

高サクション領域における水分保持曲線

足利工業大学 正会員 ○藤島博英

足利工業大学 正会員 西村友良

1 まえがき

不飽和地盤の工学的課題を評価するには、水分保持特性や不飽和透水係数が必要である。不飽和透水係数を直接的に計測する場合は高い測定技術とは別に計測時間の長期化を予測しなければならない。一方、間接的に得るには、水分保持特性が不可欠である。水分保持曲線はVGモデル¹⁾を代表とする数的モデル式などを使用し計算され、あわせて水分量やサクションが計測される²⁾。一般的に数的モデルには3ないし4つのパラメータが必要になる。そのパラメータの中で残留体積含水率(残留サクション時の体積含水率)は解析時に経験的背景から予測値が代入されることが多い。砂質土では容易に予測が出来ることも考えられるが、その一方で、細粒分含有率が高くなると残留サクションの増加とともに残留体積含水率は増大し、その予測が難しくなる。そこで直接、残留体積含水率を求めるのではなく、高サクション領域のサクションと含水比は直線関係と仮定した。そして本実験では粒度分布が異なる土を準備し、蒸気圧法の原理に従って高サクションを与え、水分量の変化から高サクション領域でのサクションと含水比の関係を求める。

2 試料と実験方法

本実験では図-1に示すような粒径加積曲線を有する土および関東ローム、木節粘土とケイ砂の混合土を用いた。土の含水比試験方法(JIS A 1203)に記載されている程度の試料質量ガラスシャーレに入れる。残存試料から初期含水比を求めておく。ガラスシャーレに納めた試料を写真-1のように中皿があるガラスデシケータに入れる。ガラスデシケータの底部には過飽和塩溶液が静置されており、ガラスデシケータをしっかりと密閉することで内部の湿度が過飽和塩溶液の種類と温度によって定まる。これを湿度定点³⁾と呼んでいる。一定湿度環境におかれた試料の間隙内では試料を取り巻く湿度に平衡するため、水分量に変化する。水分量の変化は試料の質量変化に等しいので、湿度との平衡後に含水比を求める。求められた含水比とサクションの関係を片対数座標(横軸:サクション、縦軸:含水比)にプロットして水分保持曲線を求める。過飽和塩溶液、湿度、サクション値の一覧は、土の保水性試験(JGS 0151-2000)の蒸気圧法に明記されている。

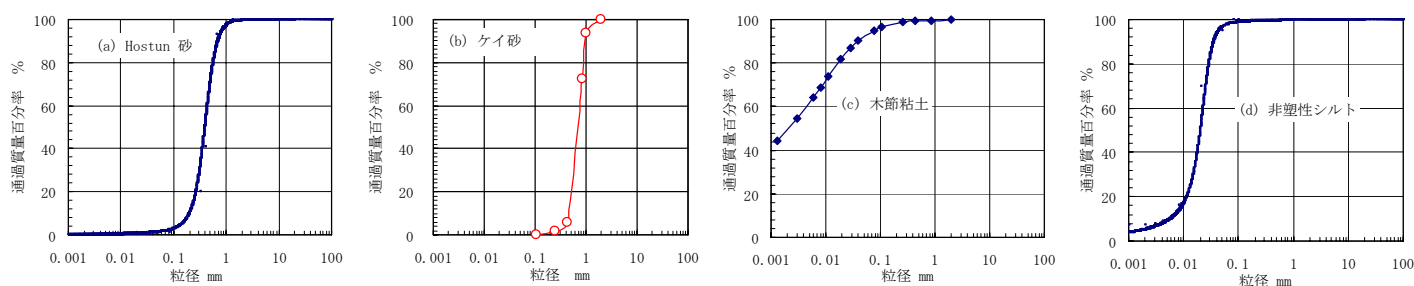


図-1 粒径加積曲線

3 実験結果

それぞれの土試料の高サクションに対する含水比の変化を図-2に示す。図中に“乾燥過程”と示されている結果はサクションを2830kPaから高めた場合の含水比の低下を示している。一方、“乾燥-湿潤過程”はサクションを296000kPaまで土試料にサクションを載荷した後に、継続してサクションを逆に2830kPaまで小さくした場合の含水比の変化を示している。サクションと含水比の関係では土試料の粒度分布が異なると含水比の値に違いが見られることがわかる。Hostun砂はサクションが296000kPaの時点で含水比が0%となっている。ところが非塑性シルト、関東ローム、木節粘土とケイ砂の混合土では、サクション296000kPaにおいても含水比は0%では

キーワード:水分保持曲線, 蒸気圧法, 高サクション /連絡先:栃木県足利市大前町268 TEL 0284-62-0605 tomo@ashitech.ac.jp

