

カラム試験による飽和分散長と不飽和分散長の関係について

大同工業大学大学院工学研究科 学生会員 ○工藤良介
 大同工業大学都市環境デザイン学科 正会員 棚橋秀行

1. はじめに これまでの研究結果から、試料粒径と分散長の間に直線的な関係があることが分かっている。また、著者らは飽和度の変化につれて分散長がどのように変化するかという関係式を、空気吸引不飽和カラム試験から提案した¹⁾。本稿では飽和カラム試験から求められた試料粒径と分散長の関係に基づいて、不飽和カラム試験での分散長を、試料粒径と飽和度から簡便に求める方法を提案する。

2. 実験方法 まず、飽和カラム試験の実験方法について説明する。図-1 の装置をキャップを除いて組み立てる。試料(0.05mm~3.0mm のガラスビーズと豊浦砂)は予め別の容器内で数分攪拌して水になじませておいたものを、水による飽和状態で所定の充填密度(1.55g/cm³)になるようにカラムに充填する。試料層に空気が入らないように比重試験のピクノメーターの要領でキャップをはめ込み、キャップ上部の水を NaCl 溶液(0.01mol/l)で置き換える。この操作により、キャップの各接続部から試料に空気が侵入し不飽和になることを防ぐこと

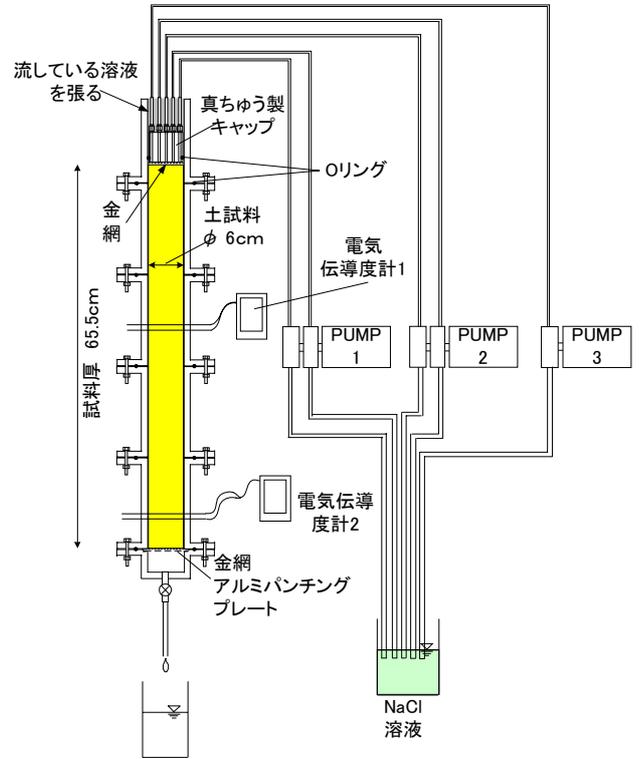


図-1 飽和カラム試験装置

ができる。次に、ポンプ 1~3 の回転スイッチを入れ、カラム下端のバルブを開放する。そして、ストップウォッチを押し電気伝導度計の記録を開始する。以上の事を全て同時に行い、実験を開始する。実験の終了時には、ストップウォッチを止めると同時に、ポンプの回転を止め、電気伝導度計の記録を終了し、カラム下端のバルブを閉じる。それまでの

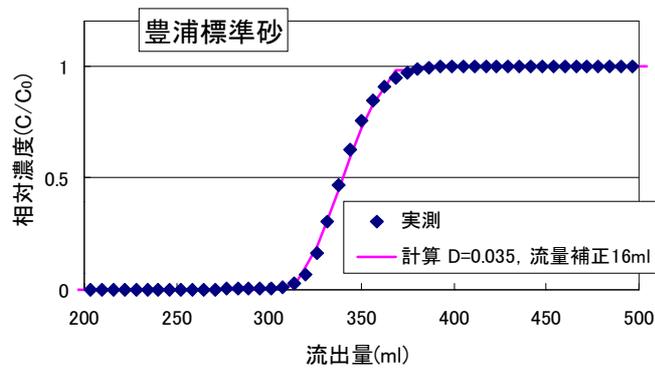


図-2 破過曲線(ダルシー流速 q=0.43cm/min)

流出水の重さを電子天秤で測定し、単位時間あたりの流量を算出する。その後、電気伝導度計の測定時間インターバルと単位時間あたり流量から求めた流出量を横軸に、相対濃度を縦軸にとり、図-2 のような破過曲線を描き、分散係数を同定した。

不飽和カラム試験の実験方法は、図-3 に示した透明アクリルカラム(内径 φ=6cm)に、試料を飽和カラム試験と同様に充填する。その後、並列ポンプでカラム上端に水道水を給水しながら、カラム下端から重力排水させ、定常流を作る。定常状態になった後、流入水を NaCl 溶液に変更し、流量と電気伝導度の計測を開始する。電気伝導度が一定にな

