

カラム試験による土の分散特性の評価に関する研究

宇都宮大学工学部 学生会員 田口 雄一
宇都宮大学工学部 正会員 今泉 繁良
三井住友建設(株) 正会員 高橋 直樹

1. はじめに

近年、工場跡地などの再開発に伴い、重金属や揮発性有機塩素化合物などの有害物質による土壌汚染が顕在化しており、汚染事例の判明件数の増加は著しい。土壌が有害物質によって汚染されると、土壌から溶け出した有害物質によって地下水が汚染される。このことは、自然環境へ悪影響を及ぼすのみならず、人の健康にも害を与えるものであるため、対策が必要である。

汚染土壌の対策工を行うにあたって、地盤内における汚染物質の挙動を把握することが必要となる。その第一段階として、土の分散特性を知ることが必要である。拡散・分散特性における移行規模は分散長に影響を与えるものであり、両者の関係を適切に評価することが重要であると考えられる。そこで、本研究では、カラムサイズ、密度および動水勾配等を変化させたカラム試験を実施し、これらが分散特性に与える影響について検討した。

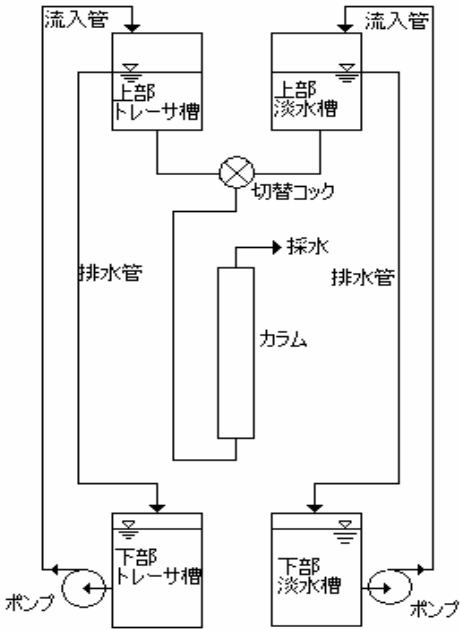


図-1 カラム試験装置の構成

2. カラム試験の概要

試料は、浜岡砂($\rho_s=2.67g/cm^3, \rho_{dmax}=1.70g/cm^3, \rho_{dmin}=1.41g/cm^3$)である。トレーサには、塩化ナトリウム(NaCl)水溶液(濃度:500mg/l)を用い、その濃度計測を電気伝導度により行った。図-1 にカラム試験装置の構成を示す。カラム供試体の作成では、まず乾燥状態の試料を所定の乾燥密度となるようにカラム内に充填した。次に、カラム内に負圧をかけつつ、脱気精製水をカラム下端から通水させて飽和供試体を作成した。試験では、まず上部淡水槽からの水をカラム下端から上端方向に通水し、定常状態となるよう十分な時間放置した。その後、濃度 C_0 のNaCl水溶液を同一方向に通水し、任意の時間間隔でカラム上端から水溶液を採取し、その濃度 C を測定した。そして比濃度 C/C_0 とトレーサ注入開始後の経過時間 t との関係をグラフにプロットし、比濃度が $C/C_0=0.5$ に達した時間と供試体長さ L からカラム中の間隙内流速 v を求めた。これらの値から式(1)を用いて実験値に対するフィッティングを行い、分散係数 D を求めた。ここで、NaCl水溶液の場合、吸着を無視することから遅延係数 $R=1$ とした。さらに式(2)から縦分散長 α_L を求めた。

表-1 試験ケース

CASE	カラム内径(mm)	動水勾配	相対密度Dr(%)	カラム長さL(mm)
1	30	0.5	60	300
2				600
3				900
4			80	300
5				600
6				900
7			95	300
8				600
9				900
10		0.3	60	300
11				600
12				900
13			80	300
14				600
15				900
16			95	300
17				600
18				900

$$\frac{c}{c_0} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \frac{RL - vt}{2\sqrt{DRt}} + \frac{1}{2} \exp \frac{vL}{D} \operatorname{erfc} \frac{RL + vt}{2\sqrt{DRt}} \quad (1)$$

$$D = \alpha_L v \quad (2)$$

表-1 に試験ケースを示す。相対密度 D_r を 60%、80%、および 95%、動水勾配を $i=0.5$ および 0.3 と変化させ、かつ、直径 30mm のカラムの長さを 300mm、600mm、および 900mm と変えた試験を実施した。

3. カラム試験結果と考察

(1) カラム長が分散係数 D に与える影響

図-2 に一例として、CASE18 における破過曲線を示す。図には、式(1)を用いてフィッティングした結果も示してある。図-3 は、カラム長 L と分散係数 D の関係を示したものである。カラム長の増加に伴い、分散係数も増加することがわかる。図-4 は、カラム長 L と間隙内流速 v の関係を示したものである。カラム長の増大に伴い、間隙内流速も増大することがわかる。つまり、間隙内流速の増加に伴い分散係数は増大する。

