

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 西垣 誠

倉敷市 正会員 三宅研次

1. はじめに オイルタンクやパイプラインからの漏油による油の地盤内への浸透による汚染を定量的に評価するため、油の浸透特性を解明する必要がある。本研究では、不飽和土内での油の浸透特性を解明するため、3種類の初期含水率の異なる試料を用いて、鉛直一次元浸透および排油実験を行なつて油の不飽和土中での透油係数(K_{oil})一含油率(θ_{oil})との関係、あるいは不飽和土が油を吸収しようとする力(以下、オイルサクシヨン, ψ_{oil} とする。)と含油率(θ_{oil})との関係を求めた結果を報告する。

2. 実験方法 不飽和土中の油の透油係数(K_{oil})を求めるために図-1に示す鉛直一次元のカラムに標準砂を乾燥密度 $\gamma_d=1.50\text{g/cm}^3$ に締固めて、下端より油をマリOTTサイフォンを用いて一定水頭で給油して、その浸潤によるカラム内での含油率の変化をガンマ線密度検層器¹⁾により測定した。各初期含水比($W_1=0.0, 2.87, 5.74\%$)における含油率の変化によるガンマ線透過度をキャリブレーションした結果を図-2に示す。本実験では初期含水比が比較的小さい試料に対して実験を行つた。なお、実験に用いた油は15°Cのとき比重は0.874、粘性係数が 21.978×10^{-4} ポアーズ²⁾($\text{g}\cdot\text{sec}/\text{cm}$)の絶縁油である。

油の浸潤あるいは排油による試料内のオイルサクシヨン(ψ_{oil})を測定するため図-3に示す圧力変換器(測定範囲 $-0.3\text{ kg/cm}^2 \sim +0.3\text{ kg/cm}^2$)をカラムの4ヶ所に配置した。各圧力変換器の先端に油で飽和したセラミックディスク(直径6.0mm、厚さ2.5mm)を設置して、そのセラミックディスクと圧力変換器のダイヤフラムとの空隙を実験で用いた油で満たした。セラミックディスクの透過空気圧(Air entry-value)はセラミックディスクを油で飽和にした状態で2.8 kg/cm^2 であつた。また、圧力変換器の先端にセラミックディスクを設置したことによる圧力の測定時間遅れは3~5秒であつた。鉛直一次元浸透実験による不飽和土の透油係数を求める手法として Instantaneous profile methods¹⁾を用いた。すなわち、Darcyの法則と連続の式より、透油係数は、次式より求められる。

$$K(\theta) = \frac{\left(\int_0^z \frac{\partial \theta}{\partial t} dz \right)_{z,t}}{\left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right)_{z,t}} \quad \text{----- (1)}$$

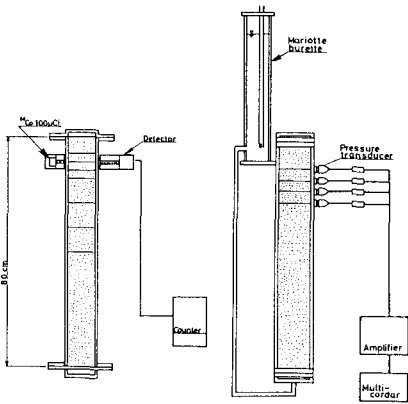


Fig.1 Schematic representation of the experimental apparatus

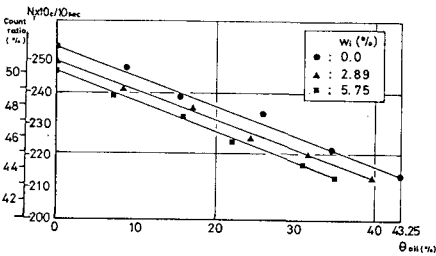


Fig.2 Calibration curve for the sand

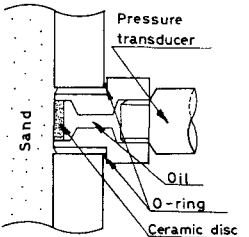


Fig.3 Pressure transducer assembly details

3. 実験結果および考察 式(1)より分子の含油率の経時的変化と分母のオイルサクシヨンの経時的変化を計測すると透油係数が求められる。一例として、初期含水比が2.87%の試料について油の浸潤試験を行つたことによる含油率の時間に対する変化を測定した結果を示す。図中のNo.1~4は図-1の計測点に相当する位置である。また図-5に同じ実験でのオイルサクシヨンの経時的な変化を測定した結果を示す。

