

土の間隙構造からみた注入材の侵入特性

岐阜大学工学部 フェロー 宇野 尚雄
岐阜大学工学部 正会員 神谷 浩二
岐阜大学大学院 学生会員 ○木村 大介
岐阜大学工学部 川地 孝志

1. はじめに

薬液注入工法は多用されているにもかかわらず、ある程度経験的に実施されており、注入材の侵入特性理論の究明が望まれている¹⁾。本報告は、基礎的実験として、砂層への浸透注入実験に基づいて、懸濁液注入材の浸透注入における注入圧、注入材粒径の影響を調べるとともに、間隙構造を表す要因の1つである間隙径分布の観点から考察するものである²⁾。

2. 実験装置及び試料

実験装置は図-1に示すように、空気圧力調節器、注入タンク、試料部、間隙水圧計、分離タンク、水流量計、排水タンクにより構成される。砂試料を充填する試料筒は内径5cm、深さ $L=50\text{cm}$ の鉄製の円管であり、深さ方向に5分割(1分割あたりの高さ10cm)できるものである。実験は注入タンクに水と注入材を混合させ攪拌する。そこへある一定の空気圧を与え、水と注入材の混合流体を砂層(間隙率 $n \approx 0.448$)へ一定圧力・濃度(約15%)で圧入する。そして、そのときの水の流量 $Q_w(\text{cm}^3/\text{s})$ および間隙水圧 $u_w(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ を計測する。注入時間は砂層上面に注入材堆積層ができるまでとした。また、実験終了後には、5分割した各砂層内の注入材の滞留量 $m_i(\text{g})$ を、分離タンク内の注入材残留量から砂層通過量 $m_p(\text{g})$ をそれぞれ計測する。

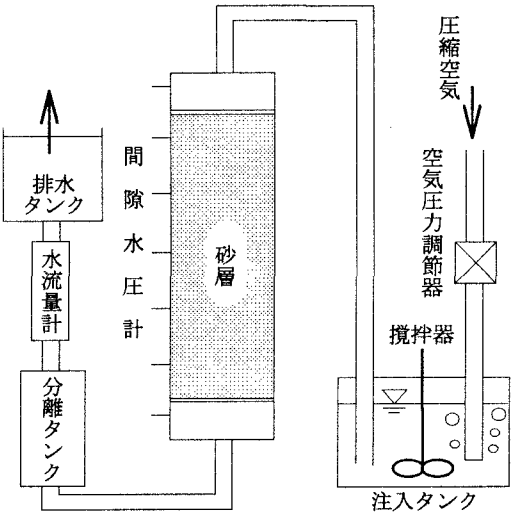


図-1 実験装置概要図

実験試料は注入対象砂には粗砂Ⅰ・Ⅱ、注入材にはガラスビーズGB-AG・GB-AIを用いた。図-2には粗砂の粒度、空気圧入法により計測した間隙径分布(間隙径 $d_e(\text{mm}) \sim$ 累積間隙体積百分率 $V_b(\%)$ 関係)、及び注入材粒度を示した。また、表-1には、粗砂Ⅰ・Ⅱ

表-1 砂の粒度・間隙径と注入材粒径の対比

砂試料名称	$D_{ws}(\text{mm})$	$d_e^*(\text{mm})$	注入材名称	$D_w(\text{mm})$
粗砂Ⅰ	0.555	0.148	GB-AG	0.059
粗砂Ⅱ	0.393	0.115	GB-AI	0.039
	粗 砂 Ⅰ		粗 砂 Ⅱ	
注入材名称	D_w/D_{ws}	D_w/d_e^*	D_w/D_{ws}	D_w/d_e^*
GB-AG	0.11	0.40	0.15	0.51
GB-AI	0.07	0.27	0.10	0.34

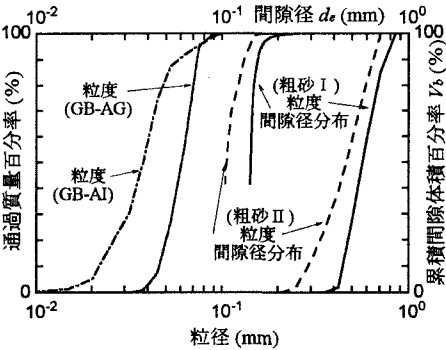


図-2 粗砂の粒度・間隙径分布及び注入材粒度

の平均粒径 D_{ws} (mm), 平均間隙径 d_e^* (mm), 注入材の平均粒径 D_w (mm), D_w の D_{ws} に対する比, D_w の d_e^* に対する比をそれぞれ示した。

