

III-B 281

セメントグラウトの加圧脱水試験（その2）

建設省土木研究所 正会員 ○ 山口嘉一
 日特建設㈱ 正会員 阿部義宏
 建設省北陸地方建設局 中村 昭

1. はじめに

セメントグラウトは、懸濁液であるために固体粒子と分散媒の分離が生じやすく不安定である。そのため岩盤の割れ目内に注入されたセメントグラウトには、固体粒子の自然沈降や、注入時の加圧力や注入後の地圧を受けて加圧脱水（固体粒子が停滞する一方で分散媒が流動する）現象が生じると考えられている。

しかしセメントグラウトの加圧脱水により形成されるケーキ（セメントなどの固体粒子の集合体）の物性については、これまで十分な調査、検討がなされてきたとはいいがたい。本報では、前報²⁾でおこなった加圧脱水試験のデータをもとに、セメントグラウトのろ過によって形成されるケーキ³⁾の初期の透水係数を算出し、前報の結果とあわせて、セメントグラウトの加圧脱水により形成されるケーキの物性をいくつかの角度から考察した。

2. 加圧脱水試験の概要²⁾

図-1に加圧脱水試験装置を示す。加圧脱水の対象とする試料には、固体粒子に対する分散媒の混合重量比を2とした8種類のセメントグラウト、すなわち①セメントミルクC、②分散剤を添加したセメントミルクA、セメント重量の5%のベントナイトの混合したCBグラウトとして③24時間事前膨潤させたベントナイトを混合したB、④未膨潤ベントナイトを混合したS(0)、⑤未膨潤ベントナイトと膨潤促進剤⁴⁾を組み合わせさせたS(25)、セメント重量の10%のベントナイトの混合したCBグラウトとして⑥24時間事前膨潤させたベントナイトを混合したB'、⑦未膨潤ベントナイトを混合したS'(0)、⑧未膨潤ベントナイトと膨潤促進剤を組み合わせさせたS'(25)を用いた。測定は、これらの試料がろ過に要する時間(t)、脱水量(W)などについておこなった。

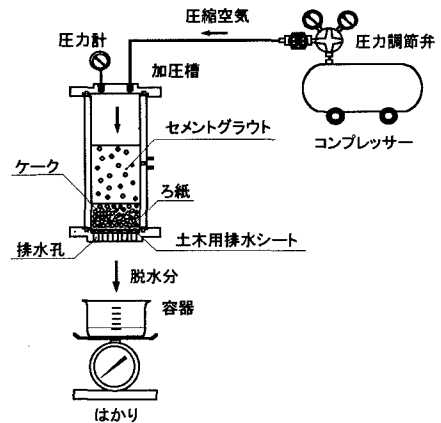


図-1 加圧脱水試験装置

3. 透水係数の算出方法

図-2において、Darcyの法則により、

$$\frac{1}{\rho l} \frac{dW}{dt} = k \frac{H}{h(t)} A \quad (\text{ただし } H \gg \text{未脱水部分の液深}) \quad (1)$$

が成り立つと考える。ただし加圧脱水試験における加圧力の水頭（既知）を H 、ケーキの断面積（既知）を A 、時刻 t におけるケーキの高さ（未知）を $h(t)$ 、試料の脱水速度（既知）を dW/dt 、分散媒の密度（既知）を ρ 、ケーキの初期の透水係数（未知）を k とする。

次にケーキが非圧縮性であり、

$$\text{試料の固液比: } S = \frac{Wl(t)}{Ws(t)} = \frac{Wl}{Ws} \quad (2)$$

$$\text{ケーキの含水比: } m = \frac{Wl - Wl(t) - W(t)}{Ws - Ws(t)} = \frac{Wl - Wf}{Ws} \quad (3)$$

$$\text{ケーキの乾燥密度: } \rho_c = \frac{Ws - Ws(t)}{A \times h(t)} = \frac{Ws}{A \times hf} \quad (4)$$

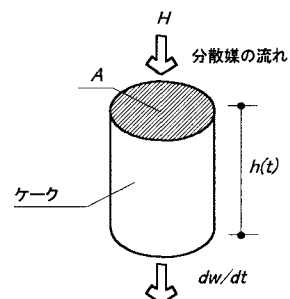


図-2 ケーキを通過する分散媒の流れ

と仮定する。ただし試料中の分散媒の質量（既知）を Wl 、同じく固体粒子の質量（既知）を Ws 、時刻 t における未脱水部分の試料の分散媒の質量（未知）を $Wl(t)$ 、同じく固体粒子の質量（未知）を $Ws(t)$ 、時刻 t における脱水量（既知）を $W(t)$ 、最終的な脱水量（既知）を Wf 、最終的なケーキの高さ（既知）を hf とする。

