

## 水浸作用を受けた不飽和カオリンの水分保持曲線

足利工業大学 正会員 西村友良

東京大学生産技術研究所 正会員 古関潤一

## 1 まえがき

不飽和地盤の工学的性質の予測には水分特性曲線の把握が必要であり、いくつかのモデルが提案され、砂や砂質土についてはパラメータの代表値が示されている。異なる測定原理を使い水分特性曲線は求められている。広く使用されている手法は加圧法であるが西村・古関<sup>1)</sup>はサクシオン制御時間の大幅な短縮化を実現できる加圧膜法を使って系統的に不飽和土の工学的性質を解明することを目的として取り組んでいる。本研究は水浸作用を受けた後の不飽和カオリンの乾燥過程における保水特性を加圧膜法で求め、サクシオン履歴の影響について検討している。

## 2 試料と実験方法

実験には粘土材料として白色カオリンを用いた。そのカオリンの粒径加積曲線を図1にとりまとめている。加圧法の原理を使って加圧膜法と加圧板法の2種類の手法からカオリンの水分保持曲線が求められた。加圧膜法で使用した微細多孔質膜（ポリエーテルスルホン）の膜厚は140 $\mu$ m、AEV値は250kPa、透水係数は $5.19 \times 10^{-7}$ cm/secであった。加圧板法で使用したセラミックフィルターは膜厚7mm、AEV値500kPa、透水係数は $7.95 \times 10^{-8}$ cm/secであった。本研究において加圧膜法と加圧板法でのサクシオン制御・測定が出来る加圧膜法・加圧板法併用可能装置を図2のように考案した。この装置の底盤には微細多孔質膜とセラミックフィルターが備えられ、それぞれのフィルターを介して土中水が二重管ビューレットに出入りできるようになっている。耐圧容器に供給する空気圧の制御は低容量レギュレータ（200kPa）で行い、マトリックサクシオン制御の精度を高めた。二重管ビューレット下部には差圧計を取り付け、水分量の自動計測を可能にした。これによって不飽和状態から水浸作用、低マトリックサクシオン制御を連続的に与える。

実験ではセラミックフィルターの飽和後、飽和させた微細多孔質膜をポーラスストーン上に置き、リングを被せ、平ねじで固定する。さらに底盤にモールドを取り付け、モールド内にスラリー状のカオリンを流し込む。24時間以上を待ってからカオリンの沈降を確認した後で質量が325gの軽量の加圧プレートを載せ1.1kPaの圧密荷重を与えた。その後装置を組み上げ空気圧80kPaを載荷する。載荷と同時にセラミックフィルター側の弁を開放して土中水の排水を行う（加圧板法）。マトリックサクシオン80kPaに平衡した後、耐圧容器内の圧力を開放し大気圧とする。次にセラミックフィルター側の弁を閉じ、微細多孔質膜側の弁を開くことで二重管ビューレット内の脱気水を微細多孔質膜から給水させ供試体に水浸作用を与える。水浸後、20kPaまでのマトリックサクシオンを加圧膜法で段階的に供試体に負荷する。20kPa以上のマトリックサクシオンの制御には加圧板法で測定する。

## 3 実験結果

水分保持曲線を図3に示す。マトリックサクシオン載荷前（初期飽和状態）は219.1%の含水比であった（図3中○印）。加圧板法で80kPaのマトリックサクシオンに平衡させると、含水比は72.4%まで減少し、不飽和状態と

