

III-432 大型花崗岩供試体を用いた懸濁液グラウト実験の一考察

(株)熊谷組 正会員○伊藤 洋
 (株)熊谷組 正会員 坂口 雄彦
 (株)熊谷組 正会員 清水 昭男

1. はじめに

懸濁液(広域)グラウト工法は、超微粒子の粘土を浮遊させた低濃度の懸濁液を岩盤割れ目系に長時間浸透・注入させることにより、濁質拘留層を形成させて流路を閉塞・止水するものである。著者らは、これまで小型の人工岩石供試体に割れ目を発生させて基礎的な実験を行い、基本的には止水効果を確認している¹⁾。本論では、実際の大型花崗岩供試体を用いた懸濁液浸透実験を行い、検討を加えた。

2. 実験装置と方法

実験装置の概要を図-1に示す。実験は、同図に示すように流路方向が水平或いは鉛直からやや傾いた単一割れ目を有する供試体A, B 2体を用いて行う。供試体は、茨城県稲田産の花崗岩(20×40×80cm)で、割れ目はノミ割りにより強制的に発生させている。実験の手順は、まず表面割れ目幅を測定した後、側面の割れ目部をシリコン樹脂により止水し、水道水を通水して割れ目内を十分飽和させる。つぎに、所定の濃度に調整した懸濁液を供給ポンプによりオーバーフロー水槽に供給し、割れ目内に注入・浸透させる。漏水量の測定は、流量の減少が著しい初期には数時間、その後は数日ピッチで行い14日後に最終流量を測定する。

実験に用いた懸濁液材料は、表-1に示すように粒度調整を行った火山灰土(武蔵野ローム:埼玉県大宮市)とまさ土(花崗岩風化物:広島県五日市町)の2種である。

3. 実験結果と考察

実験ケース・条件及び結果の一覧を表-2にまとめて示す。同表には、実験結果として初期及び終了時(14日経過後)の流量 q/i などをまとめて示している。流量は14日間の懸濁液注入により大きく減少している。また、図-2は、注入懸濁液濃度の経時変化を示したものである。懸濁液濃度は、特に強制的な攪拌等を行っていないので、沈殿等により経時的に自然減少している。

図-3は、各ケースにおける流量の経時変化を示したものである。図中の破線は実験値であり、実線は解析値である。解析における基礎式は次式に示す。また、注入口の濃度境界条件は、図-2の結果を用いる²⁾。

$$K_b' \omega \lambda C + \partial (\lambda C) / \partial t = -\text{div} (\omega \lambda C), \text{div} (k \cdot \text{grad} h) = 0, \lambda \approx \delta / \delta_0,$$

$$\delta = \delta_0 (1 - K_b' \int_0^t \omega(t) \lambda C dt), K_b' = K_b \{ \delta_0 / (C q_t) \} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 K_b' : 拘留係数、 ω : 浸透移流速度、 λ : 空隙率、 C : SS濃度、 t : 時間、 k : 透水係数、 h : ピエゾ水頭、 g : 重力加速度、 ν : 流体の動粘性係数、 δ_0 : 初期の割れ目幅、 δ : 有効流路割れ目幅、 q_t : $t=0$ での流量、 K_b : 閉塞係数、である。

いずれのケースも流量は、指数関数的に低減している。火山灰土を用いたCase-1(水平)とCase-2(鉛直)を比較すると、Case-2の方が初期より大きく低減している。また、まさ土を用いたCase-3も鉛直割れ目であるが、流量の低減傾向はCase-2と同様なものとなっている。水平と鉛直の割れ目で生じた差は、①割れ目幅の空間分布、②濁質拘留層の形成過程(例えば、水平割れ目では、沈殿効果により上面と下面での拘留層の形成過程が異なる可能性)、③動水勾配、などの差異によると考えられる。また、懸濁液材料による差は、この図からするとあまり明確ではないが、火山灰土の方が早期に最終流量近くまで低減している。一方、実験値と解析値を比較すると、鉛直割れ目のCase-2, 3では両者は比較的良好に一致しているが、水平割れ目であるCase-1では、実験値が初期に上昇していることもあって両者に差がみられる。拘留係数 K_b は、水平の場合は小さいが、鉛直の場合は $K_b = 1.2, 2.1 \text{ 1/d}$ と人工岩石(コンクリート製)での実験結果とほぼ同程度のものとなっている¹⁾。

