

岐阜大学工学部 正会員 宇野 尚雄
岐阜大学工学部 学生会員 ○ 速水 光則

1. まえがき

不飽和土中の、いわゆる“飽和・不飽和透水”現象は ①ダルシーの法則が不飽和透水に拡張し得ること、②水分保持特性(含水比または飽和度とサクションの関係)、の2点に留意して解析されるようになっている。一方、透気性については研究例が少ない。このため簡単に、基本的な透気試験結果を報告する。土が高飽和度になると透気性が失われ、間隙空気は封じ込められることとなる。

2. 透気性・透気係数の表現

M. Muskat によると¹⁾、空気は圧縮性流体として、等温変化のとき(定積比熱)/(定圧比熱) = m を1として、運動の式は、ダルシーの法則式(1)に準じて、式(2)で与えられる。

$$U_a = -k_a \frac{\partial p}{\partial x} \quad (1), \quad U_a = -\frac{k_a'}{1+m} \frac{\partial(p^{1/m})}{\partial x} = -\frac{k_a'}{2} \frac{\partial(p)}{\partial x} \quad (2)$$

ここに、 U_a : 空気のみかけ流速、 p : 空気圧(水頭の高さで表示)、 x : 流れの方向の座標、 k_a : ダルシー則による透気係数(cm/s)、 k_a' : 圧縮性を考慮した透気係数(1/s)いま、 $p = p(x)$ とすると、式(1)、(2)は書き改められて、 k_a 、 k_a' を求めると

$$k_a = \frac{U_a L}{H} \quad (3), \quad k_a' = \frac{2 U_a L}{H^2} \quad (4)$$

ただし、 $x=0$ で $p=H$ = 一定値、 $x=L$ で $p=0$ の一次元の空気の流れに対するものである。

3. 透気実験

図-1に示すような鉛直一次元土柱の透気試験により、上記の2種 定義された k_a と k_a' の試算とそれらが砂の飽和度の影響をどう受けるか調べることをとした。圧力レベルは1m水頭以下の低圧力で実験し、土試料には豊浦標準砂を用いた。鉛直に立てたアクリル管(内径5.2cm、長さ50cm)に砂試料を詰め、下方から送気した。空気流量は(株)東京フローメータ研究所のFC型フローチェッカーを用い、圧力はブルドン式圧力計とU字管マンオメーターにより測定した。

表-1は実験砂の状態量を表わし、実験番号 NO. 1~11のケースを砂下面に加えた空気圧(水頭表示)と空気流量の関係でプロットしたものが図-2である。飽和度が低い砂(NO. 1~6)では、直線関係が成立していて、式(1)のダルシーの法則が成立している。飽和度が $S_r > 16\%$ の NO. 7~10.の関係では若干上に凸な傾向が認められ、式(2)の徴候が感じられるものの、全体としては直線で近似した方がよい結果となった。

No. 11とNo. 12の実験では、空気圧を1m水頭

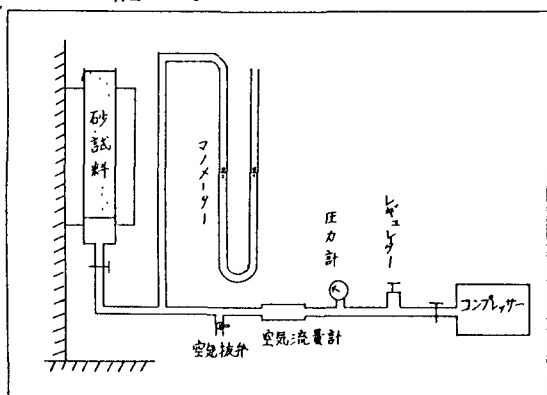


図-1 実験装置の概略

に近い大きさにしても通気しなかったが、No.11は加圧状態を少し(10分5い)保っていると噴発してまたため圧力を下げつつ、透気量も計測したものである。このとき、砂柱上面から水が浸出し、空気も間欠的に噴発する状態であった。すなわち一度通気した試料では図-2のように透気性を示すことになる。図-3は図-2の直線勾配から計算される式(1)の α_a と飽和度 S_r の関係を示している。ある飽和度(この実験では60%)になると透気性がなくなることがわかる。つまり、高い飽和度では水と空気の置換がないと透気性が生じない。

4. 結論

低圧力下での低飽和度の砂中の透気ではダルシー則が成立する。

文献 1) M. Muskat: The Flow of Homogeneous Fluids Through Porous Media, Edwards, 1946, pp. 679~680.

