

親水性・疎水性セラミックを用いた水・油・空気 3 相系保持特性試験装置の開発

大同工業大学都市環境デザイン学科 正会員○棚橋秀行
信州大学工学部 学生会員 鈴木俊生・正会員 豊田富晴・正会員 小西純一

1.目的 水・油・空気 3 相系保持特性試験を行うため、昨年度、親水性・疎水性メンブランフィルターを用いた加圧膜法による油・水分離式保持特性試験装置¹⁾が開発されたが、実験が長時間に及ぶ際に疎水性メンブランフィルターを通過して油管路内に空気が浸入する問題点があった。本研究はこの問題点を解決すべく、親水性・疎水性セラミックを用いた加圧板法による水・油・空気 3 相系保持特性試験装置を新たに開発し、任意のサクション下での水・油飽和度を測定したものである。

2.親水性・疎水性セラミックを用いた水・油・空気 3 相系保持特性試験方法

図-1 に示した実験装置の上板以外を組み立て、豊浦砂を水とともにカラム（内径 5cm）に充填し、灯油を水面上にゆっくりと注入した。土試料充填高さをノギスで 4 箇所測定し、平均高さを求める。上板を組み立て、空気圧力計を見ながらレギュレーターで所定の空気圧をかけ、水・油管路のバルブを開き電子天秤による排出質量の測定を開始する。土試料から空気圧によって押し出された水分は、親水セラミックディスク（図-2 参照）～水排管～水用電子天秤へと至る。同様に油分は疎水セラミックディスク（図-2 参照）～油排管～油用電子天秤へと至る。排出が終了したら両管路のバルブを閉め、次の段階の空気圧にレギュレーターを調整したあと、再びバルブを開き、水・油を排出する。この作業を繰り返すことにより、水・油・空気 3 相系保持特性曲線を求めた。なお、灯油の揮発による補正量は 1 時間あたり $7.8 \times 10^{-4} \text{g}$ であった。

3.土柱法(比較実験) 連結式 1 次元鉛直カラム（内径 6cm）を組み立て、豊浦砂を水で飽和させながら乾燥充填密度 1.55g/cm^3 、試料高さ 100 cm になるように充填した。500ml の油を水面上においたあと最下段カラム側面の排水口を開け水・油の重力排出を開始し、4 日後にカラムを解体したケースと、7 日後にカラムを解体したケースの 2 つの実験を行ない、水・油・空気 3 相系保持特性曲線を求めた。

キーワード 水・油・空気 3 相系、保持特性曲線、加圧板法、重力排出

〒457-8532 名古屋市南区白水町 40 大同工業大学都市環境デザイン学科 電話 052-612-5571 (内線 259)

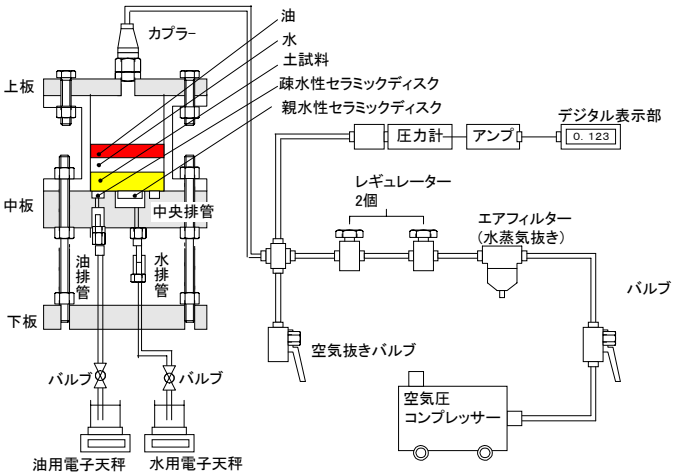


図-1 親水性・疎水性セラミックを用いた水・油・空気3相系保持特性試験装置

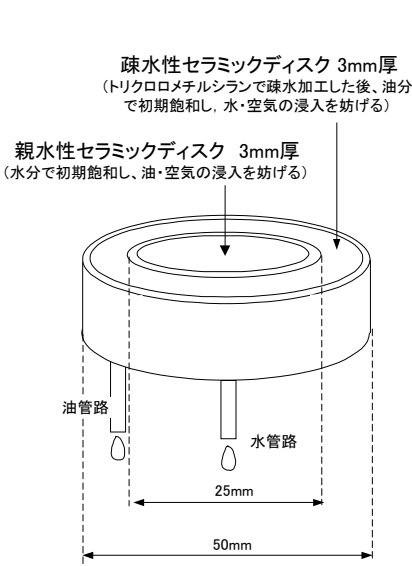


図-2 親水性・疎水性セラミック

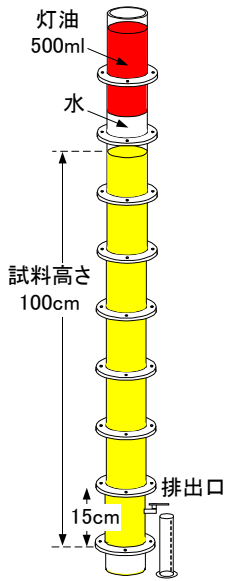


図-3 土柱法

4.加圧法と土柱法の比較 図-4 は、メンブラン加圧法による豊浦砂の水・油・空気 3 相保持特性曲線である。●が水分、○が水分・油分を合わせた全液相飽和度である。図-5 は親水・疎水セラミックディスクを用いて行ったもので、実験の際に空気の漏洩が無くなったことが確認できた。図-4 と 5 の加圧法では、油の飽和度が非常になくなる傾向が見られた。図-6・7 は、土柱法における 4 日後・7 日後の結果である。カラム下端から 20cm の間に飽和度 30%程度の油があることがわかる。このように、加圧法と土柱法で異なる結果が得られた。加圧法では、外部に設けた水面と油面は同じ高さである。土柱法でも図-3 のようにして重力排水を行えば排出口の位置で水面・油面高さが同じになるものと考えて実験を行なった。もしそうならば図-6,7 にはプロットしていない高さ 0cm より下の部分に油はほとんど存在しないはずであるが、実際はかなりの量の油が存在していた。初期の水頭差が 130cm ほどあったので、油が排出口以下のカラム下部まで勢い良く到達して水分を過剰に押し出し、水面上に油の層がのったような状態になったため、カラム下端に油が多く残る結果になったものと推測される。

