

Ⅲ-A250

セメントミルクの亀裂内流動則に関する基礎実験

岡山大学環境理工学部 正会員 西垣 誠
 岡山大学大学院 学生会員○山本 浩志
 五洋建設 非会員 植田 直孝
 東京電力 非会員 岸 祐和

1. はじめに

我が国の国土は狭くかつ既に多くのダムを良質の岩盤上に完成させていることもあり、近年では、堅固で遮水性に優れた硬岩により基礎が構成されるサイトにダムを建設できることはほとんどなくなっている。

本研究は、高透水性で、不飽和状態の亀裂性岩盤上にダム基礎を建設する際の基礎処理としてのグラウト施工を効果的、経済的に行う事を目的とする。そのためには亀裂内に注入されたセメントミルクがどのような特性を持って注入・流動をするかを知ることが必要である。そこで、前報¹⁾に続き本報では、超微粒子セメントを用いた平行平板水平一次元モデルでの定流量注入試験、普通ポルトランドセメントを用いた平行平板水平一次元モデルでの定流量選択注入特性試験を行い、亀裂内のグラウト液としてのセメントミルクの注入、流動特性についての研究を行った。

2. 超微粒子セメント・普通ポルトランドセメントの物理特性

この試験に用いた超微粒子セメント及び、普通ポルトランドセメントの粒径加積曲線(乾式、湿式)を図-1に示す。

セメントミルク内のセメント粒子は水中で、団粒化しており、超微粒子セメントは普通ポルトランドセメントよりも水中で団粒化しやすい事が分かる。

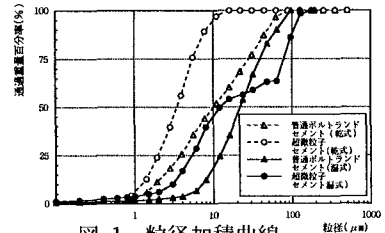


図-1 粒径加積曲線。

3. 超微粒子セメントを用いた平行平板水平一次元モデルでの定流量注入試験

普通ポルトランドセメントを用いてセメントミルク注入試験を行った結果、注入可能な限界の亀裂開口幅とW/Cの関係が既知となっている¹⁾。そこで、今回の試験の目的は超微粒子セメント、分散剤を添加した超微粒子セメントを用いて、注入が可能な亀裂開口幅とセメントのW/Cの関係を調べることである。試験装置については前報¹⁾を参照されたい。表-1に、超微粒子セメントを用いた試験の試験結果を示す。表-1より、目詰まりの生じなかった場合、提案手法より算定した透水係数(k')が理論値(k_s^T)と極めて一致していることが解る。表-2に、分散剤を添加した超微粒子セメントを用いた試験の試験結果を示す。また、算定飽和透水係数(k')は理論飽和透水係数(k_s^T)の2倍～9倍の値が算出されたが、普通ポルトランドセメントを用いた同様の試験を行った際には、2～5倍の値が算出されている¹⁾。この様に、今回の試験において、普通ポルトランドセメントを用いた試験よりも大きい値が算出されたのは、超微粒子セメントは普通ポルトランドセメントと同じW/Cのセメントミルクでもセメントミルク内にある粒子数が非常に多いため、亀裂内で吸着が生じやすくなり、その結果、浸潤前線の濃度は薄くなり注入口付近の水頭の上昇が緩やかになったからであると思われる。

表-1 超微粒子セメントを用いた注入試験結果。

開口幅 cm	w/c	粘性 cp	密度 (gf/cm^3)	温度 ℃	k_s^T	k'	k_s	k_s/k_s^T	備考
0.050	2.0	73.1	1.29	23.4	0.360	0.389	0.393	1.090	
0.030	2.0	72.8	1.29	24.5					目詰まり
0.015	3.0	6.4	1.20	24.8	0.345	0.347	0.305	0.886	
0.015	2.5	18.5	1.27	23.2					目詰まり
0.015	1.4	85	1.48	23.6					目詰まり
0.010	3.5	5.5	1.16	22.8					目詰まり
0.010	4.0	4.8	1.12	23.0					目詰まり

表-2 超微粒子セメント+分散剤を用いた注入試験結果。

開口幅 cm	w/c	粘性 cp	密度 (gf/cm^3)	温度 ℃	分散剤濃度 %	k_s^T	k'	k/k_s^T	備考
0.050	0.7	770	1.62	16.2	2.2	0.043			目詰まり
0.030	0.8	220	1.52	23.0	2.2	0.051	0.109	2.151	
0.015	1.4	6.4	1.38	15.2	2.2	0.395	2.110	5.346	
0.015	0.8	233	1.52	22.5	2.2	0.012	0.013	1.115	
0.015	0.7	690	1.62	17.0	2.2	0.004			目詰まり
0.010	0.8	211	1.52	21.1	2.2	0.006			目詰まり
0.010	1.0	48	1.46	16.2	2.2	0.025	0.230	9.255	
0.005	1.0	55	1.46	16.0	2.2	0.005			目詰まり
0.005	1.4	6.5	1.38	15.2	2.2	0.043	0.399	9.205	
0.005	2.5	5.06	1.20	21.2	2.2	0.049	0.293	6.027	

keyword: ダム基礎岩盤、グラウト、超微粒子セメント、目詰まり

連絡先: 岡山大学環境理工学部環境デザイン工学科、Tel: 086-251-8167、Fax: 086-253-2993。

図-2に表-1、表-2において注入可能な亀裂開口幅とW/Cの関係を示す。普通ポルトランドセメントの同様の関係も併記した。ある開口幅を持つ亀裂に対して、それぞれの曲線上のW/Cよりも大きい(薄い)W/Cのセメントミルクであれば、目詰まりを生じさせることなく注入することが可能である。また、超微粒子セメントは粘性が高く、目詰まりが生じやすいが、分散剤を添加することにより普通ポルトランドセメントでは注入できなかった亀裂への注入が可能になる。この時、分散剤を添加することにより粘性は下がっているの

