

土の透油性と透水性について

岐阜大学工学部 正会員 宇野尚雄

" " 学生員 赤川 務

1. まえがき

乾燥土中への水の浸透現象と油の浸透現象は水の粘性と油の粘性の相違などがあるが、類似していると推察される。一方、含水量を含む湿潤土中へのそれらの現象は油の撥水性や土の初期含水量の多少などの影響が現れてくるであろう。本報告では土の透水性と土の透油性(透水性という言葉に対して、ここでは透油性という用語を用いる)を比較して、水と油の浸透現象について述べる。土の透水性を表すのに透水係数を用いる。透水係数に影響を及ぼす種々の因子として、間隙比、間隙率、粒度、初期含水比、貯留係数および毛管圧力などが指摘されるので、これらの諸因子と透油係数(透水係数に対比してこう呼ぶ)を関係づけることにより、土の透油性と土の透水性を比較、考察した。(1)透水、透油係数と間隙比、(2)透水、透油係数と初期含水比、(3)貯留係数について基礎的な透水、透油実験結果を示し、これに考察を加えた。

2. 実験試料、装置および方法

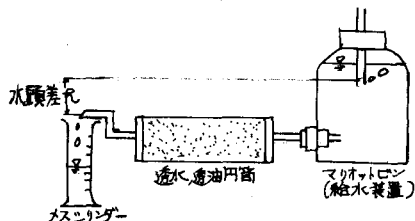
表-1 試料土の性質

2.1 実験試料 実験に使用した土は豊浦標準砂、比較的均一な長良川砂、関東ロームであり、その性質は表-1に示す。使用した油は軽油、灯油で、比重は比重ビンで測定し、15℃のときに軽油で0.823、灯油で0.794である。動粘度はウバローテ型細管式動粘度計で測定し、15℃のときに軽油で $4.50 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、灯油で $1.85 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sec}$ である(水は $1.14 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sec}$)。

	豊浦標準砂	長良川砂	関東ローム
間隙率	0.401~0.430	0.433~0.447	0.694~0.723
有効径 d_{10} の平方	1.82×10^{-2}	3.24×10^{-2}	1.96×10^{-4}
均等係数	1.26	1.47	27.1

図-1 実験装置

2.2 実験装置と方法 実験は図-1に示す装置で水平次元の定水位毛管透水、透油実験を行なった。試料を詰める円筒は内径5cm、試料長50cmでアクリル樹脂製である。試料は含水比が均一になるように数層に分けて詰めた。



2.2-1 不飽和透水、透油実験 図-1に示す装置でヘッド差 $h = 30 \text{ cm}$ に設定し、通水あるいは通油させて定常状態になってから流量を測定し、次式より透水、透油係数を求める。 $k = Q / (A \cdot h \cdot t)$ (Q ; 単位時間当りの流量, A ; 管の断面積, h ; 動水勾配。

ただし、油の場合ヘッドにその時の温度における油の比重を考慮する、 k ; 透水、透油係数)

2.2-2 飽和透水、透油実験 通油あるいは通水する前に真空ポンプを使って円筒に詰めた試料土を飽和させる。この時に円筒内の土に空洞ができないように真空ポンプは徐々に作動させる。各試料ともに飽和度は95%から100%であった。飽和させた試料を不飽和の場合と同じように通水あるいは通油して実験を行ない透水、透油係数を求める。

3. 実験結果と考察

3.1 透水、透油係数と間隙比 図-2は各試料土について飽和状態での透水、透油係数と間隙比を示したものである。図-3は不飽和状態について示したものである。実験値には少しばらつきがあ

るが、図のように直線関係が成り立つと考えられる。水、油がダルシーの法則に従って流れるとき透水、透油係数は式で一般に表わされている。

$$k = (e^3 / \tau e \cdot \sigma \mu \cdot D_s^2) C \dots (2)$$

ここで、 k ；透水、透油係数、 e ；間隙比、 σ ；水

油の単位体積重量、 μ ；粘性係数、 D_s ；透水、

透油有効径、 C ；形状係数である。図-2、図-3のいずれでも、同一間隙比における透水、透油係数の相違は式(2)より主として粘性の相違であると思われる。しかし、関東ロームの場合に間隙比がある値以下になると透油係数が透水係数よりも大になることもあり、透水、透油係数の相違は粘性の相違だけでなく、土の構造や土の間隙分布なども影響すると推察される。

