

静的に締固めたDLクレーの水分特性曲線について

岐阜工業高等専門学校 正会員 吉村優治
岐阜工業高等専門学校 学生員 ○池本宏文
神戸大学 正会員 加藤正司

1. はじめに

水分特性曲線はヒステリシスをもち、水分を減少させる脱水過程と水分を増加させる吸水過程では異なった曲線を描く。本研究では、不飽和土の一斉試験でも使用された DL クレーの水分特性曲線のヒステリシスを確認し、不飽和土の力学試験用の供試体（一般には、所定の含水比に調節後、動的あるいは静的に締固めて作成する。）の水分特性を調べることを目的としている。

2. pF試験の概要

2.1 試料準備 気乾状態の DL クレー ($\rho_s=2.679\text{Mg/m}^3, w_L=NP$) を含水比調整して 2 日程度ねかせたものを、内部にフッ素樹脂加工を施した直径 50mm、高さ 300mm の鉄製の筒に入れ、スパーサーディスクにより高さ調整をして直径 50mm、高さ 120 ～ 170mm になるように静的に締固める。このとき任意の密度の設定が可能である。締固めた試料は乾燥を防ぐ処理をして数日間保管し、試験前に取り出す。

2.2 遠心法 取り出した試料を中央で 2 分し、刃先がついた容器(内径 24mm、高さ 40mm)に押し込み、端面を整形した後、下端を脱気水に浸し毛管飽和させる。その後、遠心機にセットして地盤工学会基準 (JGS T 151-1990) ¹⁾ に準じて遠心载荷を行う。この基準によれば、遠心法では $pF=2.0 \sim 4.2$ の範囲が測定可能とされているが、本研究では試験装置の性能が回転数 n で 70 ～ 5000rpm であるので、この pF 値の範囲は $pF=0.145\sim 3.853$ である。この方法から、脱水過程における水分特性曲線が求まる。

2.3 土柱法 取り出した 170mm の試料の両端面を 10mm ずつカットして直径 50mm、高さ 150mm の供試体を作成し、これを内径 50mm、長さ 2m のアクリルパイプの中でつなぎ合わせて土柱を作成する。この土柱の上端に乾燥を防ぐ処置を施し、下端を脱気水に浸して水分平衡状態とするために 1 週間程度吸水させる。 pF 値は自由水面の高さから次式により求める。

$$pF = \log_{10} hc \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 hc : 自由水面からの高さ (cmH₂O)

したがって、この方法による pF 値の範囲は $pF=0 \sim 2.301$ である。この方法から、吸水過程における水分特性曲線が求まる。

3. 試験結果と考察

一般に、水分特性曲線は pF 値と含水比 w あるいは体積含水率 θ との関係で表示されるが、一試料の密度一定の供試体について pF - 水分量曲線を描くのであれば、水分量に w 、 θ あるいは飽和度 S_r のいずれを指標に選んでもこれら相互間に次式に示す関係があるので、その形は類似したものになる。

$$\text{含水比} \quad w = \frac{\text{水の質量} m_w}{\text{土粒子の質量} m_s} \times 100(\%) \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{体積含水率} \quad \theta = \frac{\text{水分の体積} V_w}{\text{全体の体積} V} \times 100 = n \cdot S_r = w \cdot \frac{\rho_d}{\rho_w} (\%) \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{飽和度} \quad S_r = \frac{\text{水分の体積} V_w}{\text{間隙の体積} V_v} \times 100(\%) \quad \dots \dots \dots (4)$$

ここに、 n : 間隙率 (%), ρ_d : 土の乾燥密度 (kN/m³), ρ_w : 水の密度 (kN/m³)

pF はもともと水の移動の理論を確立するために提案されたものであり、 pF 値が等しければ水分移動はない。したがって、 w 、 θ 、 S_r は土中水の絶対量を表す物理量であるのに対して、 pF は土中水の質的特性を表す指標である。

異なる試料においては、また同一試料においても密度が異なれば水分特性曲線に差が表れることになる。図-1は、DL クレーを 2.1 と同じ方法で水分量を調整し、静的に締固めて乾燥密度 $\rho_d = 1.250, 1.330, 1.405\text{Mg/m}^3$ にした供試体のサクシオン su と水分量 ((a)含水比 w , (b)体積含水率 θ , (c)飽和度 S_r) の関係である。(a)図には ρ_d の影響はほとんど見られないことから、 pF - w 曲線により水分特性曲線を描くことで、同一の試料であれば供試体の乾燥密度が異なっても水分特性曲線は一つの曲線で表すことができるので便利である。したがって、本報では水分特性曲線は pF - w 曲線で示すことにする。なお、 pF との対応関係