このような実験を他の試料についても実施して、浸潤だけでなく、排油実験をも行ない、その結果、式(1)を用いて含油率と透油係数の関係を得た結果を図-6に示す。図-6より透油係数と含油率の関係は土の初期含水率の変化によつてあまり影響しないことがわかつた。

図-7にオイルサクシヨンと含油率の関係を浸潤、および排油によつて得られた結果を示す。本実験で用いた試料が標準砂であるため、オイルサクシヨンの値は全般的に小さい値を得たが、初期含水比が大きい試料(図中の□、■)と低含水比の試料(図中の○、●)を比較すると、当然、低含水比の試料では、小さいオイルサクシヨンの値が得られる。

図-6, 7の結果より、油の浸潤によつて土中水が移動しないと仮定される範囲の含水比である土については、従来の不飽和浸透解析で用いた有限要素法などによる解析手法と同様の解析の応用が可能となる。また油の浸透によつて土中水が移動するような飽和領域中での浸透については塩水と淡水が非混合流体であると仮定して解析する手法が⁴⁾応用される。今後の問題としては、不飽和領域内で油が浸透することによつて土中水が移動するような状況下での浸透のメカニズムの解明がある。また、ここで示した手法は実験室内での測定方法であるが、現場においても同様の浸透特性を求める手法を開発する必要がある。

参考文献

- 1) 河野, 西垣, 不飽和砂質土の浸透特性に関する実験的研究, 土木学会論文集, 第307号, 1981, PP.59-69.
- 2) 河野, 西垣, 三宅, 油の浸透特性に関する研究, 第34回土木学会年次学術講演概要集, III-183, S.54.
- 3) 赤井, 大西, 西垣, 有限要素法による飽和一不飽和浸流の解析, 土木学会論文集, 第264号, 1977, PP.87-96.
- 4) 河野, 西垣, 河田, 非定常2層浸透流の有限要素解析, 第15回土質工学研究発表会, S.55, PP.1165-1169.

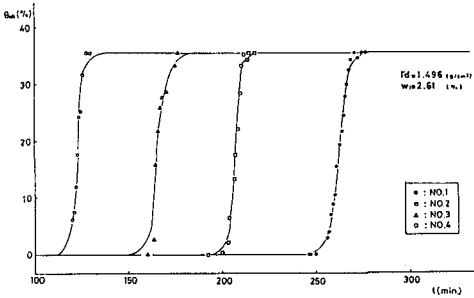


Fig.4 Change of θ_{oil} with time

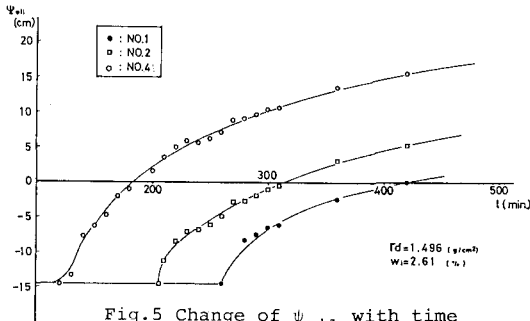


Fig.5 Change of ψ_{oil} with time

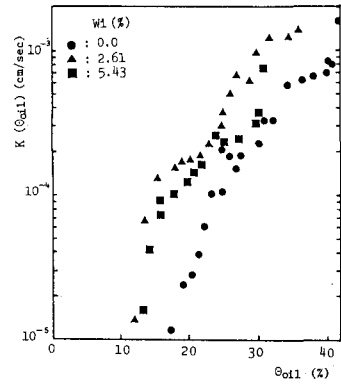


Fig.6 $K_{oil}-\theta_{oil}$ relations

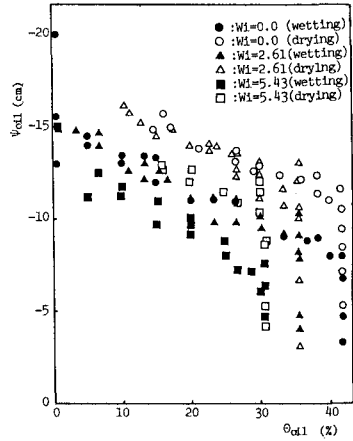


Fig.7 $\psi_{oil}-\theta_{oil}$ relations