

山梨大学 正員 萩原 能男
同 伊藤 強
東京工業大学 学生員 金 哲司
山梨県庁 正員 鶴田 仁

1. はじめに

筆者等は多孔材料中を流れる毛管浸透流について検討した結果、昭和57年度第5回年講義5部で発表したように従来用いられているキャピラリー定数は多孔材料の有効径、流体との接触角、流体の粘度、表面張力などに関係しているため物理的に意味が不明確であることが判った。そこで、最終浸透高と平均浸透速度（透水係数）とを用いることを提案した。しかし、材料によっては最終浸透高に達するまでに数ヶ月以上も要するものがあるので、浸透高（浸透長）の時間的な変化を測定することにより前記の物性値を推定する方法について検討した。

2. 実験装置と実験概要

実験装置は図-1に示したように長さ1m、内径13mmの透明アクリル管を用い、多孔材料としての実験試料には十分水洗した表-1の7種類の砂を用いた。各試料につき4回の実験を行ない、水温、単位体積重量に大きな差が認められなかったりでそれらの平均値を解析資料とした。

測定時間大は10秒から60秒までは10秒間隔で、それ以降は1.5分、2分、3分、5分、8分、12分、20分、30分、1時間、2時間、3.5時間、6時間、12時間、1日、2日、……、14日とした。

また、単位体積重量は測定終了後、試料を取り出し乾燥（乾燥重量を測定して求めた）。

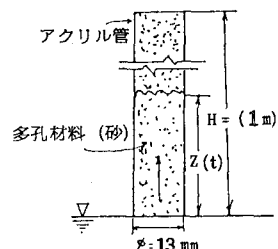


図-1 実験装置略図

3. 測定結果

実験により得られた浸透時間と浸透長の関係を図-2に示した。

測定開始後、約1日でほぼ安定し、粒径の大きなものほど安定するのが早いことが認められる。

表-1 実験試料の分類

試料番号	1	2	3	4	5	6	7
粒径 (cm)	0.11 ~0.25	0.25 ~0.4	0.4 ~0.6	0.6 ~0.85	0.85 ~1.2	1.2 ~2.0	2.0 ~5.0
単位重量 (gf/cm ³)	1.39	1.41	1.45	1.44	1.50	1.46	1.42
水温 (°C)	9.5 ~12.5	9.5 ~12.5	9.5 ~12.5	9.5 ~12.5	9.5 12.5	9.0 ~9.5	9.0 ~9.5
実験回数	4	4	4	4	4	4	4

4. データ解析

(1) 解析方法

第一ガラス管における最終浸透高 Z と代表浸透時間 t_0 の関係は、浸透長を Z 、浸透時間を t とすると鉛直上向き浸透の場合

$$t/t_0 = -Z/ZE - \ln |1 - Z/ZE| \quad (1)$$

で表わされる。今、実験により浸透長 Z 、浸透時間 t がそれぞれ (Z_1, t_1) 、 (Z_2, t_2) のように得られた時、これら2組の値を用い最終浸透高 Z と代表浸透時間 t_0 を推定するには、それぞれを式(1)に代入すると

$$\left. \begin{aligned} t_1/t_0 &= -Z_1/ZE - \ln |1 - Z_1/ZE| \\ t_2/t_0 &= -Z_2/ZE - \ln |1 - Z_2/ZE| \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

となり、この式(2)を解いて ZE 、 t_0 を求めた。

(2). 最終浸透高ZEおよび平均浸透速度 V_0 の計算方法

最終浸透高ZEを計算する場合、データ(z_i, t_i) $i=1 \sim n$ は、時間 t_i の小さいものから2個ずつ組み合わせて行なった。計算には根が存在するか否かを判別式として、 $A = \frac{t_2}{t_1} \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^2$ にデータを代入し、 $A > 1$ になったものについてのみ行なった。また平均浸透速度 V_0 は最終浸透高ZEと代表浸透時間 t_0 より

