

加圧板法と蒸気圧法を用いたカオリンの水分特性曲線

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

土の保水性試験で求める水分特性曲線は重要な物理的性質であり、不飽和状態の土や地盤のせん断強さおよび透水係数の予測に用いられる。保水性試験は測定原理・方法の違いによって加圧板法、加圧膜法、蒸気圧法がある。砂、砂質土、シルトの水分特性曲線の報告は多く見られるが、その一方で粘土の保水性試験結果および広範囲のサクシオン制御を行った水分特性曲線の報告は少ない。そこで本研究では異なる圧密圧力で作製した飽和カオリン供試体に、加圧板法（0～180kPa）と蒸気圧法（0～296MPa）の2つの測定方法で、広範囲のサクシオン制御を行い、カオリンの水分特性曲線を求めた。

2 試料と実験方法

2-1 試料 本実験には白色カオリンを用いた、粒径加積曲線を図1に示す。水分特性曲線測定装置の剛性モールド（内径6cm、高さ6.5cm）内にスラリー状態のカオリンを入れ、2900kPaまでの圧密圧力を段階的に载荷し圧縮曲線を求めた。载荷するサクシオン範囲に対応して加圧板法と蒸気圧法を区別して保水性試験を行った。保水性試験（JGS 0151）によると、加圧板法は10kPaから1500kPa、蒸気圧法は3MPaから300MPaと示されている。また初期状態のカオリンの間隙比を変えるために3条件の圧密圧力（70kPa、250kPa、500kPa）で飽和カオリンを作製し保水性試験に用いた。

2-2 加圧板法による保水性試験 水分特性曲線測定装置の底版には空気侵入値が200kPaのセラミックフィルターが装着されている。剛性モールド内で所定の圧密圧力を载荷後、セル内を加圧して間隙空気圧を段階的に増加させながら、セラミックフィルターを介して土中水を排水した。この時、間隙水圧は大気圧であるので、カオリンに間隙空気圧と同じ値のサクシオンが载荷される。制御サクシオンは10kPa～180kPaであり、1段階のサクシオン载荷に2週間を要した。

2-3 蒸気圧法による保水性試験 水分特性曲線測定装置内で圧密した飽和カオリンを取り出し、土の含水比試験（JIS A 1203）で提案されている最少質量（=10g）をガラスシャーレに入れ、初期状態の質量を測定する。その後、塩の過飽和溶液¹⁾とともにカオリンをガラスデシケータに入れ密閉する。ガラスデシケータは、20℃に保たれた恒温槽に静置した。カオリンが所定のサクシオンに平衡するために十分な期間を設けた。約1ヶ月後、質量の変化を測定し含水比の変化を求めた。载荷手順は2.83MPaから296MPaまでサクシオンを増加した（乾燥過程）。その後、2.83MPaまで減少した（湿潤過程）。

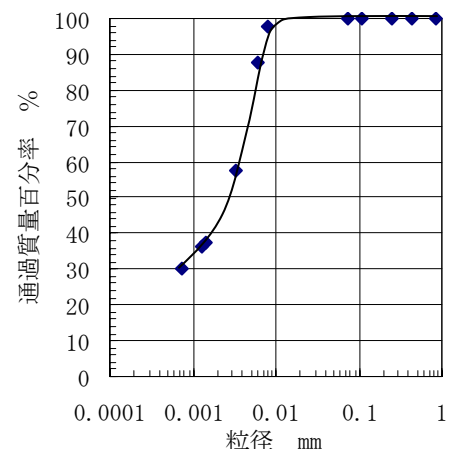


図1 カオリンの粒径加積曲線

3 実験結果

図2にカオリンの圧縮曲線を示す。圧縮指数は0.654、膨張指数は0.197であった。圧密圧力70kPa、250kPa、500kPaのカオリンの間隙比は2.55、1.534、1.350であった。加圧板法と蒸気圧法を用いた保水性試験結果を水分特性曲線

キーワード：水分特性曲線、サクシオン、カオリン、加圧板法、蒸気圧法

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

として図3、4、5に示す。圧密圧力の大きさに関わらず、飽和状態からサクシオンを載荷することで含水比が大きく低下するが、サクシオン0.01MPa～0.18MPaの範囲ではサクシオンに対する含水比の減少は小さくなっている。また、圧密圧力500kPaのカオリンの含水比が他の圧密圧力に比べ低いのは、初期間隙比が小さく、土構造が密な状態である点が影響していると考えられる。次に飽和カオリンに蒸気圧法で