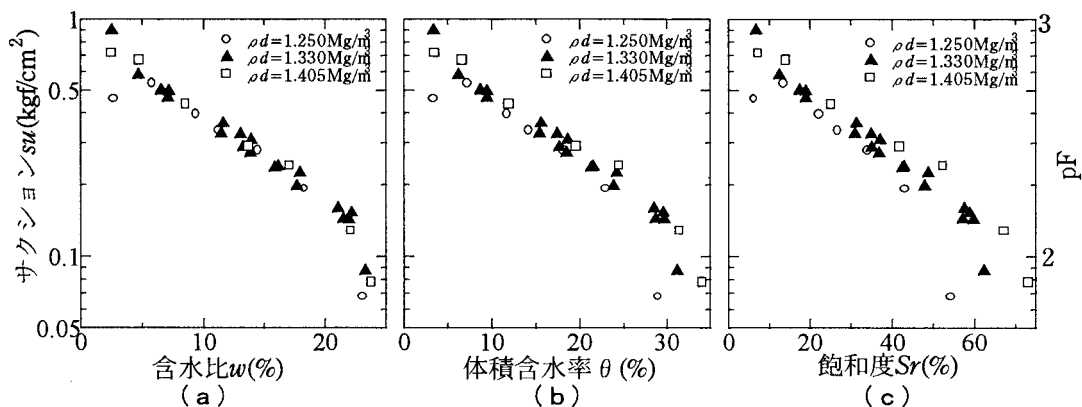


図-1 サクシヨンと水分量の関係

を明示するために、サクシヨン su には従来単位を使用している。

図-2は遠心法と土柱法により求められた水分特性曲線である。遠心法の供試体は、供試体作成時の含水比 $w_0=20\%$ 、乾燥密度 $\rho_d=1.250, 1.330, 1.405 \text{ Mg/m}^3$ の3種類であり、また $\rho_d=1.330 \text{ Mg/m}^3$ については $w_0=10\%$ の供試体も作成した。土柱法の供試体は、 $w_0=20\%$ 、 $\rho_d=1.330 \text{ Mg/m}^3$ である。水分特性曲線には、脱水過程である遠心法と吸水過程である土柱法に明瞭なヒステリシスが認められ、また遠心法の結果には、 w_0 、 ρ_d の影響は見られない。

図-3は図-2の pF 試験結果と併せて、図-1で示したサクシヨンの関係を示したものである。また、一斉試験²⁾で行われたように突固め (JGS T711-1990 A-b 法)³⁾によって締固めたものを成形して作成した供試体のサクシヨンもプロットしている。これらの水分特性はいずれも吸水過程である土柱法の結果に対応しており、これは阿部⁴⁾の報告とも一致している。したがって、最も一般的に不飽和土の研究で使用されている、所定の含水比に調節後、動的あるいは静的に締固めて作成した供試体は、水分特性曲線の吸水過程上のものであると言える。

4. おわりに

本研究により、 pF - 含水比 w 曲線により水分特性曲線を描くことで同一の試料であれば供試体の乾燥密度が異なっても水分特性曲線は一つの曲線で表すことができること、含水比調節して動的あるいは静的に締固めた供試体は水分特性曲線の吸水過程上のものであることが明らかになった。

参考文献：1) 地盤工学会：土質試験の方法と解説，pp.89～105,1990.3. 2) 阿部廣史・畠山正則：不飽和土の一斉軸・三軸圧縮試験の結果について，不飽和地盤の調査・設計・施工に関する諸問題シンポジウム発表論文集，土質工学会，pp.23～58,1993.1. 3) 前掲1) pp.201～214. 4) 阿部廣史：不飽和土の力学特性の評価手法に関する実験的研究，東京大学工学博士論文，pp.193～234,1994.12.

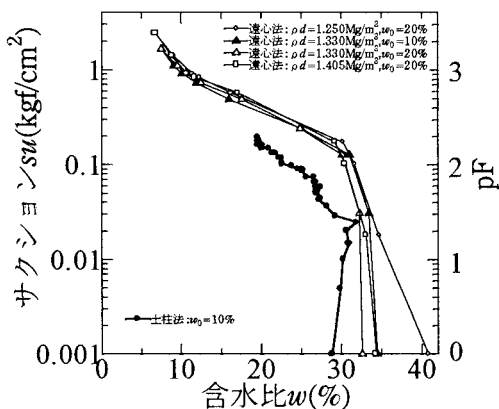
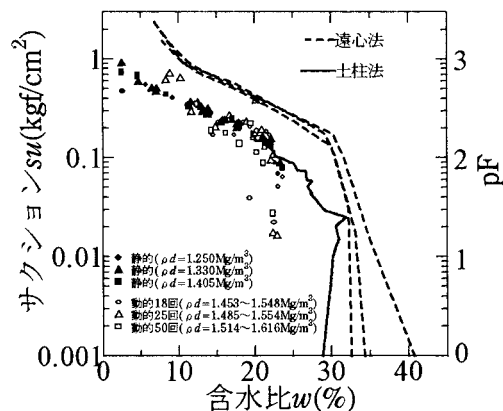
図-2 pF 試験結果

図-3 締固め供試体のサクシヨン