(2) 動水勾配、相対密度の影響

図-3 より、動水勾配 i の増加に伴い、分散係数 D も増加することがわかる。また、動水勾配が大きいほど、カラム長による分散係数のばらつきが大きくなった。相対密度 D_r については、今回の実験では、明確な影響を見出すことが出来なかった。

(3) 縦分散長 α_L の評価

図-5 は、供試体の長さ L と縦分散長 α_L の関係を示したものである。供試体の長さが増大するに伴い、縦分散長も増大することがわかる。このことは、既往の研究²⁾でも明らかにされている。この中で Neuman が $\alpha_L = 0.0175L^{1.46}$ (単位:m) という関係式を示したことが紹介されている。この式に今回のカラム長を当てはめた結果を図-5 に示すが、今回の実験結果より勾配が急になっている。

3. まとめ

- ・分散係数は、カラム長の増加に伴い増加する。また、分散係数は間隙内流速にも依存する。
- ・分散係数は、動水勾配の増加に伴い増加する。また、動水勾配が大きい方が、カラム長による分散係数のばらつきが大きい。
- ・縦分散長は、カラム長の増加に伴い増加する。

4. 参考文献

- 1) 高橋直樹・中田雅夫・山本陽一：土の分散特性および吸着特性の評価に関する基礎的研究、三井住友建設技術研究所報告、第 3 号 pp.65-69
- 2) 小橋秀俊・三木博史・平山光信・菱谷智幸・山本博之・大北康 治：地盤汚染の影響予測に用いる分散長の決定法について、土木学会論文集 No.764/III-67, pp53-67, 2004
- 3) 小橋秀俊：地盤汚染の形態分類とその対策の評価手法に関する基礎的研究、土木研究所報告、第 202 号、pp.51-111

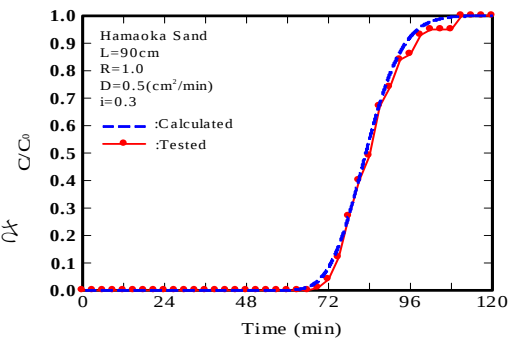


図-2 破過曲線(CASE18)

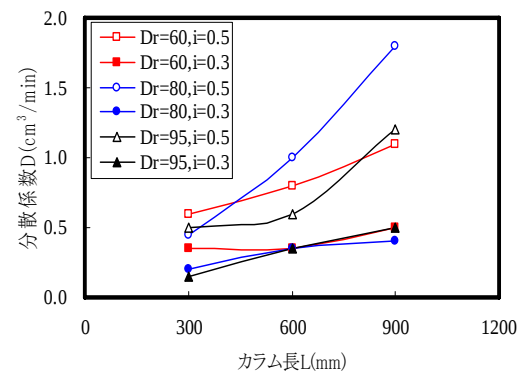


図-3 カラム長と分散係数の関係

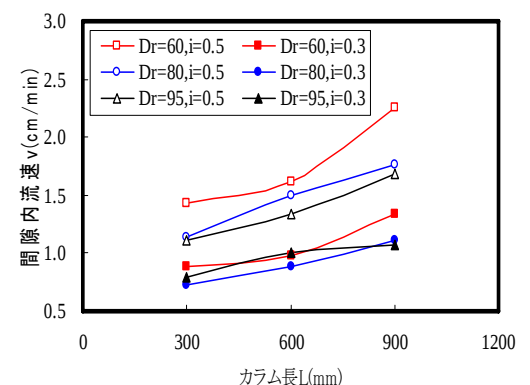


図-4 カラム長と間隙内流速の関係

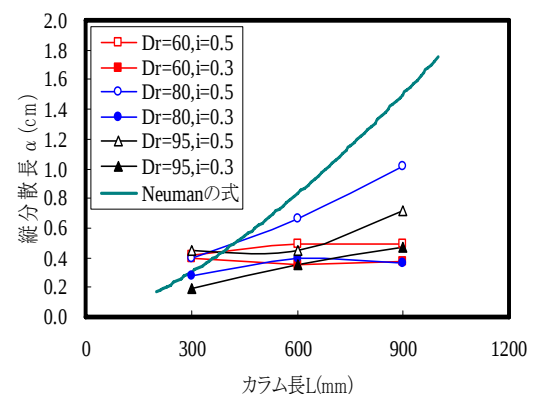


図-5 カラム長と縦分散長の関係