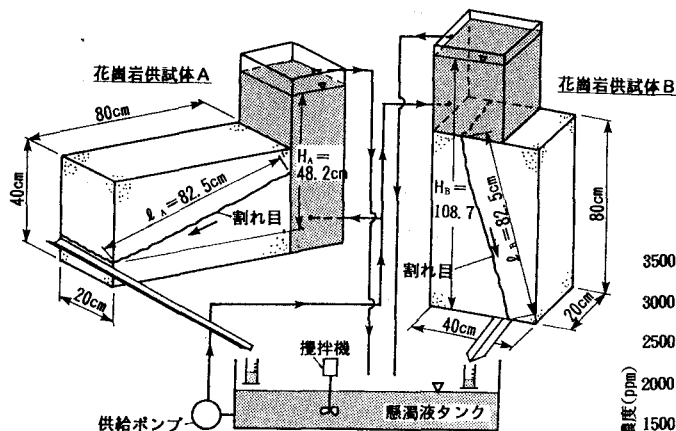


図-1 実験装置の概略

表-2 実験ケースと結果

ケース	供試体	割れ目の方向	平均割れ目幅(mm)	懸濁液材料	懸濁液濃度(ppm)	設定水頭差(cm)	初期流量(q/i) ₀ (ml/s)	終了時流量(q/i) _∞ (ml/s)	累積流量Σq(ℓ/m)
Case-1	A	水平	0.28	火山灰土	3000(初期)	48.2	1.244	1.67×10 ⁻²	2.03×10 ²
Case-2	B	鉛直	0.22	灰土		108.7	0.604	4.90×10 ⁻⁴	3.27×10 ²
Case-3	B	鉛直	0.22	まさ土			0.596	5.47×10 ⁻⁴	6.20×10 ²

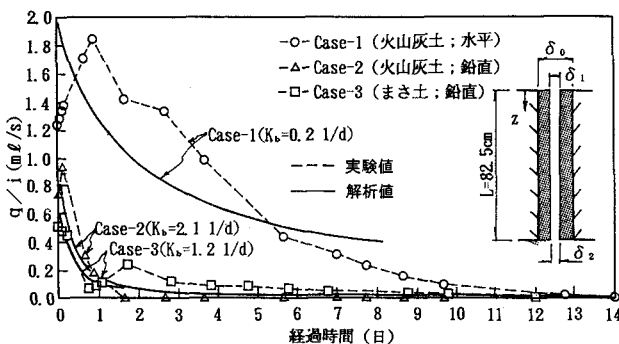


図-3 流量の経時変化

表-1 グラウト材料物性値

	火山灰土	まさ土
最大粒径(μm)	8.0	8.0
平均粒径(μm)	2.3	2.2
比重(-)	2.639	2.673
比表面積(m ² /g)	176.942	10.307

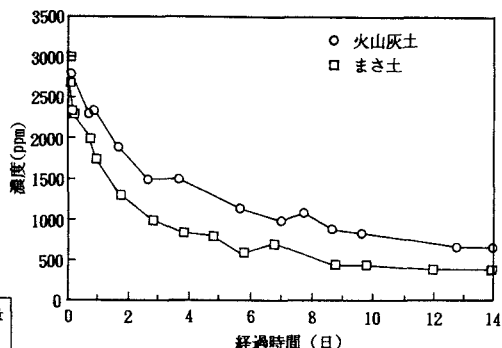


図-2 懸濁液濃度の経時変化

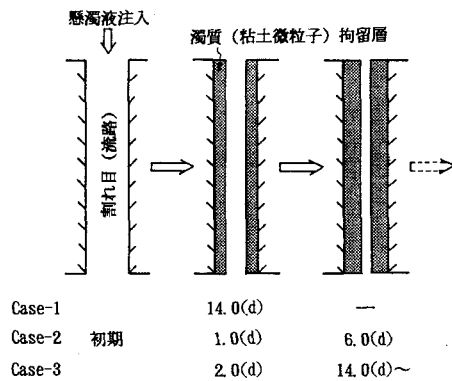


図-4 割れ目内の閉塞過程(解析結果)

図-4は、解析結果から割れ目内の拘留層の形成過程を示したものである。いずれのケースにおいても注入口での割れ目流路幅 δ_1 と出口の δ_2 は、 $\delta_1 \approx \delta_2$ となっており、ほぼ割れ目全長・全域にわたって均一に拘留層が形成されている。このことは、実験終了後供試体を解体して行った割れ目表面への粘土の付着・拘留状況調査においても確認されている。これらの結果から、さらにスケールの大きくなるフィールドにおいても本工法が適用できる可能性があること、及び水平割れ目では鉛直割れ目に比較して閉塞・止水に時間を要することなどが示唆された。

参考文献

- 1) たとえば、伊藤 洋ほか：懸濁液注入による開口割れ目の止水に関する理論的検討，第2回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp.166~170，1990。
- 2) 伊藤 洋ほか：岩盤割れ目系の広域グラウト止水における懸濁液濃度の影響について，土木学会第45回年次学術講演会Ⅲ部門，pp.828~829，1990。