なく、間隙内に水分が保水されている。最も保水性が高く、水分が土中に残存しているのが、関東ロームであった。関東ロームは乾燥過程と湿潤過程ではサクシヨン－含水比関係に相違が明確であり、ヒステリシスが高い。一方木節粘土とケイ砂の混合土や非塑性シルトは乾燥過程と湿潤過程で大きな相違が測定されなかった。Fredlund and Xing (1994)⁴⁾の水分保持曲線の数学的モデル式では、 10^6 kPaのサクシヨンにおいて体積含水率を零と仮定をしているが、本実験で得られた結果では、その仮定が満足出来ない場合があることが示された。次に片対数座標上にプロットされたサクシヨンと含水比の関係を線形で表現出来るものと仮定し、それぞれの結果に対する直線の勾配を式(1)から求める。 α ：直線の勾配、 w ：含水比%， ψ ：サクシヨンkPa。

$$\alpha = \frac{w_b - w_a}{\log \psi_a - \log \psi_b} \quad (1)$$

得られた勾配の値を表－1にとりまとめる。結果から直線の傾き α が最も小さな値を示したのが、Hostun 砂であり、大きな値を示したのが、乾燥過程での関東ロームであった。直線の傾きから評価しても、関東ロームに高い保水性があることがわかる。

表－1 高サクシヨン領域における水分保持曲線の傾き (サクシヨン kPa：対数軸)

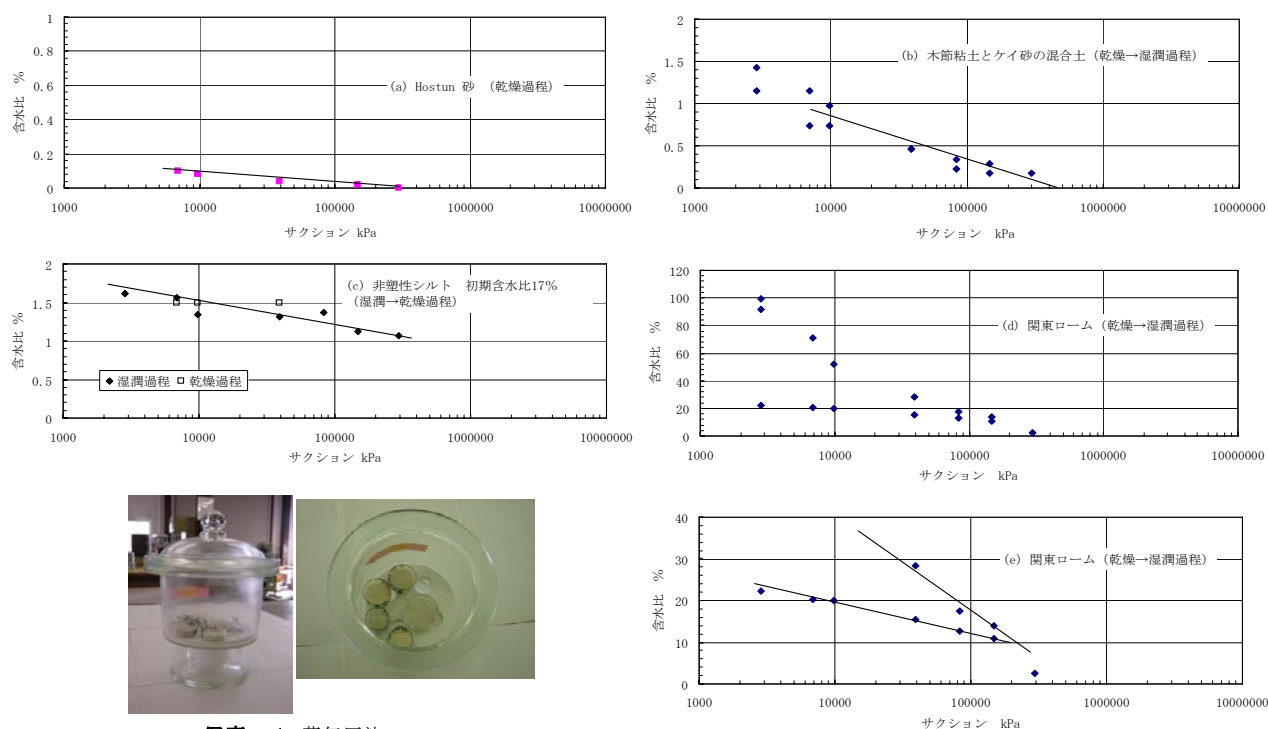
	Hostun 砂	木節粘土とケイ砂混合土	非塑性シルト	関東ローム (乾燥過程)	関東ローム (湿潤過程)
直線の勾配 α	0.058	0.49	0.28	24.03	7.58

4 まとめ

本実験では高サクシヨン領域における水分保持特性を蒸気圧法の原理に従って求めた。水分保持曲線やその傾きが土の粒度分布によって異なることが得られた。

謝辞 本研究に対し平成18年度 科学研究費補助金(基盤研究(A))・不飽和土の試験法・不飽和地盤の調査法の開発と不飽和土質力学の体系化(代表：北村良介)からの援助を得たことに謝辞を記す。

参考文献 1) van Genuchten, M.Th, A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, Soil Science Society of American Journal, 44, pp.892-898, 1980. 2) 竹下祐二, 森井俊広：土中水分計測データを用いた簡便な原位置試験方法による不飽和砂質土地盤工学会の飽和・不飽和透水係数の測定, 土木学会論文集, C, Vol.62, No.4, pp.813-839, 2006. 3) 上田政文：湿度と蒸発～基礎から計測まで～, コロナ社, pp.66-75, 2000. 4) Fredlund, D.G. and Xing, A.: Equations for the soil-water characteristic curve, Canadian Geotechnical Journal, 31, pp.521-532, 1994.



図－2 水分保持曲線



写真－1 蒸気圧法