

III-803

超微粒子セメントグラウトによる注入固結砂の止水性に関する実験

(株)小野田 開発研究所 正会員 ○松井 悟
 同 上 細田 初敏
 同 上 中里 保清
 日本綜合防水(株) 研究室 正会員 所 武彦
 同 上 正会員 高橋 則雄

1. まえがき

超微粒子セメントグラウトのW/Cと注入固結砂の一軸圧縮強さとの関係については種々報告されているが、止水性に関する実験報告は少ない。本研究は、砂を均一な密度に締固めて作製した短尺モールドにグラウトを注入し、その直後から硬化に至る間の養生方法と透水係数の関係を調べ、材令の進行に伴う注入固結砂の止水性とグラウトのW/Cとの関係を検討したものである。

2. 試料および実験方法

試料砂には豊浦標準砂と一部4号珪砂を用い、グラウトには超微粒子セメント(W/C=200%, 400%, 600%, 800%, 1000%)を用いた。実験に使用した超微粒子セメントの物理特性を表-1、試料砂の物理特性並びにグラウトの配合とブリージング率を表-2に示す。

表-1 超微粒子セメントの物理特性

99%通過径	50%通過径	フルン比表面積	真比重
9.30 μm	4.13 μm	9170 cm^2/g	3.00

表-2 砂の物理特性とグラウトの配合

物理特性	試料砂	比重	相対密度 Dr (%)	均等係数 Uc	最小・最大密度 (g/cm^3)
	標準砂	2.631	82	1.48	1.332 : 1.646
	4号珪砂	2.610	98	2.34	1.331 : 1.573
配合 (1ℓ)	W/C	セメント	分散剤	水	ブリージング率 (%)
	200%	427.1 g	3.4 mL	854.2 mL	27.2
	400%	230.3 g	1.9 mL	921.2 mL	65.5
	600%	157.7 g	1.3 mL	946.2 mL	74.4
	800%	119.9 g	1.0 mL	959.0 mL	83.7
	1000%	96.7 g	0.8 mL	967.0 mL	88.6

試料砂の充填方法は、短尺モールド($\phi 5 \times \ell 22\text{cm}$ の亚克力パイプ)に間隙率が40%となるよう一定距離を保ちながら砂を落下させる空中落下方式により行い、モールド内を飽和した後、グラウト注入前の透水係数(k_0)を測定した。注入は、セメント粒子の沈降を防ぐため、攪拌装置を取り付けた圧力容器を用い1 kgf/cm^2 の圧力で垂直に立てたモールド下部の注入口から間隙体積の1.2倍量のグラウトを注入した。養生方法は、注入時の状態のままモールドを垂直に立てておくa法と注入直後にモールドを水平に寝かせておくb法により7日間、20℃室内養生を行った。注入固結砂は、油圧ジャッキによってモールドから抜き取り $\phi 5 \times \ell 10\text{cm}$ に整形し、材令7日での透水係数(k_7)を測定した後、所定材令まで20℃水中養生を行い、材令28日と材令91日で再び透水係数(k_{28} , k_{91})を測定した。透水係数の測定(材令7日以降)は、土の三軸圧縮試験装置の圧力セル内に供試体を設置し、側圧1 kgf/cm^2 、透水圧0.6 kgf/cm^2 の条件下で透水量500 mL に要した時間より算出した。注入装置の概要ならびに養生方法を図-1、透水試験装置の概要を図-2に示す。

3. 実験結果および考察

表-2に示すグラウトを豊浦標準砂に注入し、異なる2つの養生方法を経て得られた注入固結砂の透水係数の経時変化を図-3に示す。なお、グラウト注入前の透水係数の平均値は、 $1.99 \times 10^{-2} \text{cm}/\text{sec}$ であった。注入固結砂の透水係数は、グラウトのW/Cに関係なく材令の進行に伴い減少傾向が見られるが、W/C=

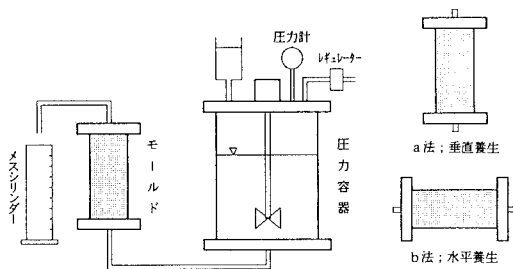


図-1 注入装置の概要と養生方法

200%を除き、材令7日では透水係数に顕著な差は認められなかった。一方、グラウトのW/Cと透水係数の関係は、W/Cが小さくなる程、透水係数も小さな値を示すものの、グラウトの水比を400%から200%へ下げた場合の透水係数は、他の水比に比べ著しく低下した。この現象については、セメント水和物の生成量と注入固結砂中のセメント量に起因するものであり図-4に示すW/Cと注入固結砂の一軸圧縮強さとの関係からも容易に類推できる。また、養生方法と透水係数の関係については、モールドを垂直に立てて養生したa法が、水平に養生したb法を止水性の面で僅かながら上回る結果となった。図-5