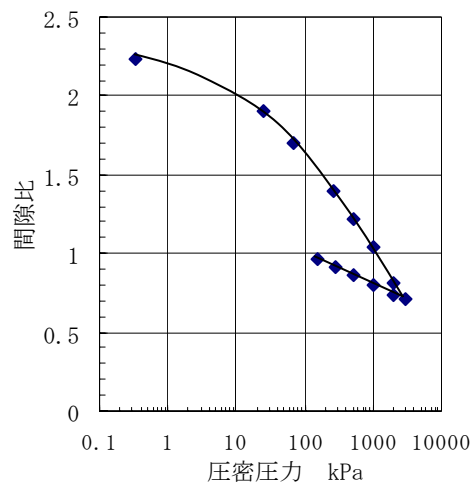


図2 圧縮曲線

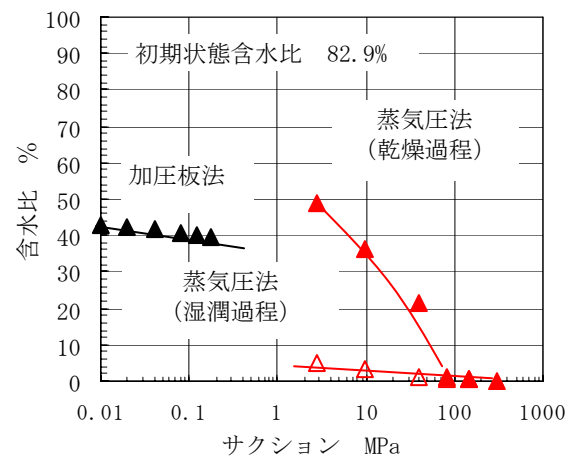


図3 水分特性曲線 (圧密圧力70kPa)

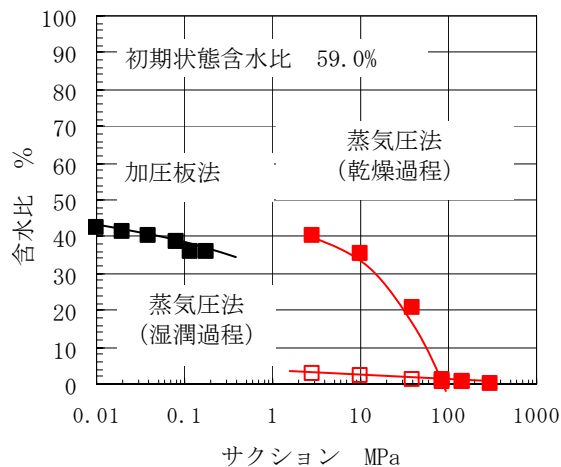


図4 水分特性曲線 (圧密圧力270kPa)

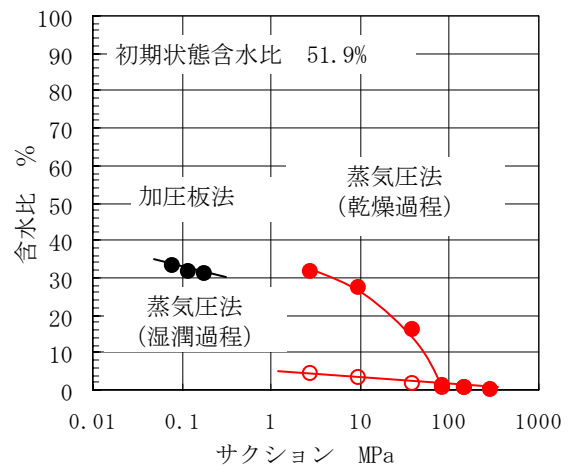


図5 水分特性曲線 (圧密圧力500kPa)

2.83MPa以上のサクシオンを載荷すると、2.83MPaから83.4MPaの間で含水比が1%程度まで低下している。このようなサクシオンと含水比の関係はカオリンの初期状態に関わらず見られた。さらにサクシオンを296MPaまで増加させても、カオリンは0.25%の含水比を示し、わずかな水分量が保持されている。その状態から、逆にサクシオンを低下すると、含水比が増えている。しかしサクシオンを2.83MPaまで戻したとしても、含水比は乾燥過程の含水比の値に比べて大きな差異がある。よって、乾燥過程と湿潤過程のサクシオンと含水比の関係にヒステリシスが見られた。高サクシオン領域での水分特性曲線の大きなヒステリシスは、関東ロームにも確認されている²⁾。含水比の値がサクシオン0.18MPaと2.83MPaでは、2.83MPaの場合に高くなっている。その理由は加圧板法と蒸気圧法の測定原理の違いが関係していると考えられる。Krahan and Fredlund³⁾は氷河堆積物の水分特性曲線を乾湿湿度計と加圧板法で測定し本実験と同様な結果を示している。

4 まとめ

圧密圧力が異なるカオリンの水分特性曲線をサクシオンの制御範囲に対応して2つの方法(加圧板法と蒸気圧法)を用いて測定した。飽和カオリンはサクシオン載荷を受けると大きな含水比低下を示すが、サクシオン0.18MPa付近では含水比の変化が小さい。高サクシオン領域の2.83MPaから83.4MPaの間で大きな含水比低下の結果1%程度まで減少した。また、水分特性曲線に大きなヒステリシスが見られた。

謝辞 平成19年度科学研究費補助金萌芽研究と平成20年度足利工業大学“学科内研究助成”の補助を得ました。ここに謝意を表します。**参考文献** 1) Nishimura, et al.: The shear strength behavior of a silty soil in the residual zone of unsaturation, The 12th IACMAG, pp. 2213-2221, 2008. 2) 藤島博英・西村友良: 高サクシオン領域における水分保持曲線, 第62回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, pp. 209-210, 2007. 3) Krahan, J. and Fredlund, D.G., On total matric suction and osmotic suction, Journal Soil Science, Vol. 114, No. 5, pp. 339-348, 1972.