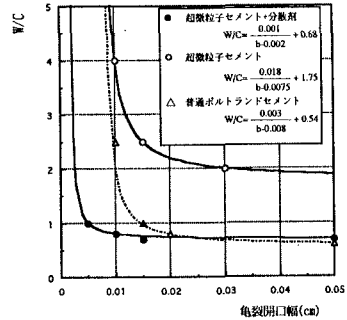


図-2 注入可能な限界の亀裂開口幅とW/C

4. 普通ポルトランドセメントを用いた平行平板水平次元モデルでの定流量選択注入特性試験

この試験では、2つの亀裂開口幅の開口幅比を変化させてセメントミルクを注入し、開口幅比、セメントミルクの配合の違いによる選択注入特性の相違を評価した。試験装置を図-3に示す。

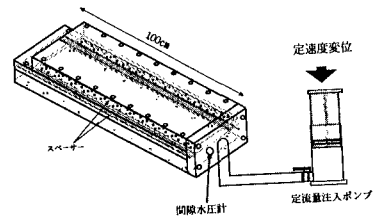


図-3 試験装置図。

図-4に浸潤距離の経時的变化の一例を示す。この図において、試験結果は理論値と非常に一致している。試験結果より、亀裂開口幅、セメントミルクのW/Cに関係なく、複数の亀裂に対する流量分配は、目詰まりが生じない限り、理論通りの挙動をする。

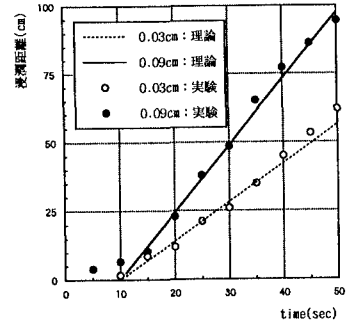


図-4 浸潤距離の経時的变化。

表-3に試験結果を示す。表-3より、亀裂開口幅 $b=0.03$ 、 0.09 (cm)、 $W/C=2.0$ のケースで算定飽和透水係数(k')が飽和透水係数(k_s)の約2倍の値になったのを除いては、算定飽和透水係数(k')と飽和透水係数(k_s)はほぼ等しい値を得た。この事より、注入開始直後(亀裂内は空気のみ)の透水係数と亀裂内がセメントミルクで飽和された時の透水係数は等しいといえる。また、飽和透水係数(k_s)は理論飽和透水係数(k_s^T)の約2~7倍の値が算定された。

5. おわりに

以上の結論として、超微粒子セメントに分散剤を添加したグラウトは非常に有効である。そして亀裂内に注入されたセメントミルクは複数の亀裂に理論通り流量分配される事が既知となった。今後は、より現場との差異を少なくするため、流路区間を延長し、また注入圧を増大させた定圧注入試験を行い、目詰まりが注入圧によってどの様に変化するのか、亀裂が閉塞に至るための圧力、流速を評価する必要がある。

【参考文献】

- 1) 西垣誠・吉岡進・山本浩志：開口亀裂におけるグラウトの浸入・流動特性に関する研究、土木学会第51年次学術講演会概要集、pp.642-643、1996。

表-3 選択注入特性試験結果。

亀裂開口幅	W/C	温度	粘性	密度	b'	k_i'	k'	k_s	k'/k_s	k_s/k_i'
$b, b'(\text{cm})$		$^{\circ}\text{C}$	$\mu(\text{cp})$	$\rho(\text{g/cm}^3)$	(cm)	(cm/sec)	(cm/sec)	(cm/sec)		
0.03, 0.06	2.0	20.0	8.6	1.33	0.067	5.68	4.43	3.32	1.33	0.58
0.03, 0.06	1.0	21.1	148	1.48	0.067	0.37	1.12	1.04	1.07	2.85
0.03, 0.06	0.8	17.0	250	1.58	0.067	0.23	0.57	0.60	0.95	2.58
0.03, 0.09	2.0	16.5	9.5	1.33	0.095	10.29	155.20	74.33	2.09	7.22
0.03, 0.09	1.0	18.3	140	1.47	0.095	0.77	4.80	4.06	1.18	5.25
0.03, 0.09	0.8	20.5	260	1.58	0.095	0.45	0.90	0.97	0.93	2.17
0.02, 0.04	2.0	15.0	8.2	1.33	0.045	2.65	4.34	4.46	0.97	1.68
0.02, 0.04	1.0	15.0	134	1.47	0.045	0.18	0.36	0.42	0.85	2.33
0.02, 0.04	0.8	16.1	265	1.58	0.045	0.10	0.32	0.33	0.96	3.42