したがって式（2）～（4）より、

$$h(t) = \frac{1}{S - m} \cdot \frac{W(t)}{A \times \rho c} \quad (5)$$

式（5）を、式（1）に代入して、整理すると、

$$k = \frac{1}{S - m} \cdot \frac{W(t)}{A^2 \times H \times \rho l \times \rho c} \cdot \frac{dW}{dt} \quad (6)$$

が得られる。

4. 結果

式（5）、（6）を用いて求めた各試料のケーキの高さと透水係数の関係を図-3に示す。また前報と本報で得られたブリージング試料、加圧脱水試料（ケーキ）の物性を表-1に整理する。なお加圧脱水率とは、試料の容積からケーキの体積を差し引き、これを試料の容積で除したもので、ブリージング試験におけるブリージング率に対応

表-1 ブリージング試料と加圧脱水試料（ケーキ）の物性

物性 試料名 (単位)	ブリー ジ ン グ 率 %	ブリー ジ ン グ 試 料 ρc g/cm ³	ブリー ジ ン グ 試 料 qu kgf/cm ²	加 圧 脱 水 率 %	ケー ク ρc g/cm ³	ケー ク qu kgf/cm ²	ケー ク k cm/sec
C	55.1	0.96	35.9	71.9	1.54	216.2	(2.2~5.8) E-5
A	56.8	1.00	34.8	74.0	1.66	212.0	(1.7~5.2) E-5
B	10.6	0.48	2.9	63.3	1.17	156.9	(3.5~6.0) E-6
S(0)	24.4	0.57	7.5	68.5	1.37	200.3	(5.8~11.5) E-6
S(25)	6.9	0.46	1.5	55.2	0.96	66.4	(1.3~2.0) E-5
B'	2.4	0.44	2.2	52.6	0.91	64.8	(1.7~2.5) E-6
S'(0)	7.6	0.47	2.8	58.7	1.04	103.1	(2.1~4.0) E-6
S'(25)	1.7	0.44	2.5	37.2	0.69	29.1	(5.2~6.5) E-6

注) qu は針貫入試験により求めた一軸圧縮強さの平均値

する。

図-3、表-1から次のことがいえる。

①ケーキの初期の透水係数は、おおまかにいってセメントミルクで 10^{-5} cm/secのオーダー、C B グラウトで 10^{-6} cm/secのオーダーにある。

②ブリージング率の大きなものほど、加圧脱水率、ケーキの乾燥密度、ケーキの初期透水性は大きな値を示す傾向がある。ただし膨潤促進剤を使用した $S(25)$ 、 $S'(25)$ は、ケーキの初期の透水係数が比較的大きいにもかかわらず、ブリージング率、加圧脱水率、ケーキの乾燥密度は小さな値を示す。この透水性の傾向は、試料の粘性の影響をある程度反映しているものとする。

③ケーキの乾燥密度、一軸圧縮強さは、ブリージング試料にくらべて、大きな値を示し、加圧脱水の効果が認められる。

5. まとめ

ケーキの初期の透水係数が大きなセメントグラウトは、加圧脱水現象による余剰水の排水が効率よくおこなわれることから、緻密なケーキを形成して、高い一軸圧縮強度を得るとともに、養生にともなって透水性が低下すると考えられる。一方ケーキの初期の透水係数の小さなセメントグラウトは、一般にブリージング率が小さいことから、疎ではあるが岩盤の割れ目を閉塞するのに十分な大きさのケーキを形成して、グラウチング効果を高めることができると考えられる。本報では、簡単な試験の結果から、これらのことを再確認することができたと思う。

参考文献

- 1) Ewert, F. K. (1985) : Rock Grouting, Springer-Verlag, pp.120-129.
- 2) 山口嘉一, 阿部義宏, 中村 昭 (1996) : セメントグラウトの加圧脱水試験, 第31回地盤工学研究発表会講演集.
- 3) 杉本泰治 (1992) : ろ過-メカニズムとろ材・ろ過助剤, 関地人書館, pp.17-30, pp.128-206.
- 4) 高橋 聡, 鳥山君彦, 近藤三三, 嘉門雅史 (1995) : 多膨潤性ベントナイトの開発, 第30回土質工学研究発表会講演集, pp.187-188.

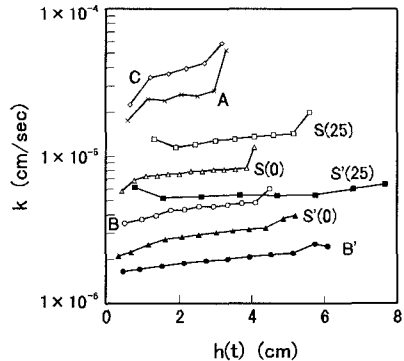


図-3 ケーキの初期の透水係数