5.従来の研究例(Lenhard and Parker 1988)との比較

従来、油・空気 2 相系の油分保持特性曲線は、水・油・空気 3 相系の全液相保持特性曲線と一致すると言われている。図-8 は Lenhard and Parker²⁾の実験結果で、彼らはこの結果が従来の定説と一致していると延べている。しかし、本研究で行った複数の実験方法による油分保持特性曲線は図-9 のような低サクション範囲での曲線になり、図-4~7 の水・油・空気 3 相系の全液相保持特性曲線とは一致し得ない。この原因として Lenhard and Parker²⁾の実験が、水分を排出した後に油を注入する方法であったため、本研究の土柱法よりも水分が過剰に排出されたためと思われる。従来の研究例にはこの方法が多いものの、これが原因であるとはまだ断言できない。今後、さらなる検討を行ないたいと考えている。

6.結論 1)親水・撥水セラミックディスクを用いた試験装置により、問題点であった空気の漏洩が改善された。

2)土柱法の際、急激な排出をすると油面が水面より高い位置になるような境界になり、カラム下端における油の飽和度が非常に大きくなることがわかった。

参考文献 1)鈴木俊生・棚橋秀行・小西純一：NAPL・水分離式保持特性試験装置の開発とその考察，第 35 回地盤工学研究発表会講演集,pp.1497~1498、2000。

2)R.J.Lenhard and J.C.Parker :Experimental validation of the theory of extending two-phase saturation-pressure relations to three-fluid phase systems for monotonic drainage paths, Water Resources Research, vol.24, No.3, pp.373~380,1988。

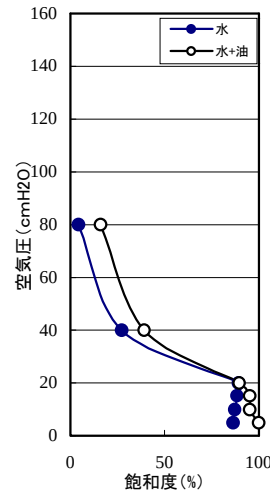


図-4 メンブラン加圧法・豊浦砂
水・油・空気 3 相保持特性曲線

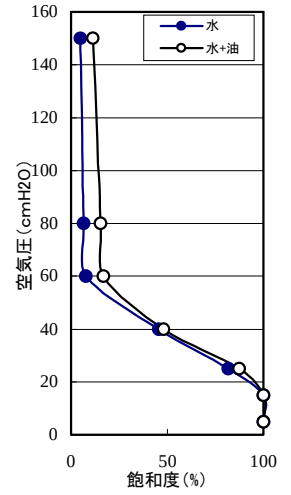


図-5 セラミック加圧法・豊浦砂
水・油・空気 3 相保持特性曲線

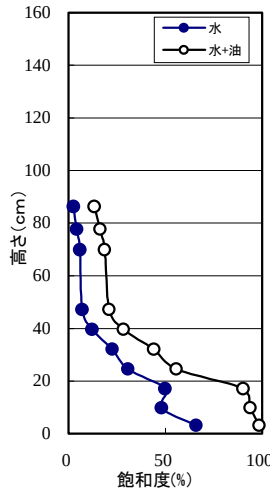


図-6 土柱法4日後・豊浦砂
水・油・空気 3 相保持特性曲線

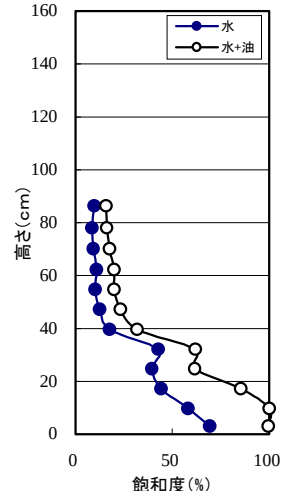


図-7 土柱法7日後・豊浦砂
水・油・空気 3 相保持特性曲線

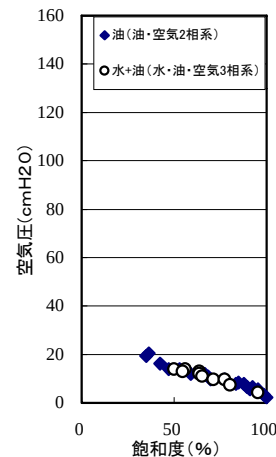


図-8 Lenhard and Parkerの
実験の保持特性曲線
土試料：砂 油：soltorol170

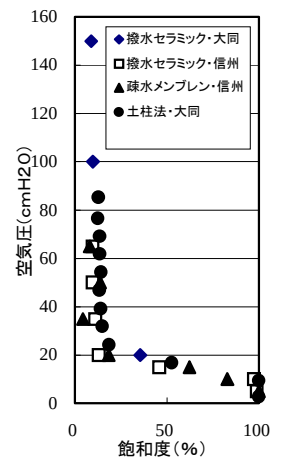


図-9 豊浦砂 油分保持特性曲線