

パールクレー・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

信州大学 学生会員○坪山康二・学生会員 鈴木俊生
正会員 小西純一・正会員 豊田富晴
大同工業大学 正会員 棚橋秀行

1. 目的 パールクレー・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¹⁾が開発されたが、この試験装置の妥当性を確かめるため、水・油2相系の水分保持特性曲線と水・油・空気3相系の水分保持特性曲線が一致するという従来の定説が当てはまるかどうか実験を行い確認した。

2. パールクレー・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 に示す水管路にパールクレー(含水比47%)を充填し親水性膜でカバーをして、実験装置の上板以外を組み立て、水配管路と油配管路にそれぞれ水と油で満たす。その後試料を水と共に充填し油をゆっくりと注ぐ。上板を組み立てカプラーを装着し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量計測を開始する。試料から空気圧によって押し出された水分は親水性膜～パールクレー～水配管～水用電子天秤へと至る。同様に油分は疎水性セラミック～油配管～油用電子天秤へと至る。排出が完了し次第水・油管路のバルブを閉め、次の段階の空気圧へ調整し再びバルブを開き水・油を排出する。この作業を繰り返し水・油・空気3相系保持特性曲線を求めた。

3. 水天秤降下法 はじめに3相系実験と同じ方法で試料・油充填まで行う。次に図-2 の①に示す条件式が成立するように水・油天秤をセットする。この条件式が成立している状態では水・油による圧力差が生じず、水・油管路のバルブを開いても排水・吸油が生じない。天秤の値が動いていないのを確認した後、図-2 の②に示すように水天秤のみを所定の位置まで降下させカラムを閉鎖状態(空気圧は加えない)にして水・油管路のバルブを開き電子天秤による排水・吸油量計測を開始する。排水が完了し次第次の段階の位置に水天秤を設置し排水・吸油量を測定する。この作業を繰り返し水・油2相系保持特性曲線を求めた。

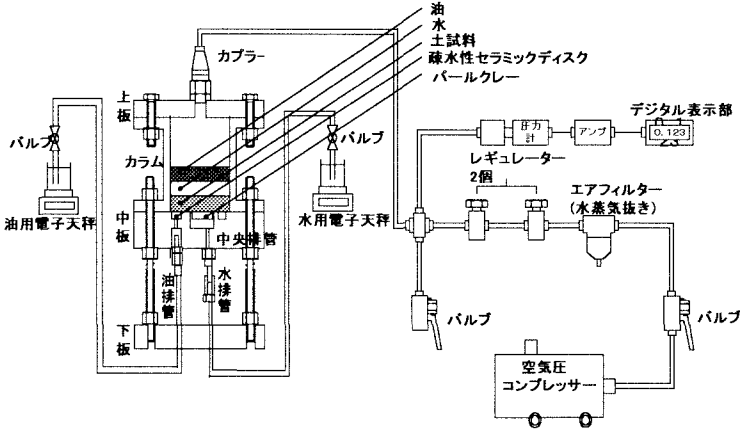


図-1 パールクレー・疎水性セラミックを用いた水・油・空気3相系保持特性試験装置

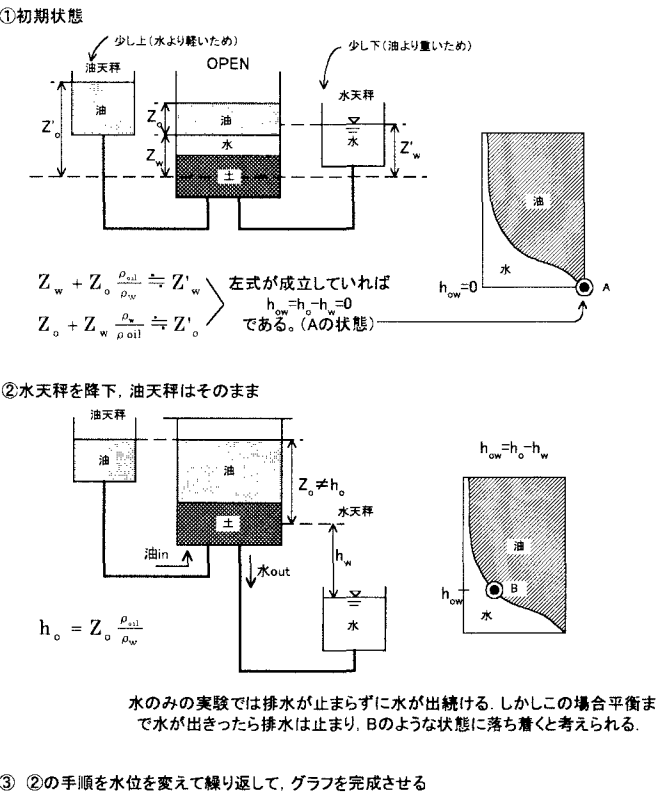


図-2 水天秤降下法試験手順

キーワード 水・油・空気3相系, 水・油2相系, 保持特性曲線, 水天秤降下法
〒380-8553 長野市若里 4-17-1 信州大学工学部社会開発工学科 電話 026-269-5288 (内線 5290)

