

III-303 開口割れ目における懸濁水浸透流の 目づまりに関する基礎実験

榊熊谷組 正員 ○伊藤 洋 正員 清水 昭男
電源開発 正員 宮永 佳晴 正員 江原 昌彦

1. はじめに

岩盤浸透流における目づまり現象は、従来よく認められるものであるが工学的にはあまり注目されていなかったように思う。最近になって著者らは実験室段階ではあるが、その定量評価のアプローチを行い、重要な特性の一つであることを確認している^{1),2)}。しかし、これらの実験では浸透水として蒸留水や水道水を用いており、実際の地下水によるものを必ずしも反映しているとはいえないところがある。

本論では、こういった背景にあつて、単一割れ目を有する供試体で微粒径の粘土を含む懸濁水を浸透水として用いた長期透水実験を行い検討を加えた。実験データ数は十分でないがいくつかの興味ある結果を得たのでここに報告する。

2. 実験装置と方法

本実験に用いられた装置の概略は、図-1(a) に示したとおりであり、①懸濁水タンク(96ℓ)、②ポンプ、③バルブ、④オーバーフロータンク、⑤供試体取付装置、⑥ビーカー、⑦供試体(コンクリート円柱供試体3本、直径 $\phi=10$ cm、高さ $H=15.5\sim17.2$ cm、平均換算割れ目開口幅 $w=0.05$ 以下 ~0.67 mm)から構成されている。供試体取付装置の詳細は同図(b) に示したようであり、(c) 図の側面樹脂コーティング供試体がセットされ、上下フランジには漏水防止のOリングが固定されている。ここで、供試体は著者らが水道水による長期透水実験等で用いたものを流用している。

実験の手順は次のようである。I 県産の粘土スラリーを用いて濁度5000ppm の懸濁水($W/S=200$, 比重2.58 粒径 $D=1.8\mu\text{m}$, $D_{95}=23\mu\text{m}$)を作る。ついで、⑦供試体を⑤取付装置にセットし②ポンプを作動させ、④オーバーフロータンク高さを調節して所定の水頭差を与える。ただし、No. III 供試体は浸透流量が多いため排水は再び①タンクへ戻すこととする。ここまで準備が整うと③バルブを開け⑧空気抜きによりエアーを排除し供試体内に定圧強制対流を発生させる。浸透流量は⑥ビーカーに採水したものをメスシリンダーにより経時的に測定する。

実験は31日間連続して実施するが、終了後は供試体を分割し割れ目壁面での粘土の付着・拘留状況を観察・写真撮影する。

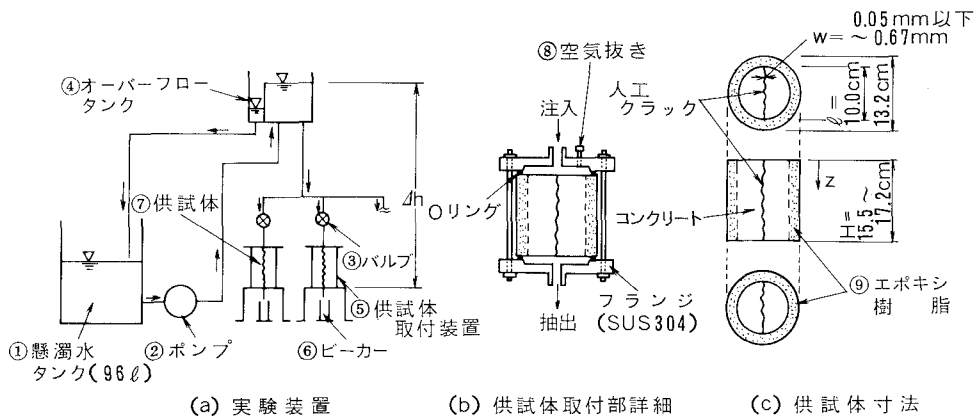


図-1 実験装置の概要

3. 実験結果と考察

実験結果を整理すると表-1のようになる。浸透流量は31日後には $q_{31}/q_0 = 1.9 \times 10^{-1} \sim 1.44 \times 10^{-3}$ に低下しているが、No. Ⅲはいまだ低減過程にある。また、実験後の壁面状況は、いずれも粘土がほぼ一様に付着・拘留され、目づまり要因となっていることが確認されている。

つぎに、浸透流量 q の経時変化を示した図-2に注目すると、まず、a) 供試体No. Ⅰ、Ⅱはいずれも流量は初期より急減し早期に恒常流量となっていることが認められる。流量の低減率は初期流量の大きいNo. Ⅰで著しく、 10^{-3} オーダーも減少している。また、No. Ⅱで実験期間中流量が上昇に転じているところがあるが、これは実験後の壁面に細い水みちの跡が確認されていることから、ある種のパイピングを生じたかあるいは別の固形微粒子が混入して水みちを形成したものと考え得る。No. Ⅰ、Ⅱの q の経時変化を濁質拘留モデルで無効流路体積が累積流量 Q に比例するとして導いた式(1) (図-2 a) 中記入)¹⁾と整合させると、閉塞係数 $K_b = 6.31/d$ (No. Ⅰ)、 $2.21/d$ (No. Ⅱ)でうまく一致する。ちなみに水道水による場合は $K_b = 0.5 \sim 1.01/d$ 程度であるから懸濁物質を多く含む本実験では明らかにそれより大きくなっている。

