

京都大学工学部 正会員 大西有三, 田中 誠
 (株)大成建設 正会員 井尻裕二
 (株)新日本製鐵 正会員 ○眞田達朗

1. はじめに

近年、帯水層内への放射性廃棄物、重金属汚染物質などの漏出、沿岸帯水層での塩水の浸入などの原因による地盤や地下水の汚染問題が多く議論されている。これらの問題における拡散係数は、分散を支配する重要なパラメータであるが、その決定方法がないのが現状である。そこで本研究では、原位置で容易に計測できる土粒子の平均径から拡散係数をある程度予測しうる指標を構築することを目的とし、拡散係数の粒径への依存性を、ガラスビーズとケイ砂を用いた室内カラム実験により評価した。

2. 室内カラム実験

2.1 カラム実験の概要

拡散係数の地盤の平均土粒子径への依存性を明らかにするため、粒状や粒径が比較的均一であるガラスビーズとケイ砂を使用した。本実験で用いたカラム実験装置をFig.1に示す。本実験では、試料の透水性が大きいことから定水位試験を採用した。まず、水中落下法により試料をカラムに詰め、カラムの下端と上端に一定の水頭差を与えて通水する。通水量が一定となった後、トレーサー試料として塩水を流し、カラム上端から流出する流体の導電率を測定することにより、塩水濃度の経時変化を調べた。トレーサー試料の塩水の濃度は5%とした。導電率の測定には、流通型の導電率セルをカラム出口に接続し、導電率計からの電圧をデータレコーダーに接続して自動計測した。

2.2 実験ケース

試料には、ガラスビーズについて粒径が1.0mm、0.8mm、0.6mm、0.4mm、0.1mmの5種類、ケイ砂については4号、5号の2種類を用いた。ただし、ケイ砂の平均粒径は、ふるい分け試験から得られた粒径加積曲線における50%通過質量百分率での粒径 d_{50} を用いた。また、それぞれの試料について4通りの水頭差で実験を行った。

2.3 実験結果

(1) 拡散係数の算定

実験から得られる濃度分布を、Carslaw and Jaeger¹⁾によって示された理論解より得られる濃度分布にカーブフィッティングさせて拡散係数を算定した。1次元の移流拡散方程式は次式のように示される。

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - v \frac{\partial c}{\partial x} \quad (1)$$

c : 溶質濃度

D : 拡散係数

v : 実流速 (ダルシー流速を間隙率で除して得られるフラックス)

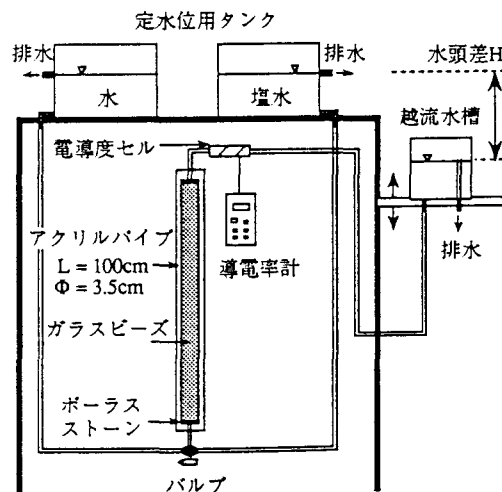


Fig.1 実験装置

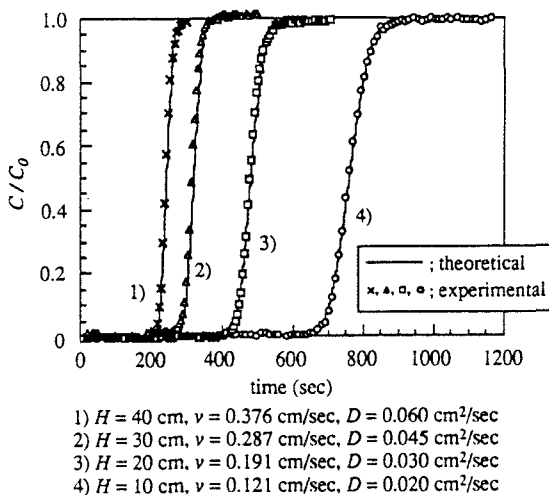


Fig.2 1.0mm径ガラスビーズ 濃度分布

Fig.2は、1.0mm径のガラスビーズの結果である。図中、実線はこの理論曲線であり、点は実験値である。理論値と実験値はよく一致しており、カーブフィッティングで得られた拡散係数が信頼できる値を示しているといえる。