4. 加圧法と降下法の比較 図-3 は豊浦砂を用いた加圧法による水・油・空気 3 相系の水分保持特性曲線と降下法による水・油 2 相系の水分保持特性曲線である。同様に図-4 はガラスビーズ 0.2mm 粒径を用いたそれぞれの水分保持特性曲線である。試料が豊浦砂である図-3 では空気圧にして 20～40cmH₂O の部分で多少のばらつきはあるものの、後に述べる誤差が生じる理由の範囲に収まるものと考えられ、2 相系と 3 相系の水分保持特性曲線がよく一致しているといえる。また、試料がガラスビーズ 0.2mm である図-4 でも同様に空気圧にして

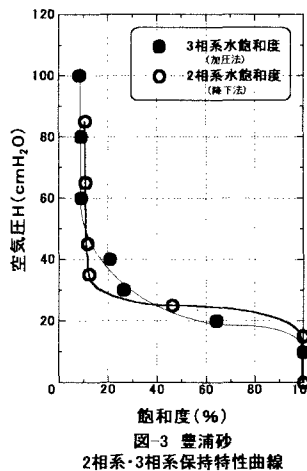


図-3 豊浦砂
2相系・3相系保持特性曲線

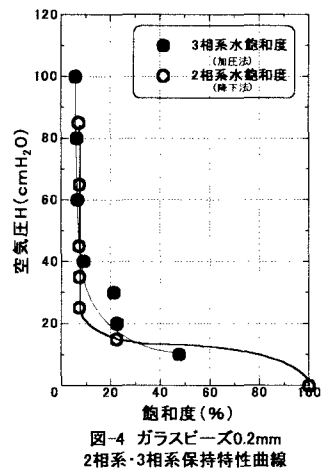


図-4 ガラスビーズ0.2mm
2相系・3相系保持特性曲線

20～30cmH₂O の部分でばらつきは生じているがこれも誤差の範囲で 2 相系と 3 相系の水分保持特性曲線がよく一致しているといえる。上記のばらつきの原因としては①小型カラムを用いるこの実験の特徴として水・油の排出終了時の見極めを計測者の判断に頼っていること。②2 相系と 3 相系では実験方法が異なるため厳密には比較するのが難しい。という 2 つが考えられる。しかし、2 相系と 3 相系で実験方法を統一せずにあえて異なる方法で行うことによって、3 相系実験において加圧法で行うと水位と油位が試料層と同じ位置に設置できるため、常に水压と油圧を等しくすることができ、水にも油にも同じ空気圧（サクション）が負荷できるので試料内が従来の方法での圧倒的に油の特性に支配されるという問題点を回避でき、水・油・空気 3 相系の保持曲線そのものを求めることができるのである。

5. 従来の研究例 (Lenhard and Parker 1988) との比較 図-5 は Lenhard and Parker²⁾ の 2 相系・3 相系実験結果である。Lenhard and Parker の実験で用いられている砂は本研究で用いている豊浦砂と近い粒径のため、図-3 と比較する。Lenhard and Parker の実験においても水・油 2 相系の水分保持特性曲線と水・油・空気 3 相系の水分保持特性曲線が一致するという定説が当てはまっているが、その範囲は空気圧に換算して 8～32cmH₂O までしか確かめられていない。しかし本研究では 0～100cmH₂O までという広範囲に渡る結果が得られ、さらにはパールクレーの AEV が 250KPa、疎水性セラミックディスクの AEV が 20KPa なので 200cmH₂O まで対応が可能である。たしかに、Lenhard and Parker の実験においても高い圧力下での実験は行われているが試料の種類が限られており、豊浦砂のような試料では行われなかった（行うことが出来なかった）ようである。

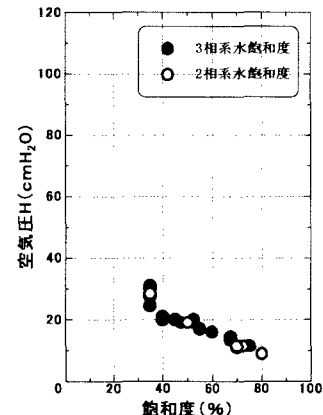


図-5 Lenhard and Parker の
2相系・3相系保持特性曲線

6. 結論 1) 小型カラム試験において水天秤降下法という水・油 2 相系の試験方法を確立できた。2) パールクレー・疎水性セラミックを用いた小型カラム試験において、水・油 2 相系の水分保持特性曲線と水・油・空気 3 相系の水分保持特性曲線が一致するという定説が当てはまった。よってこの試験装置は 2 相系と 3 相系の水分保持特性曲線が一致するという観点において妥当であるということが確認できた。3) 2 相系の油分保持特性曲線と 3 相系の全液相保持特性曲線が一致するという定説を今後確認する。

参考文献 1) 棚橋秀行・鈴木俊生・豊田富晴・小西純一：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、第 36 回地盤工学研究発表会講演集、2001

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, vol24, No. 3, pp373～380, 1988.