一方、同図のc)にはNo. Ⅲの $q \sim t$ 関係を示しているが、この場合は上述のものとは異なった様相を呈しており、式(1)ではうまく説明しえない。つまり、このように浸透流量が大きく、流速が速いと付着・拘留される固形微粒子は必ずしも流量に比例するような線形モデルにはならないことになる。そこで、ここではFreundlichの非線形吸着モデルを適用して⁴⁾、浸透流量 q を次式のように表す。

$$q = q_0 \{1 - K_b (Q/Hw_{t=0})^n\}^3 \dots (2)$$

これより、同式と実験結果を整合させると $n=2.5$ 、 $K_b = 4.78 \times 10^{-14}$ でよく一致することになる。

以上より、浸透流の目づまりによる流量低減は懸濁物質が多いほど顕著となるが、流量・流速および流路空隙がある程度以上大きくなると経時的に著しく遅くなることが示唆されることとなった。

参考文献

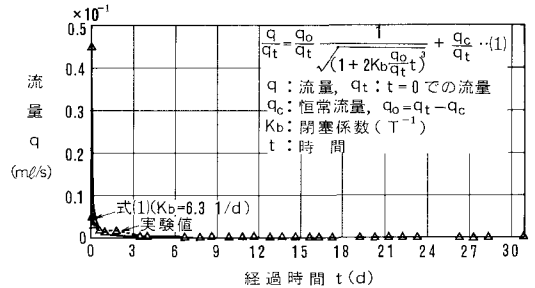
- 1) 伊藤はか：開口割れ目における浸透流の目づまりに関する基礎実験、20回岩力シンポ、1988. 2.
- 2) 佐藤・伊藤：岩盤内浸透流の時間依存と目づまり機構、土と基礎、Vol. 36, No. 4, 1988. 4.
- 3) 伊藤はか：コンクリートクラック内の透水性に関する実験的研究、セ技年報41、1987.
- 4) J. Bear: Hydraulics of groundwater, McGraw Hill, pp. 239 ~ 243, 1979.

表-1 実験供試体および結果

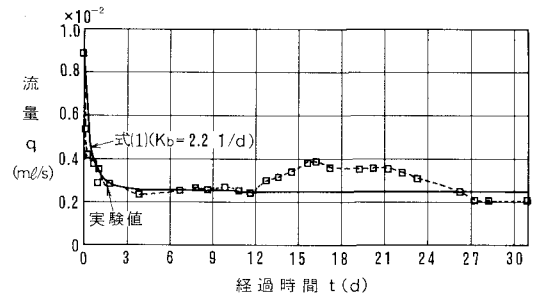
供試体 No.	設水頭差 $d h$ (cm)	供試体高さ H (cm)	動こう配 i	平均換算開口幅 ^{*)1)} w (mm)	初期の浸透流量 q_0 (ml/s)	31日後の浸透流量 q_{31} (ml/s)	浸透流量の低下率 q_{31}/q_0
Ⅰ	105.0	17.2	6.105	< 0.05	4.5×10^{-2}	6.48×10^{-5}	1.44×10^{-3}
Ⅱ	105.0	16.9	6.213	< 0.05	8.83×10^{-3}	1.69×10^{-2}	1.91×10^{-1}
Ⅲ	45.0	15.5	2.903	0.67	9.31×10^{-1}	7.6×10^{-2}	8.16×10^{-2}

*1) $q_0 = (57.3 w^2 + 2.18 w) / d w$ から求めた値であるが、³⁾ $w = 0.05 \text{ mm}$ 以下は適用範囲以下となるためその傾向のみを示した。

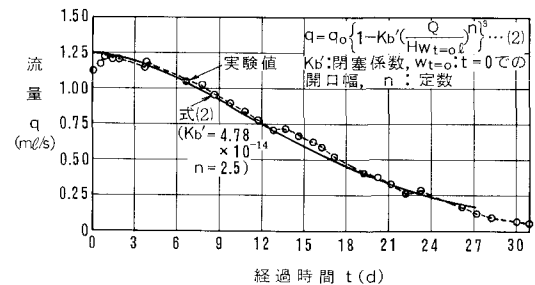
*2) No. Ⅱの q_{31} は、まだ流量低減過程にあって恒常流量になっていない。



a) 供試体No. Ⅰ



b) 供試体No. Ⅱ



c) 供試体No. Ⅲ

図-2 浸透流量 q の経時変化