$$V_0 = ZE/t_0 \quad (3)$$

を用いて求めた。

5. 解析結果および考察

資料番号1, 4, 7について数値計算により得られた浸透長さ z と最終浸透高ZEの関係を図-3に、浸透長さ z と平均浸透速度 V_0 の関係を図-4に示した。最終浸透高ZEおよび平均浸透速度 V_0 は同一試料については浸透長さ z に關係なく一定値が得られるものと思われたが、今回の実験では浸透長さ z により変化することが判った。最終浸透高ZEは、浸透初期に多少不規則に変動しているが、ほぼ一定値をとり後に $z-ZE$ の直線に漸近する傾向がある。また、代表浸透速度 V_0 は、浸透長さ z が増加するにともなって急激に減少する傾向がある。

これ等の結果から、砂層中の毛管浸透流は、単一毛細管内の浸透流のように単純でなく、砂層中の浸透経路の複雑さによる毛管力の変動、液木に対する抵抗力の変動などに原因しているものと考えられ、今後検討を続ける必要がある。

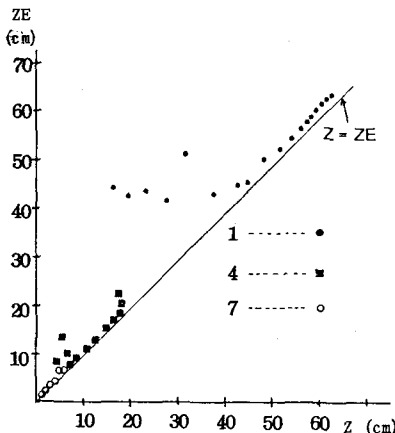


図-3 数値計算による浸透長さ z と最終浸透高ZEの關係

参考文献

萩原龍男, 伊藤 強: 多孔材料中の毛管浸透流モデルに対する一提案 土木学会第37回年次学術講演会講演概要集 第5部 PP.293~294 昭和57年10月

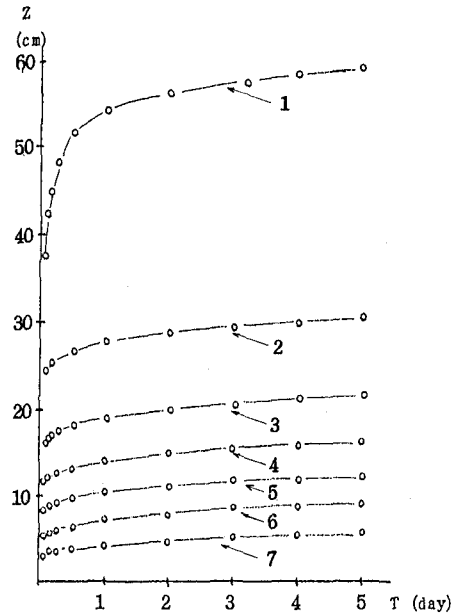


図-2 浸透時間 T と浸透長さ Z の關係 (実測値)

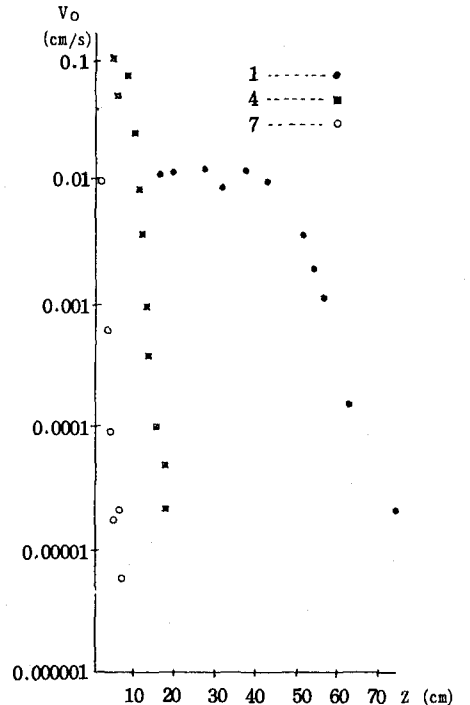


図-4 浸透長さ z と平均浸透速度 V_0 の關係 (計算結果)