

岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎
 岡山大学工学部 正会員 O西道 誠
 岡山大学工学部 学生員 三宅研次

1. はじめに 近年、オイルタンクやパイプラインの漏油事故による地盤内の汚染が環境保全の見地から問題となつてきている。しかしながら、油の浸透についての研究はきわめて少なく、油の浸透特性と水の浸透特性との相違点、あるいは、水と油の混合浸透の問題など、油の浸透のメカニズムについては未知の要素が多く残されている。本研究では、変水位透水試験、水平一次元浸透、鉛直一次元浸透を実施して、土中の油の透油性を支配する物理定数（透油係数、貯留係数）などの基本的性質について考察し、特に従来の水平・鉛直一次元浸透の解析では透水性係数（ k ）と有効間隙率（ β ）を一組の定数として取り扱ってきたが、これらの k 、 β を個々に求める新しい方法を示す。

2. 水平・鉛直一次元浸透の解析方法

2. 1 図1に示す水平一次元浸透はGreen & Amptモデル^{1),2)}より、水平一次元浸透の浸潤面は次式によつて表わされる。

$$Xf = (k/\beta)(h_0 + hc) / (dXf/dt) \quad (1)$$

ここで、 Xf ：浸潤距離、 k ：透油（透水）係数、 β ：有効間隙率、 hc ：毛管水頭、 h_0 ：一端に与えられる定水頭である。（1）式を初期条件 $t=0$ で $Xf=0$ で積分すると、

$$Xf^2 = 2(k/\beta)(h_0 + hc)t \quad (2)$$

Taylorによると（2）式を基に h_0 を2段階に変化させて、図2に示すように Xf^2 と t をプロットして勾配 m_1, m_2 より k/β 、 hc の値が求まる。

一方、マリオット給油（給水）装置からの給油量 $q(t)$ と連続の式より、

$$q(t) = \beta \cdot Xf \cdot A \quad (3)$$

ここで、 A ：供試体の断面積である。（2）式を時間 t で微分すると、

$$dq(t)/dt = \beta \cdot A \cdot dXf/dt \quad (4)$$

（3）、（4）式より Xf 、 dXf/dt を求め（1）式に代入すると、

$$q(t) = A^2 k \cdot \beta (h_0 + hc) / (dq(t)/dt) \quad (5)$$

（5）式より、給油量 $q(t)$ とその時間的変化量 $dq(t)/dt$ を図3に示すようにプロットすると、2つの直線の勾配 m_1, m_2 より $k \cdot \beta$ 、 hc の値が求まる。

したがつて、 k/β と $k \cdot \beta$ より k と β を求めることができる。

2. 2 図4に示す鉛直一次元浸透はGreen & Amptモデル^{1),2)}より、鉛直一次元浸透の浸潤面は次式によつて表わされる。

$$\beta \cdot dZf/dt = k(h_0 + hc + Zf) / Zf \quad (6)$$

また、マリオット給油（給水）装置からの給油量 $q(t)$ と連続の式より、

$$dq(t)/dt = a dH(t)/dt = A \cdot \beta \cdot dZf/dt \quad (7)$$

ここで、 a ：マリオット給油（給水）装置の断面積、 $H(t)$ ：給油（給水）

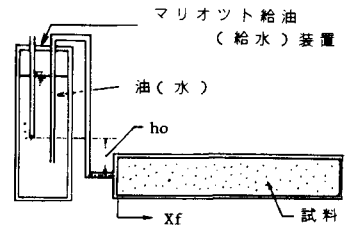


図1 水平一次元浸透実験装置

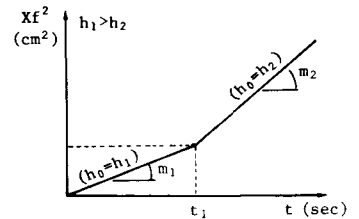


図2 Xf^2 と t の関係

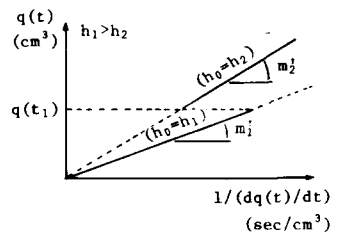


図3 $q(t)$ と $1/(dq(t)/dt)$ の関係

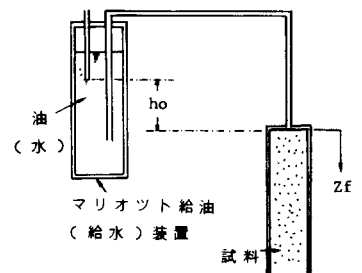


図4 鉛直一次元浸透実験装置

装置内の水位である。(7)式を初期条件 $t=0$ で $H=0$, $Zf=0$ で積分すると,

$$Zf=(a/A)(H(t)/\beta) \tag{8}$$

(7)式の dZf/dt , (8)式の Zf を(6)式に代入すると,

$$dH(t)/dt=\beta k(A^2/a^2)(h_0+hc)/H(t)+(A/a)k \tag{9}$$

鉛直一次元浸透は水平一次元浸透と同様に水頭を2段階に変化させて図5に示すように、 $dH(t)/dt$, $1/H(t)$ についてプロットして、その勾配と $dH(t)/dt$ 軸の切片の値を求めることより k , β , hc の値を個々に決定できる。