表-1 実験砂試料の状態

実験番号	長さ L (cm)	湿潤 単位重量 γ_s (g/cm ³)	含水比 w (%)	乾燥 単位重量 γ_d (g/cm ³)	間隙比 e	飽和度 S_r (%)
No.1	49	1.412	0	1.412	0.873	0
No.2	49	1.433	0	1.433	0.846	0
No.3	49	1.442	0	1.442	0.834	0
No.4	50	1.311	2.4	1.280	1.066	5.96
No.5	50	1.328	2.4	1.297	1.039	6.11
No.6	50	1.504	2.4	1.469	0.801	7.93
No.7	50	1.571	12.0	1.402	0.887	35.78
No.8	50	1.618	12.0	1.445	0.830	38.24
No.9	50	1.660	16.0	1.431	0.848	49.91
No.10	50	1.582	16.0	1.364	0.939	45.07
No.11	50	1.647	20.0	1.373	0.926	57.13
No.12	50	1.447	24.0	1.167	1.266	50.14

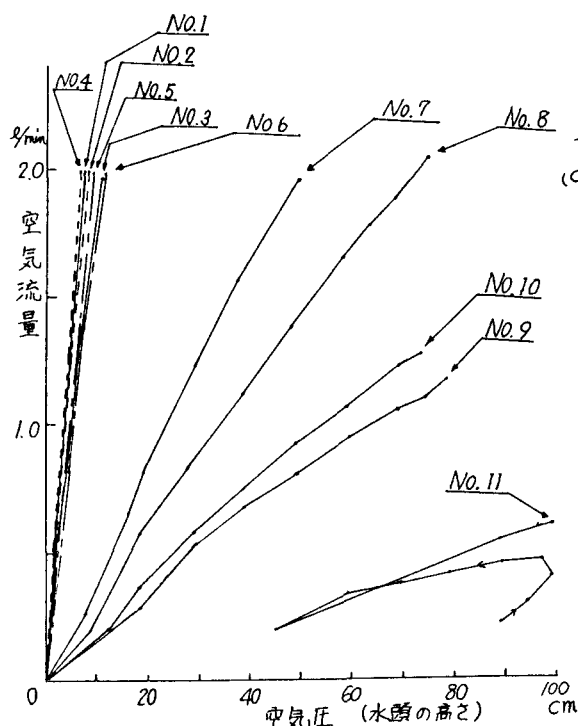


図-2 空気圧と流量の関係

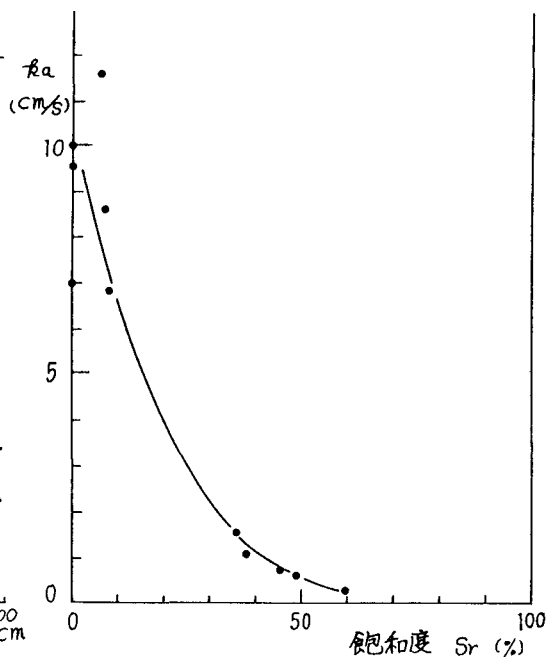


図-3 飽和度と透気係数