

東北学院大学 学生 ○ 高坂 祐介
東北学院大学 正会員 飛田善雄、山口晶
日本基礎技術 正会員 岡田和成

1. はじめに

本研究では、改良材の一次元浸透実験をモデル化し、移流分散方程式を立て、解析解と差分法から遅延係数(R_d)と分散係数(D_x)の同定を行った。同定した解析解の遅延係数と分散係数を一次元浸透実験の条件ごとに比較した。

一次元浸透実験で使用した改良材は超微粒子球状シリカ系改良材である。これは、通常のセメント系薬液の粒径が $20\mu\text{m}$ に対して、 $0.3\sim0.8\mu\text{m}$ と粒子が細かいため、シルト系の地盤や細粒分を含む地盤に対しても改良効果を発揮できる。

遅延係数とは、物質の移動が吸着によってどの程度遅れるかを示す係数である。分散係数とは、移流中にどの程度物質が分散するかを示す係数である。これらを用いて供試体の相対密度や改良材の濃度が遅延係数と分散係数に与える影響を調べた。また、解析解と差分法の遅延係数の差を調べた。

2. 実験条件

一次元浸透実験では、異なる水シリカ比の改良材を、異なる相対密度の供試体に浸透させた。越流させた改良材の固形成分質量から供試体内の固結成分質量を求めた。一次元浸透実験では、試料土としてケイ砂7号を用いた。試料の粒径加積曲線を図-1 に示す。実験条件を表-1 に示す。超微粒子球状シリカ系改良材の濃度(水シリカ比、 W/S_i)は、400%、800%、1200%とした。

表-1 実験条件

実験名	Test1	Test2	Test3	Test4	Test5	Test6	Test7
試料	7号ケイ砂						
$D_r(\%)$	40	40	40	60	60	60	80
$W/S_i(\%)$	400	800	1200	400	800	1200	1200
R_d (解析解)	1.014	1.268	1.585	1.000	1.393	1.512	1.617
D_A (解析解)	0.194	0.089	0.025	0.329	0.037	0.038	0.007
R_d (差分法)	1.329	1.551	1.826	1.319	1.729	1.673	1.893

図-2 に一次元浸透実験のモデルを示す。浸透筒は、アクリル管を用いた。浸透筒 (高さ 75cm、直径 5cm) に、砂を投入したあと、相対密度(D_r)をそれぞれ 40%、60%、80%になるように振動を与えた。その後脱気水を下から上にゆっくり浸透させた。浸透終了後、所定の濃度に調整した改良材を 35kPa の圧力を掛けて浸透筒の下から上に浸透させた。浸透筒の上面から白濁した改良材を 100ml ずつ 3 本採取して浸透を終了した。採取した改良材は乾燥機で 24 時間乾燥させ、質量を測定した。

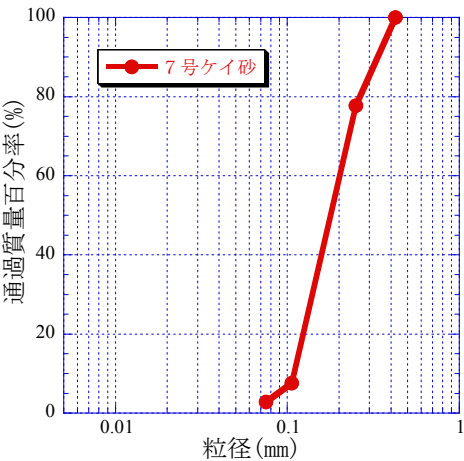


図-1 粒径加積曲線

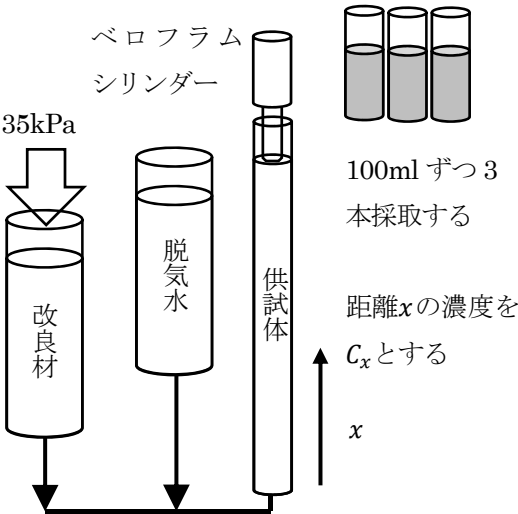


図-2 一次元浸透実験のモデル

3. 移流分散方程式

本研究で使用した移流分散方程式は次式で表される。

$$R_d \frac{\partial C_x}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C_x}{\partial x^2} - V \frac{\partial C_x}{\partial x}$$

ここで、 C_x : 固形成分濃度、 C_0 : 初期濃度、 x : 供試体長、 V : 間隙流速、 t : 時間、 R_d : 遅延係数、 D_x : 分散係数である。解析解の濃度が最小になる遅延係数と分散係数を定めた。

$$C_x = 0.5C_0 \left[\operatorname{Erfc} \left\{ \frac{(x - V * t / R_d)}{\sqrt{4D_x * t / R_d}} \right\} + \operatorname{Exp}(V * x / D_x) * \operatorname{Erfc} \left\{ \frac{(x - V * t / R_d)}{\sqrt{4D_x * t / R_d}} \right\} \right]$$

