土を対象に、柔壁型透水試験¹⁾を実施し、その遮水性能について種々の考察を行った。

2. 高压喷射搅拌工法の概要

今回対象とした高压喷射搅拌工法は、単管式あるいは二重管式で回転ロッド先端の搅拌翼から2流線で喷射する2流線式セメントスラリー喷射搅拌工法 (FTJ 工法)²⁾と、三重管式で2本の超高压ジェット噴流を改良半径で交差させる交差噴流式高压喷射搅拌工法 (X-JET 工法)³⁾である。

3. 柔壁型透水試験の概要

試験に用いた供試体は FTJ 改良土と X-JET 改良土の2種類である。いずれの供試体も実施工現場において、オールコアサンプリングを行い、恒温恒湿機 (温度: 20±3°C, 湿度: 90%以上) にて所定期間 (約 180 日間, 約 360 日間) 養生したものである。なお、現地土 (改良前) の諸性質は表-1 に示すとおりである。FTJ 改良土は鹿児島県奄美市名瀬港で施工されたもので、改良前の細粒分含有率は 66.4%と

なっており、砂質シルトに分類される。一方、X-JET 改良土は新潟県新潟市新潟港で施工されたもので、改良前の細粒分含有率は 5.6%となっており、細粒分まじり砂に分類される。また、改良前の透水係数 k は奄美市名瀬港の砂質シルトで $2.3 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ 、新潟港の細粒分まじり砂で $3.3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ であった。

柔壁型透水試験装置の概要を図-1¹⁾に示す。柔壁型透水試験では側壁漏れ対策を実施 (供試体側面とメンブレンとの間にグリースを塗布)¹⁾し、セル圧は 50kPa とした。また、試験開始時の水頭差は 1m とした。なお、透水試験終了後には、供試体からグリースを拭取り、その供試体を用いて一軸圧縮試

表-1 現地土の土質試験結果一覧

		鹿児島県奄美市名瀬港 (FTJ工法:単管)	新潟県新潟市新潟港 (X-JET工法:三重管)
一般	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.770	2.668
	自然含水比 w_n %	39.78	23.24
粒度	礫分 (2~75mm) %	5.3	0.0
	砂分 (0.075~2mm) %	28.3	94.4
	細粒分 (0.075未満mm) %	66.4	5.6
	50% 粒径 mm	0.05	0.34
分類	地盤材料の分類名	砂質シルト	細粒分まじり砂
一軸圧縮	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²	45.3	—
透水	透水係数 k m/s	2.3E-07	3.3E-04
	湿潤密度 ρ_t g/cm ³	1.896	1.791
	乾燥密度 ρ_d g/cm ³	1.421	1.336
	含水比 w %	33.4	34.1
	間隙比 e	0.949	0.997
	飽和度 S_r %	97.6	100.0

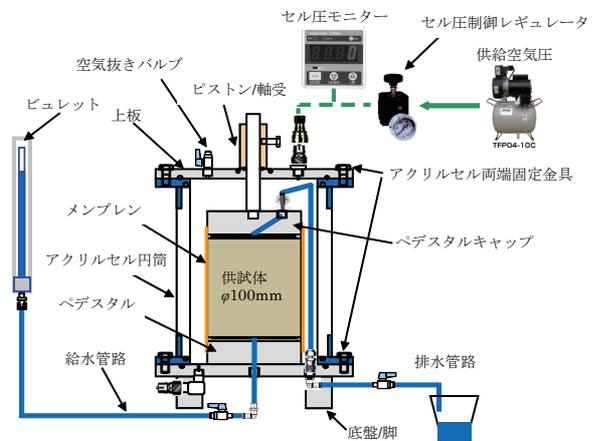


図-1 柔壁型透水試験装置の概要¹⁾

キーワード 遮水壁, 高压喷射搅拌工法, 透水試験

連絡先 〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学 工学部 都市デザイン工学科 TEL06-6954-4702

験を実施した。

4. 試験結果および考察

各供試体の透水係数 k と一軸圧縮強さ q_u 一覧を表-2 に、透水係数 k と一軸圧縮強さ q_u の関係を図-2 に、変形係数 E_{50} と一軸圧縮強さ q_u の関係を図-3 に示す。まず、材齢 360 日における FTJ 改良土(No.7~12)と X-JET 改良土 (No.13~15) の透水係数 k に着目すると、両者ともに透水係数 k は $1.0 \times 10^{-9} \text{m/s}$ 以下となっており、遮水壁の要求性能である $1.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 以下を十分に満足する結果が得られた。また、両者の透水係数 k を比較すると、その違いは 1 オーダー程度であるが、現地土の透水係数 k からの低減効果は、FTJ 改良土 : 3 オーダー程度、X-JET 改良土 : 7 オーダー程度となっており、FTJ 工法よりも X-JET 工法の方が遮水壁の造成により適した工法であると思われる。この要因としては、X-JET 工法は三重管式であること、交差噴流式であることなどが挙げられるが、支配的要因については解明できていないため、今後の検討課題としたい。次に、材齢 360 日における FTJ 改良土 (No.7~12) と X-JET 改良土 (No.13~15) の一軸圧縮強さ q_u に着目すると、X-JET 改良土は FTJ 改良土の約 2 倍の強さを有しており、現地土、工法が異なるため、一概には言えないが、高压噴射攪拌改良土の遮水性能(透水係数 k)は一軸圧縮強さ q_u と比較的高い相関性を示すことが確認できる(図-2 参照)。また、変形係数 E_{50} も一軸圧縮強さ q_u と比較的高い相関性を示すことが確認でき、工法の違いにかかわらず、 $E_{50} \approx 200 q_u$ の関係が得られた(図-3 参照)。