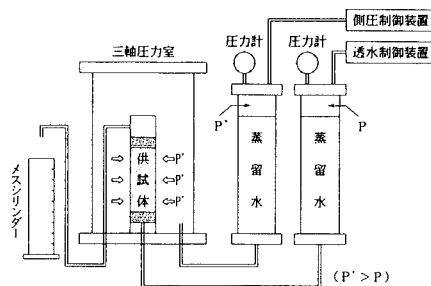


図-2 透水試験装置の概要

に同様な試験方法によりW/C=400%のグラウトを4号珪砂に注入して得られた注入固結砂の透水係数を示す。なお、グラウト注入前の透水係数の平均値は $1.20 \times 10^{-1} \text{ cm/sec}$ であった。4号珪砂の場合は、W/Cが同一のグラウトを豊浦標準砂に注入して得られた固結砂の透水係数にくらべ大きな値を示し、養生方法と透水係数の関係については、豊浦標準砂の場合と同様な傾向を示すものの、養生方法の違いによる透水係数の差が、豊浦標準砂に比べ大きな値を示した。このことは、グラウトの全量がゲル化（硬化）しない超微粒子セメントグラウトを注入した場合、モールドに充填した試料砂の間隙体積中でブリージングが発生し、セメント粒子が沈殿する方向に起因するものと考えられ、Krizekらが粒径の大きな『オタワ20-30砂』を用いた注入実験¹⁾の結果と同様な傾向を示した。しかしながら、比較的粒径の細かい豊浦標準砂の場合は、モールドに充填した砂粒子間の間隙径が小さく養生方法の違いにより透水係数に大きな差が生じなかったものと考えられる。

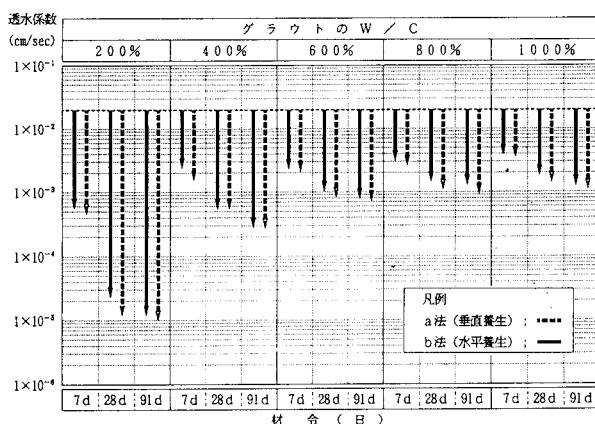


図-3 注入固結砂の透水係数の経時変化

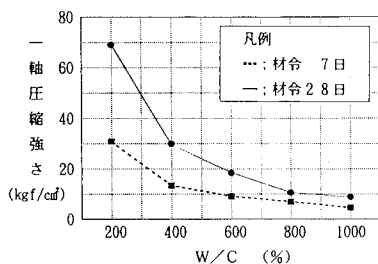


図-4 W/Cと一軸圧縮強さ（豊浦標準砂）

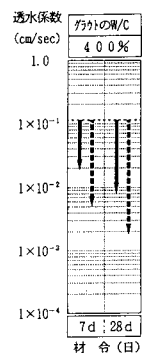


図-5 固結砂の透水係数（4号珪砂）

4. まとめ

- ①超微粒子セメントグラウトによる注入固結砂の止水性はグラウトのW/Cが小さいほど高くなる。
- ②注入固結砂の透水係数の経時変化は、グラウトのW/Cに関係なく材令の進行とともに小さくなる。
- ③W/Cが同一の超微粒子セメントグラウトによる注入固結砂の透水係数は、砂の粒径と養生方法の違いにより異なる値を示す。

<参考文献>

- 1) Krizek, R. J. and Helal, M. (1992). "Anisotropic Behavior of Cement-Grouted Sand." ASCE Grouting Soil Improvement & Geosynthetics
- 2) 松井、中里、所、高橋；超微粒子セメントグラウトによる注入固結砂の強度特性 第28回土質工学研究発表会講演集, pp. 2503~2504, 1993