3. 実験装置と方法 変油位透油試験法は JIS A 1218-61 に基づいて行つた。なお、試料として豊浦標準砂を用い、油は 15°C のとき比重 (γ_{oil}) 0.874 , 粘性係数 (μ_{oil}) 21.978×10^{-2} ポアーズ (g.sec/cm) の絶縁油である。なお、水は 15°C のとき粘性係数 (μ_{water}) 1.08×10^{-2} ポアーズである。水平 鉛直一次元浸透実験は内径 4cm , 長さ 60cm のアクリル円筒に初期含水比の異なる標準砂を詰めて円筒の一端にマリOTT給油(給水)装置を設置して定水位浸透状態で行つた。実験においては、浸潤線の経時の変化と給油(給水)量の経時の変化を測定した。

4. 実験結果および考察 図6に変水位透水試験、水平・鉛直一次元浸透実験結果より求められた透水係数 (k_{water})・透油係数 (k_{oil}) と初期含水比 (w_i) の関係を示した。図より、水においては初期含水比による透水係数の変化はなかつたが、油においては試料の初期含水比が大きくなるにつれて透油係数が減少することがわかつた。なお、3種類の実験結果より求められた透水・透油係数の値には大きなばらつきがなかつた。図7に透水係数と透油係数の比 (k_{water}/k_{oil}) と初期含水比 (w_i) の関係を示した。この結果、 k_{water}/k_{oil} は 12~20 の範囲内にあることがわかる。³⁾ Taylor らによると透水係数は $k=(\gamma/\mu)K_o$ で表わされる。ここで、 K_o は透水媒体によつて決まる係数である。この式より k_{water}/k_{oil} を求めると 15°C において 23.3 となる。

図8に有効間隙率 (β) と初期体積含水率 (θ_i) との関係を β/n と θ_i/n の関係 (n は間隙率 0.449) で示した。水の場合には、初期体積含水率が増すにつれて有効間隙率は減少する。一方、油の場合にはある初期含水率以上になると土中水と油の置換が生じることにより有効間隙率は変化しないことがわかる。

参考文献

1), Taylor, D. W. Fundamentals of Soil Mechanics, John Wiley & Sons Inc, 1961 PP. 146 ~ 149
2), 久保田, 河野, 宇野, 透水一設計へのアプローチ, 鹿島出版会 1976
3), 1) の P 113

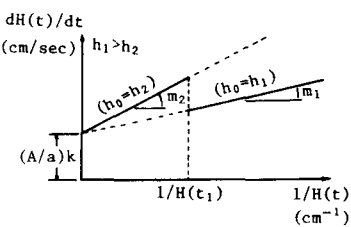


図5 $dH(t)/dt$ と $1/H(t)$ の関係

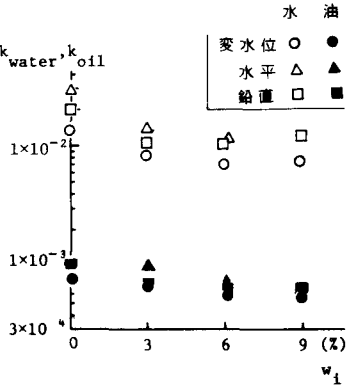


図6 k_{water}, k_{oil} と w_i の関係

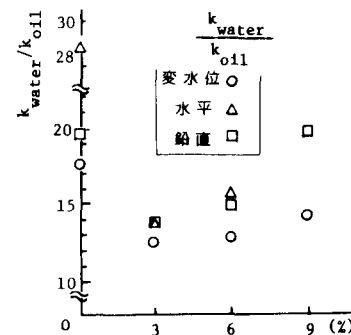


図7 k_{water}/k_{oil} と w_i の関係

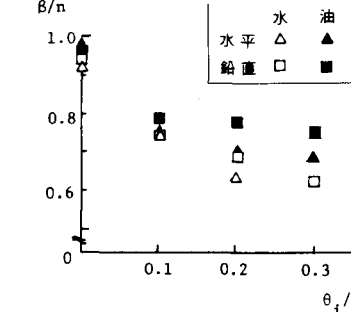


図8 β/n と θ_i/n の関係