

最終処分場複合遮水構造の修復を目的とするグラウトの開発

長岡技術科学大学 学生会員 ○ 前田 和也
ハザマ 正会員 トシデユク フィ オツ, 正会員 高見 元久
青山機工(株) 山崎 彌

1. はじめに

土質遮水層と止水シートを組み合わせた複合遮水構造を持つ最終処分場において、万が一シートが破損した場合、処分場内から破損箇所を通じて下方地盤への有害水の漏洩を抑制する対策としてグラウチングが有効な方法の一つと考えられる。すなわち、シートの上部保護砂層にグラウチングを行い、破損箇所周辺に難透水性ゾーンを形成させ、漏洩を抑制するものである(図-1)。本研究は、現場グラウチング実験に先立ち、配合試験および注入効果を実施し、適切なグラウトを選定することを目的とした。

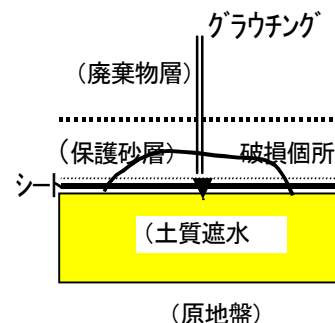


図-1 補修グラウチングの概念図

2. グラウトの選定

保護砂層を破壊せず、確実に難透水性ゾーンを形成するために、いわゆる低圧力下での浸透注入が求められる。一方、グラウトは低圧で一定期間の連続注入が可能のように粒径が小さく、流動性が優れるとともに、将来的に固結して安定な状態になることが重要である。表-1 にグラウトの流動性、式(1)、(2)にグラウタビティに関する要求性能を示す。

表-1 グラウトの要求性能

評価項目	目標値	備考
ブレバクトフロ - (s)	9.5	グラウト用ポンプが圧送可能な範囲
マーシュフロー(s)	25	
ブリ - ジング率 (%)	5 ~ 10	材料分離抑制, 品質確保
硬化後一軸圧縮強度 (kPa)	100	注入後供試体の圧縮強度

$$D_{15} / G_{85} \geq 15 \quad (1)$$

$$D_{10} / G_{95} \geq 8 \quad (2)$$

ここに、 D_{10} 、 D_{15} ：対象地盤土の通過質量百分率 10%、15%時の粒径(mm)、 G_{85} 、 G_{95} ：グラウト材の通過質量百分率 85%、95%時の粒径(mm)

本研究は透水係数 $k=10^{-2}$ cm/s オ - ダの砂地盤を対象にし、グラウト材は上記の要求性能を満足できるものとして超微粒子セメントとカオリナイトを混合した懸濁型グラウトに着目した。これは両者の最大粒径はそれぞれ $10 \mu\text{m}$ 、 $5 \mu\text{m}$ で、従来のグラウト材である普通セメント ($D_{\text{max}}=80 \mu\text{m}$) に比較して小さい。図-2 に各材料の粒径加積曲線を示す。

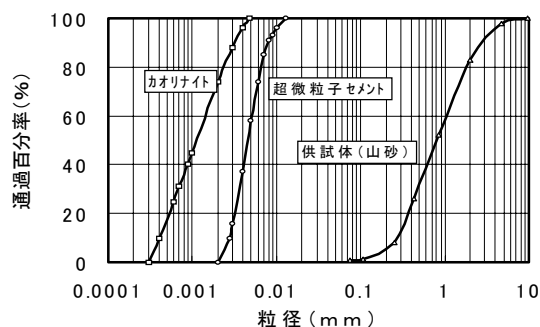


図-2 各材料の粒径加積曲線

3. 配合試験

(1) 試験方法

所定量の水（水道水）と分散剤（K 社製マテイ 150R）を容器に入れハンドスコップで1分間攪拌したのち、攪拌しながら必要量の超微粒子セメント、カオリナイトの順で投入し3分間攪拌し、グラウト材を作製した。引き続き、フロ - 試験、ブリ - ジング率試験（土木学会のポリエチレン袋を用いる方法）を実施した。

(2) 試験結果

キ - ワ - ド：最終最終処分場、グラウチング、浸透注入、超微粒子セメント、カオリナイト

連絡先：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1、長岡技術科学大学地盤研究室、Tel, Fax:0258-46-6000 内 6207
〒305-0822 茨城県つく市荻間字西向 515-1、Tel:0298-58-8823 Fax:0298-58-8839

配合試験結果の中から，グラウトの要求性能（表-1）をほぼ満足できた配合は表-2 に示す．ただし，一軸圧縮強さは後述の注入試験で注入後供試体について実施した．適合配合はセメントとカオリナイト乾燥重量比 $C/K=1/3 \sim 1/1$ ，（セメント+カオリナイト）と水比 $(C+K)/W=1/5 \sim 1/2.5$ の範囲内にある．