続いて、材齢 360 日における FTJ 改良土 (No.7~12) の透水係数 k と一軸圧縮強さ q_u の平均値を、材齢 180 日 (No.1~6) の平均値と比較すると、透水係数 k は約 1/10 に、また一軸圧縮強さ q_u は約 1.2 倍になっており、若干の材齢効果が認められた。今後、遮水性能の観点からセメント改良土の材齢効果について詳細に検討する予定である。

5. おわりに

本研究では、FTJ 改良土、X-JET 改良土ともに遮水壁の要求性能を十分に満足する結果が得られた。また、X-JET 工法の方が FTJ 工法よりも遮水壁の造成により適した工法であることが示唆された。しかし、その支配的要因については解明できていないため、今後の検討課題としたい。

参考文献

1) 日置和昭, 岩永駿平, 前田達也 : 柔壁型透水試験の側壁漏れと信頼性に関する考察, 第 9 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.43-46, 2011.
 2) FTJ (エフツインジェット) 工法研究会 : FTJ (エフツインジェット) 工法 技術資料 (N 型 第 3 版), 2006.
 3) クロスジェット協会 : クロスジェット工法 技術資料 (第 13 版), 2010.

表-2 各供試体の透水係数 k と一軸圧縮強さ q_u

供試体			透水係数 k		一軸圧縮強さ q_u	
工法	材齢 (day)	No.	(m/s)	平均値 (m/s)	(MN/m ²)	平均値 (MN/m ²)
FTJ工法 (単管)	180	No.1	7.6E-09	1.5E-09	1.5	2.9
		No.2	3.4E-10		2.1	
		No.3	1.4E-10		4.9	
		No.4	4.0E-10		2.7	
		No.5	2.5E-10		2.6	
		No.6	1.6E-10		3.3	
	360	No.7	9.1E-11	1.5E-10	4.0	3.5
		No.8	2.7E-10		2.5	
		No.9	1.4E-10		2.5	
		No.10	2.0E-10		2.1	
		No.11	9.0E-11		6.0	
		No.12	1.2E-10		3.6	
X-JET工法 (三重管)	360	No.13	5.3E-11	5.2E-11	8.8	7.1
		No.14	3.8E-11		5.9	
		No.15	6.6E-11		6.5	

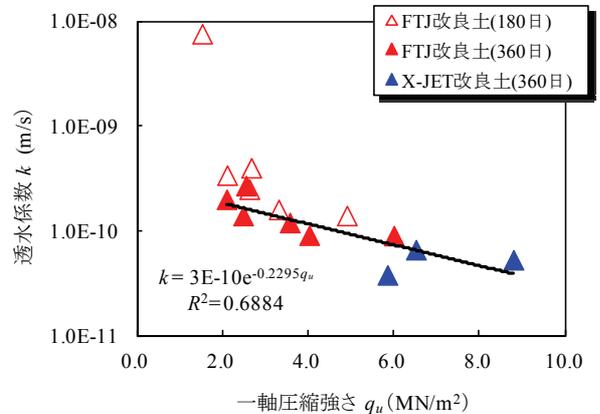


図-2 透水係数 k と一軸圧縮強さ q_u の関係

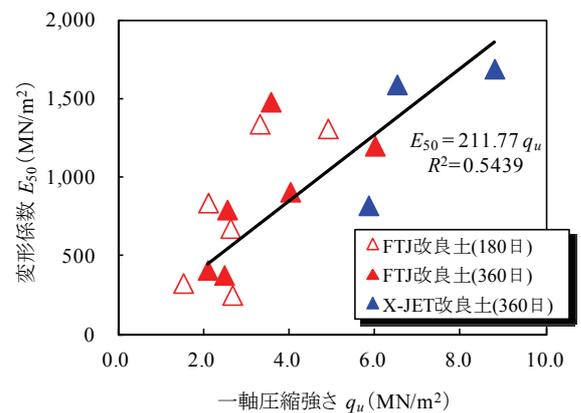


図-3 変形係数 E_{50} と一軸圧縮強さ q_u の関係