3.2 透油、透水係数と初期含水比 図-3に示すように透油

透水係数に初期含水比が影響していることがわかる。 e の小さい範囲では $\log e^3 / \tau e = G_1 e + G_2$ (G_1, G_2 は定数) と近似できるので、式(2)は $\log k = G_1 e + G_2 + \log D^2 / (\sigma \mu)$ (D ； C を含む透水、透油有効径) と変形でき、一方で図-2、図-3から実験式 $\log k = C_1 e + C_2$ が得られるので D が計算されて表-2のようになる。 D は表-1の D_0 より若干大きくなっているが、 D は透水、透油に有効な間隙の径を表現するのではないかと考えられ、後述の θ_{oil} との相関性がかなり良好である。

3.3 貯留係数 図-4は貯留係数 β と初期体

積含水率 θ_i との関係 $\beta/n \sim \theta_i/n$ の関係 (n は間隙率) で示した。透油の場合も透水の場合も同じような直線関係を示す。この図で油の β は油分と水分を含めたものであるが、透油の場合に油と土中水との置換が実験で認められた。そこで、油だけの貯留係数を最終体積含油率 θ_{oil} で表わすと $\theta_{oil}/n \sim \theta_i/n$ の関係は図-5のようになってある初期飽和度以上では油の貯留係数は θ_i が増えても減少しなくなる。

4. あとがき

土の透油性と透水性は大差ないようであるが、前者は先行含水量の影響を受け、間隙内に水と油の混合状態を生ずる点の特徴である。透水実験は牧元忠君(前田建設)に負うもので感謝を表する。

図-2 飽和状態における $e \sim \log k$

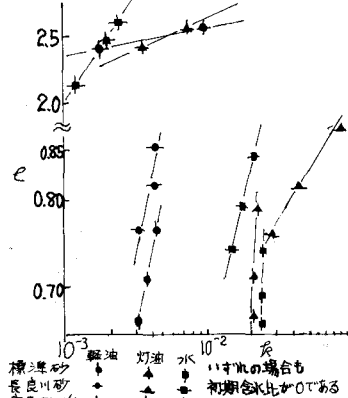


図-3 不飽和状態における $e \sim \log k$

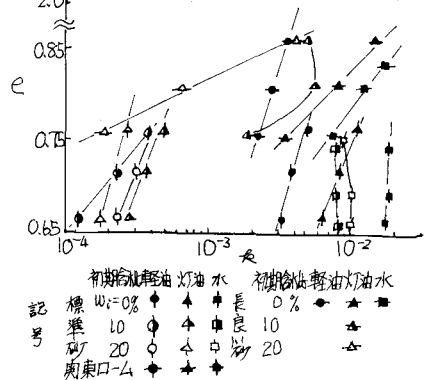


表-2 D の値

	初期含水比	軽油	灯油	水
標準砂	0	0.290	0.270	0.370
不飽和	10	0.064	0.059	0.021
砂	20	0.082	0.043	0.025
長良川砂	0	0.210	0.220	0.180
標準砂	10		0.150	0.190
砂	20		0.052	0.210
関東ローム	0	0.027	0.033	0.025
標準砂	0	0.270	0.460	0.390
長良川砂	0	0.250	0.490	0.280
関東ローム	0	0.062	0.043	0.024

図-4 $\beta/n \sim \theta_i/n$ の関係

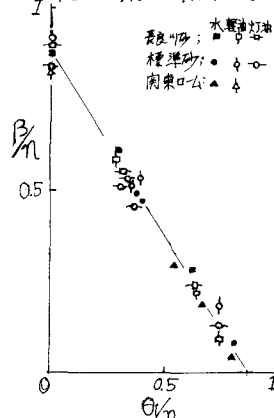


図-5 $\theta_{oil}/n \sim \theta_i/n$ の関係