(2) 実験結果および考察

実流速と拡散係数との関係をFig.3に示す。この図からわかるように、粒径の違いによって拡散係数が異なり、またそれぞれの粒径において実流速と拡散係数の間には比例関係がある。

そこで、拡散係数の粒径への依存性を定量的に評価するために、拡散係数を実流速で除した商である分散率と平均粒径との関係をFig.4に示す。ガラスビーズではこれらにほぼ直線関係が見られ、ケイ砂でもこの直線に沿った結果が得られていることがわかる。また、この直線の傾きはおよそ0.16cm/mmであった。

以上のことから、分散率は平均粒径の関数となり、分散率と実流速の積である拡散係数は平均粒径に依存しているといえる。従って、拡散係数の決定に際して、平均粒径をパラメータとして用いることは有効であると思われる。

3. おわりに

本研究では、拡散係数が土粒子の平均径に大きく支配されるものと考え、ガラスビーズとケイ砂を用いて室内カラム実験を行い、粒径が拡散係数に与える影響を検討した。その結果、分散率と土粒子の平均径の間にはほぼ比例した関係が見られ、分散率と実流速の積で表される拡散係数は、パラメータである平均径を求めればある程度予測される。

本実験では、比較的粒径が均一なガラスビーズとケイ砂を用いているが、同じ平均径を持つ地盤でもその粒度分布や間隙率によって分散率は変化するものと推測されるため、粒度を変化させた実験を行って拡散係数の粒度分布や間隙率への依存性も解明していくことが今後の課題である。

参考文献

- 1) Carslaw, H. S. and Jaeger, J. C.: Conduction of Heat in Solids, Clarendon Press, Oxford, 1946.

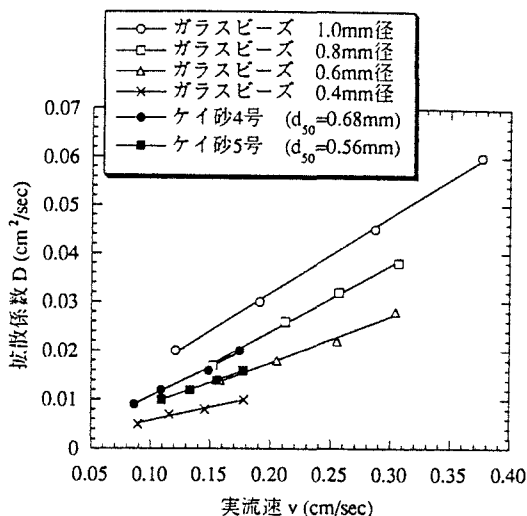


Fig.3 実流速と拡散係数の関係

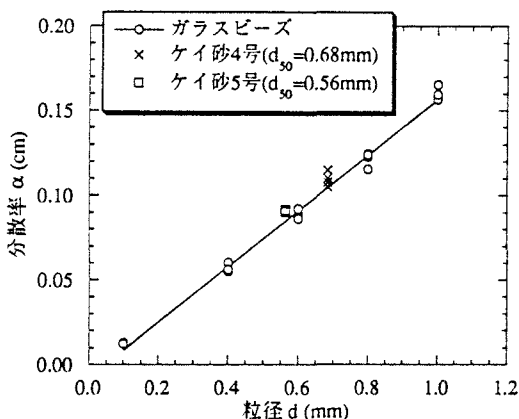


Fig.4 粒径と分散率の関係