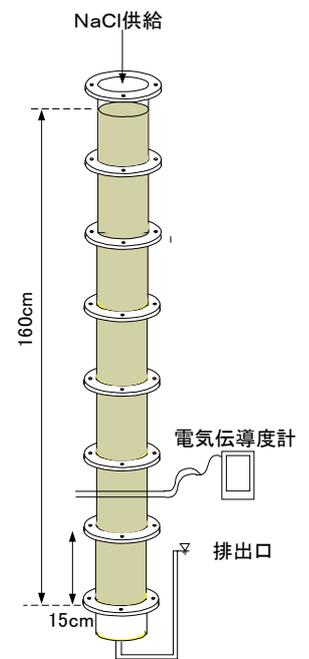


図-3 不飽和カラム試験装置

キーワード 飽和, 不飽和, 粒径, 分散長, 分散係数

〒457-8532 名古屋市南区白水町 40 大同工業大学都市環境デザイン学科 電話 052-612-5571

った後、カラム内の試料を適且分割して炉乾燥し、飽和度分布を測定する。その後、飽和カラム試験と同様に破過曲線を描き、分散係数を同定した。

3. 不飽和分散長の推定式 図-4 は飽和カラム試験を行って求めた、試料粒径 d (cm)と分散長 α (cm)の関係を整理したものである。図中の直線は以下の式で表される。

$$\alpha_{Sr=100}=0.8476d+0.0129 \quad \dots(1)$$

ここで、 $\alpha_{Sr=100}$ (cm)は飽和分散長である。一方、従来の研究から提案した飽和度 Sr_i の変化につれて不飽和分散長 α_{Sr_i} (cm)がどのように変化するかという関係式が式(2)である。

$$\alpha_{Sr_i} = \frac{\alpha_{Sr=100}}{\left(\frac{Sr_i}{100}\right)^2} \quad \dots(2)$$

式(2)に式(1)を代入すると式(3)が得られる。

$$\alpha_{Sr_i} = \frac{0.8476d + 0.0129}{\left(\frac{Sr_i}{100}\right)^2} \quad \dots(3)$$

式(3)に試料粒径 d と飽和度 Sr_i を代入することにより、不飽和カラム試験での任意の飽和度の分散長 α_{Sr_i} を求めることができる。

式(3)に試料粒径 d (mm)と飽和度を代入し、求めた不飽和分散長 α_{Sr_i} が表-1 である。この値の妥当性を検討するために、図-3 の装置を用いた実際の不飽和カラム試験の結果との比較を行った。図-5 がその結果である。「推定値」は今回提案した方法で求めた分散長を用いたもの、「飽和分散長」は、飽和状態での分散長を用いて計算

したものである。従来、不飽和状態での破過曲線の計算に用いる分散長には、飽和の値を流用することが多いが、式(3)の推定値を用いた今回の方法のほうが実験に対する精度が向上していることがわかる。

4. まとめ 飽和カラム試験から求められた試料粒径と分散長の関係に基づいて、不飽和カラム試験での分散長を、試料粒径と飽和度から簡便に求める方法を提案した。破過曲線の計算に飽和の分散長を流用することが多い従来の方法に対し、今回提案した方法による推定値を用いたほうが、実験に対する精度が向上していることを確認できた。

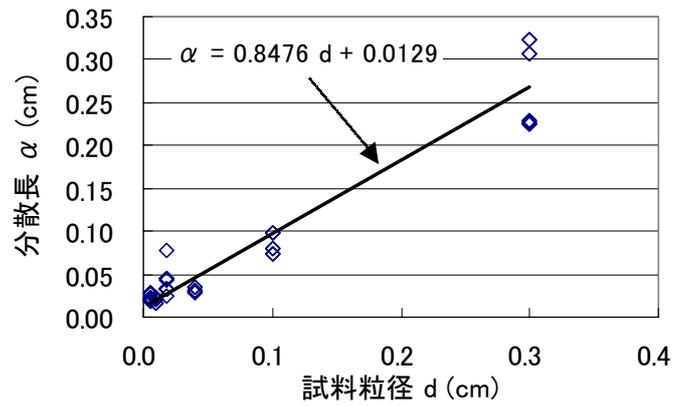


図-4 試料粒径と分散長の関係

表-1 試料粒径と飽和度による不飽和分散長

		飽和度 Sr (%)			
		25	50	75	100
試料粒径 d (mm)	0.1	$\alpha=0.34202$	0.08550	0.03800	0.02138
	0.2	0.47763	0.11941	0.05307	0.02985
	0.4	0.74886	0.18722	0.08321	0.04680
	0.6	1.02010	0.25502	0.11334	0.06376
	1.0	1.56256	0.39064	0.17362	0.09766
	3.0	4.27488	1.06872	0.47499	0.26718

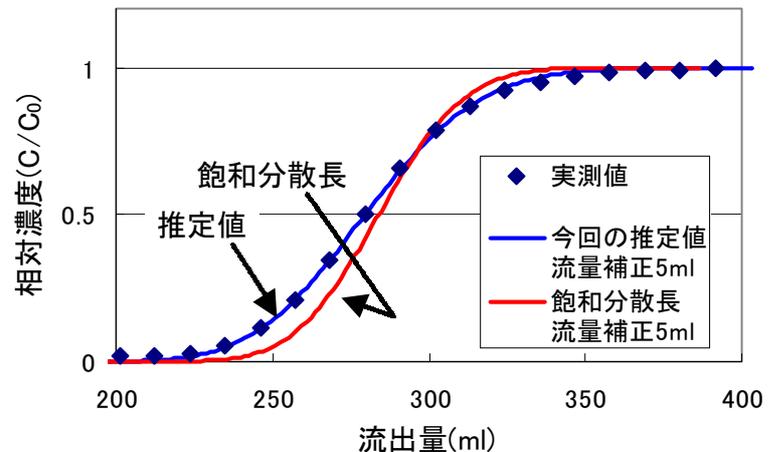


図-5 分散長の違いによる破過曲線の比較

参考文献 1) 工藤良介・棚橋秀行:不飽和土柱カラムを用いた水溶性物質の分散に関する室内実験、土木学会第56回年次学術講演会講演概要集Ⅲ、pp456～457、2001.