このとき、相補誤差関数 $\operatorname{Erfc}(x)$ は、

$$\operatorname{Erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-t^2} dt$$

である。

差分法は、分散を考慮しないで次式に任意の遅延係数を代入し、本実験で行った固形成分濃度に近い値を推定した。

$$C_i^{n+1} = \left(1 - \frac{\Delta t}{\Delta x} \cdot \frac{V}{R_d} \right) C_i^n + \frac{\Delta t}{\Delta x} \cdot \frac{V}{R_d} C_{i-1}^n$$

4. 解析解における遅延係数と分散係数

図-2 に改良材の濃度と解析解から同定した遅延係数の関係のグラフを示す。このグラフより、改良材の濃度が薄くなると、遅延係数が大きくなることが分かる。また、このグラフより、相対密度の違いによる遅延係数の大きな違いは見られない。

図-3 に改良材の濃度と解析解から同定した分散係数の関係のグラフを示す。このグラフより、改良材の濃度が薄くなると、分散係数は小さくなることが分かる。また、改良材の濃度が濃い場合、相対密度の違いによる分散係数の差が大きくなることが分かる。

図-4 に解析解と差分法の遅延係数の関係のグラフを示す。このグラフより、差分法の遅延係数が解析解の遅延係数より大きくなることが分かる。

5. まとめ

本研究では、供試体の相対密度や改良材の濃度が遅延係数と分散係数に与える影響を調べた。

その結果、改良材の濃度が薄くなると、遅延係数が大きくなることが分かった。また、供試体の相対密度は遅延係数の変化に影響しないことが分かった。改良材の濃

度が薄くなると、分散係数は小さくなることが分かった。また、改良材の濃度が濃い場合、相対密度の違いによる分散係数の差が大きくなることが分かった。差分法で同定した遅延係数が解析解で同定した遅延係数より大きくなることが分かった。これは差分法が分散を考慮していない影響である。

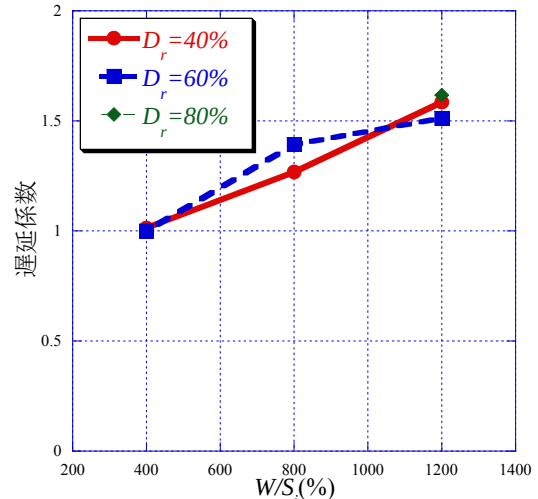


図-2 改良材の濃度と解析解の遅延係数の関係

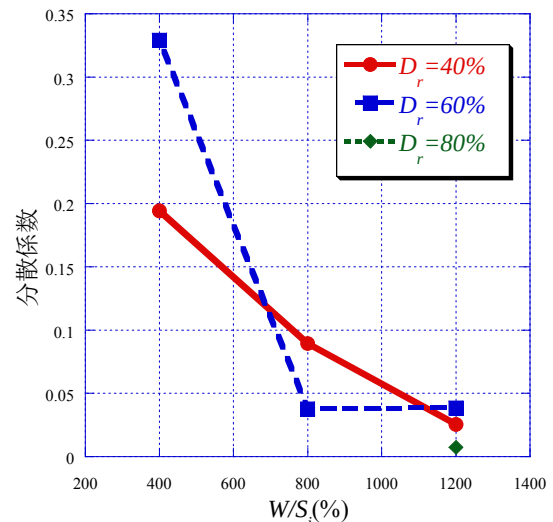


図-3 改良材の濃度と解析解の分散係数の関係

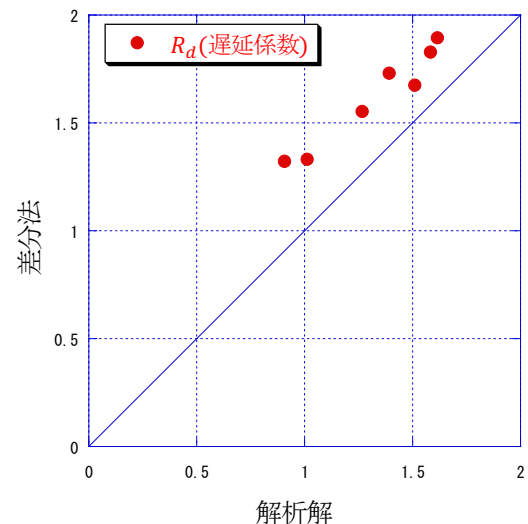


図-4 解析解と差分法の遅延係数の関係