3. 実験結果及び考察

(1) 注入圧による影響

図-3は砂層上下端に負荷する全水頭差 Δh (cm) (砂層上下端の間隙水圧より求めたもの) を変えて注入したときの滞留量分布である。試料は粗砂ⅡにGB-AIを注入した。注入圧が高くなると、砂層上部への滞留量が増加する。さらに、 $\Delta h=341$ cmでは砂層上部の通過量が多くなり、砂層中部の滞留量が増加する。また、図-4に注入時における透水係数比 k_w/k_o (k_w : 注入時の透水係数 (cm/s), k_o : 注入前の透水係数 (cm/s)) の経時変化を示す。透水係数は最終的に約5~6割低下しているが、注入圧が高くなると、透水係数の減少度が著しく、早期に間隙径が減少し侵入不可能となる。

(2) 注入材粒径による影響

図-5(a)に同程度の注入圧(圧力水頭差 $\Delta h=120\sim 150$ cm)で圧入した3種類のケースについて、注入材粒径と粗砂の間隙径との比 (D_w/d_e^*) における注入材滞留量 m_i (g) を砂層深さ別に示した。なお、 D_w/d_e^* を使用するの、表-1に示すように、 D_w/D_{ws} に比べ試料による違いが明瞭なためである。図-5(a)及び表-1によると、砂層に侵入可能な注入材粒径は粗砂の粒度の約1割以下、間隙径の約4割以下であり、注入材粒径が小さいほど砂層内全体の滞留量が多くなる。

(3) 注入材粒径と注入圧

図-5(a)の深さ $L=0\sim 10$ cm の滞留量を元に、注入圧の異なる滞留量分布(実験ケース ●)を示したのが図-5(b)である。注入圧が高くなれば、 D_w/d_e^* の小さい方へと滞留量が移行し、逆に注入圧が低くなれば、 D_w/d_e^* の大きい方へと滞留量が移行する。つまり、(2)のように注入材粒径の大きさにより滞留状況が異なるが、同一の注入材でも注入圧を変化させることにより同様の変化が表れる傾向にある。

4. おわりに

本報告では、浸透注入における注入圧、及び注入材粒径の影響を調べるために、砂層への浸透注入実験を行った。その結果として (1) 注入圧を高くすることで、早期に間隙径が減少し侵入不可能となる。(2) 注入材粒径が小さいほど砂層内部に多く滞留するが、(3) 注入材の滞留状況が、注入材粒径の大きさのみならず注入圧にも影響を受けることを示した。

【参考文献】

- 1) 地盤改良のトラブルの要因とその対策, 土質工学会, pp. 209-211, 1993.
- 2) 神谷・宇野・松島:「空気圧入法」による砂質土の間隙径分布の計測, 土木学会論文集, No. 541/III-35, pp. 189-198, 1996.

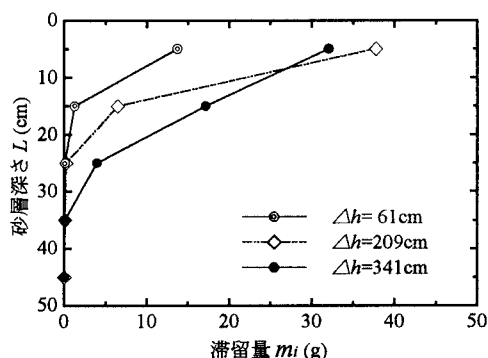


図-3 各砂層深さにおける滞留量分布

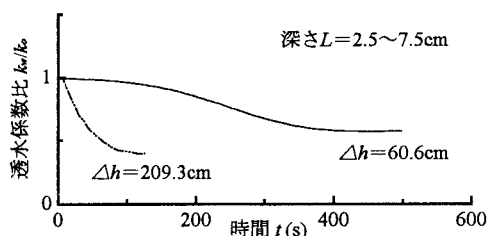


図-4 透水係数比の経時変化

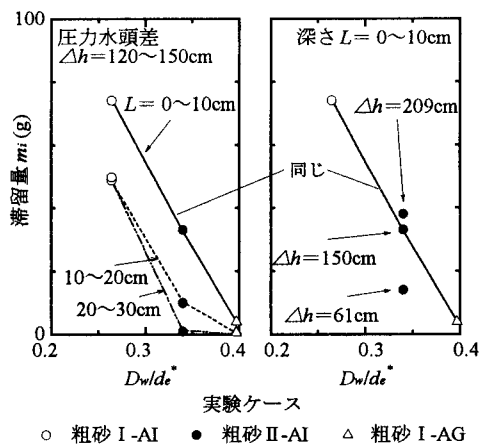


図-5 (a) 注入材粒径の違いと滞留量分布 (b) 注入圧の違いと滞留量分布