表-2 配合試験結果（要求性能適合配合）

No.	配合条件			試験結果		
	C/K	(C+K)/W	R/C (%)	P 70- (s)	M 70- (s)	ブリーディング率 (%)
1	1/1	1/2.5	1.0	8.5 (8.7)	21.8 (22.6)	1.3
2	1/2	1/4	1.0	8.7 (8.5)	20.4 (20.6)	5.9
3	1/3	1/5	1.0	8.7 (8.7)	20.2 (20.6)	5.9

注) C: セメント, K: カオリナイト, W: 水, R: 分散剤, P: プレバート, M: マッシュ, () 内は配合 2 時間後の結果

表-3 に供試体の物性

土粒子の密度	湿潤密度 (g/cm ³)	乾燥密度 (g/cm ³)	間隙比 e	含水比 (%)
2.605	1.717	1.662	0.567	3.3

4. 注入試験

(1) 試験方法

あらかじめ実施した締固め・透水試験結果から所定の密度を得られるように直径 10cm 高さ 20cm のアクリル製モールドに土質試料を 3 層に分けて投入し突き固めて直径 10cm 高さ 15cm の供試体を製作する．表-3 に供試体の物性を示す．試験手順は次に示す．

供試体の飽和：水頭 10cm の静水圧で飽和させる． 注入前透水試験：水圧 9.8～19.6kPa で透水試験を実施．

注入試験：供試体上部にグラウトを入れ後，蓋で密閉し，上部より注入圧力を 10kPa と 20kPa の 2 段階に分けて増圧させて注入を行った．なお，注入試験に先立ち限界圧試験を実施し，供試体の限界圧力を求めた．試験は水圧 4.8kPa/step で段階的に増加させ，流出量が急に増加始めた時の圧力を限界圧 P_f とするが $P_f=24.5\text{kPa}$ 程度得られたため，注入圧力の上限値を 20kPa とした． 養生：供試体を飽和させた状態で 3 日間養生する． 注入後透水試験： 注入前透水試験と同じ要領で実施する．

(2) 試験結果

表-4 に試験結果，図-3 に間隙比と透水係数の関係を示す．ただし，見掛け注入率

表-4 注入試験結果

	注入前		注入後						
	透水係数 k_0 (cm/s)	間隙比 e_0	注入量 Q (cm ³)	見掛け注入率 α (%)	有効注入率 α' (%)	透水係数 k_1 (cm/s)	有効間隙比 $e'1$	k_1/k_0	q_{qu28} 注) (kPa)
1	4.0×10^{-2}		146	0.311	0.089	6.9×10^{-3}	0.493	0.17	(>2000)
2	2.6×10^{-2}		262	0.558	0.112	2.2×10^{-4}	0.475	0.008	168
3	2.5×10^{-2}		258	0.550	0.092	2.5×10^{-4}	0.490	0.01	-

注) No.1 の q_u はコン指数 q_c から推定した．

α ，有効注入率 α' ，有効間隙比は $e'1$ は次式により求めた．

$$\alpha = Q/V \cdot n(1 + \beta), \quad \alpha' = \alpha \times (C+K)/(C+K+W), \quad n'1 = n \times \alpha', \quad e'1 = n'1/(1 - n'1) \quad (3)$$

ここに， Q ：流量， V ：供試体容積， n ：注入前間隙率，

β ：損失係数=0.1， $n'1$ ：注入後有効間隙率，である．

注入試験結果から次のことが判明した．

グラウト No. 2, 3 とともにグラウトは供試体全体を浸透しており，注入後の透水係数は $k_1=2 \times 10^{-4}\text{cm/s}$ となり注入効果が確認されたが No. 3 では注入による強度改善が認められなかった．また，No.1 では，注入率が小さく， $k_1/k_0=0.17$ 程度と注入効果が小さい．これは $C/K=1/1$ が大きいこと，マッシュフロ値=21s と大きく流動性が悪いことが主な要因と考えられる．

注入効果，つまり注入後透水係数の低下度合いは注入されたグラウトのうちの固形成分（セメントとカオリナイト）の充填によって間隙が閉塞される程度によるものと推察される．（図-3）．

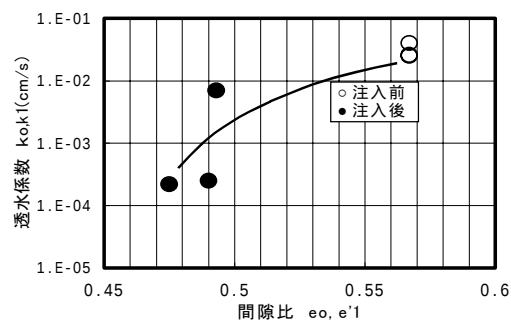


図-3 間隙比と透水係数の関係

5. まとめ

一連の室内試験から，砂地盤に対して超微粒子セメントとカオリナイトを混合した懸濁型グラウトの注入効果が認められ，グラウト No.2 を現場実験への適用をはかり，良好な結果が得られた．