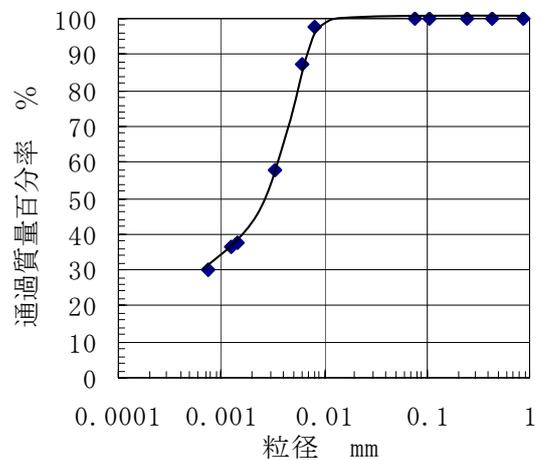


図1 カオリンの粒径加積曲線

キーワード：加圧膜法、水分特性曲線、サクシオン

連絡先：〒326-8558 栃木県足利市大前町268 足利工業大学 都市環境工学科 Tel 0284-62-0605 Fax 0284-64-1061

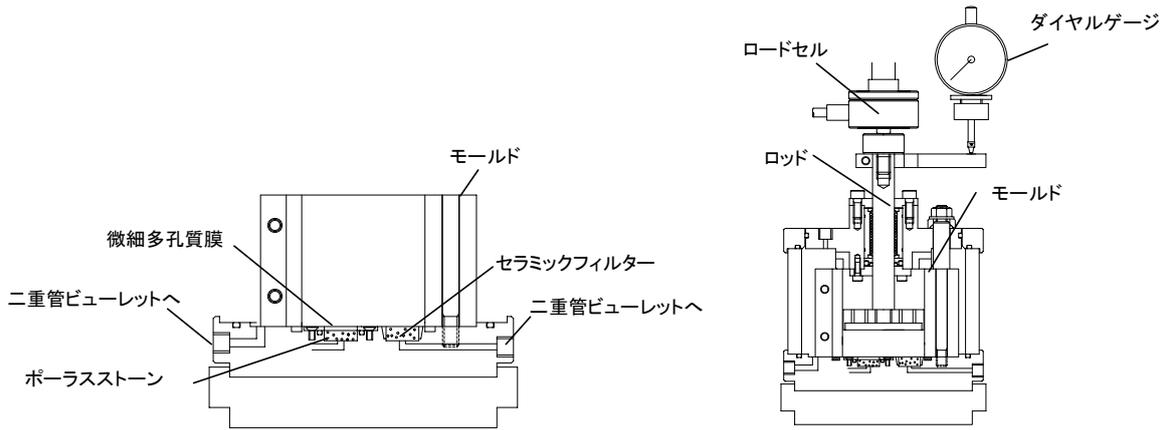


図2 加圧膜法・加圧板法併用可能装置

なった (図3中●印)。次に水浸作用で土中の水分量が回復すると、その含水比は 271.91%まで増加している (図3中■印)。初期飽和状態よりも含水比が高いのは、モールドの中に供給した水の水位が供試体上面を越え、その余剰水を含水比の計算に含めたからである。

水浸後さらに、加圧膜法でマトリックサクシオンを与えた結果を図3の▲印に示し、20kPa以上のマトリックサクシオンを加圧板法で制御した結果を図3中の△印で示す。加えて図3中の□印は、スラリー状態から加圧膜法で求めた結果を示している。▲印と□印の違いからサクシオン履歴 (不飽和状態から水浸) がある方が、測定された含水比が小さいことがわかった。カオリンは 80kPa のマトリックサクシオンを受けたことで非可逆的な土構造および体積の収縮が生じ、水浸作用を受けてもその影響が保水性の違いに現れたと考えられる。また▲印と△印が示す測定結果を見ると加圧膜法と加圧板法で測定した結果から両者には連続性があることがわかった。次にマトリックサクシオン最終段階の 80kPa に平衡した後の含水比は 51.7%であった。一方、水浸前の状態では含水比 72.4%であったので、サクシオン履歴の影響でヒステリシスが見られたと考えられる。

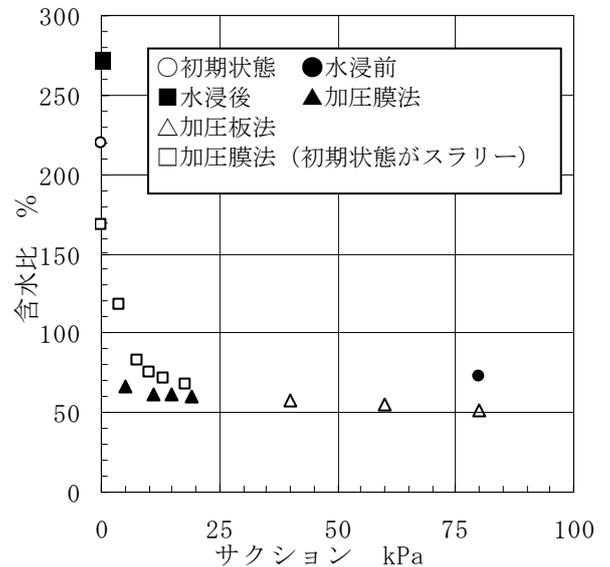


図3 水浸履歴のある水分特性曲線

4 まとめ

本研究では加圧膜法・加圧板法併用可能装置を考案し、水浸作用を受けた不飽和カオリンの水分保持曲線を求めた。サクシオン履歴によって非可逆的な土構造および体積の収縮が生じ水分保持曲線に違いが見られた。また加圧膜法と加圧板法で測定した結果を見ると両者には連続性があることがわかり、水分保持曲線の測定精度の向上に期待ができる。

謝辞 本研究を進めるにあたり平成19年度科学研究費補助金萌芽研究 (代表：東京大学古関潤一、課題番号 19656117、豪雨と地震の同時期生起に対する盛土のマルチハザード分析) の補助を得ました。また平成19年度足利工業大学同窓会“学内研究助成”の補助を得ました。ここに記して深く謝意を表します。

参考文献 1) 西村友良, 古関潤一：セルローズ膜を用いた非塑性シルトの水分保持曲線, 平成19年度第62回土木学会全国大会広島大学, 2007年。