

III-531 遠心力場内での粘土の脱水挙動

福山大学 正会員 富田武満 田辺和康
倉敷市役所 正会員 ○畑本武治

1. はじめに

粘土粒子間における水の挙動は、工学的性質に直接的な影響を及ぼしているものと思われる。したがって、土-水系に関わる工学的指標も水分保持特性との関係で検討することが有効であるものと考えられる。前報までは遠心力場内における水分保持特性について2種の粘土鉱物を用いて比較検討を行った。その結果、このような粘性土試料は遠心法によると特に圧縮の影響による体積変化が顕著であることが認められた。また、粘土鉱物とその含有量が粘土の水分保持能に影響を及ぼしていることが判明した。本報では、この遠心脱水作用による体積変化状態を粘土鉱物とその含有量と関連させて、その現象を説明することを試みている。

2. 試料と実験方法

用いた試料は、活性粘土鉱物のモンモリロナイト（クニゲルV1）、不活性粘土鉱物のカオリナイト、ハロイサイトを選り、一次鉱物として豊浦標準砂（ $<74\mu\text{m}$ ）の4種を各種割合で配合したものを実験に供した。

実験方法として、水分保持特性は遠心分離法から求めた。その時の測定条件は、100rpm/minで所定の回転数まで上げていき、120分間連続脱水後に重量と圧縮量の測定を行った。そして、粘土の物理化学的性質と密接な関係にあるコンシステンシー限界と陽イオン交換容量について取りまとめを行い、水分保持特性と物理化学的性質との相関について重回帰分析を適用して検討を行った。

3. 結果と考察

（1）体積比率と飽和度の関係

体積変化のようすを明らかにするため、体積比率と飽和度の関係について検討を行った。体積比率の定義は $\theta = V/V_0 \times 100$ であり、初期体積を V_0 、圧縮されたときの体積を V として示す。桜井らは体積と含水量のパターンを図-1に示すような三分類について検討を行っている。I型では水分ポテンシャルの低下が試料中に空気が侵入してできる気液界面のメニスカスによって補償され、新たな平衡状態に至る。これに対してIII型では、脱水されることによって生じたポテンシャルを粒子同士の接近、マクロに言えば試料の体積変化で対応されると考えられる。II型は、この両機構が試料の種類と状態によって混在する場合であると述べている。このようなパターンは粒子の配向性とメニスカスの形成により対応する機構が問題であり、そのことは粘土鉱物の影響によって変化するものと考えられる。

図-2には、本結果で得られた体積比率と飽和度の関係を示している。図中のA線は $S_r = \theta$ で、 $\Delta S_r = \Delta \theta$ を示したものである。図-2（a）には、モンモリロナイト鉱物の割合量を変化させた場合の結果を示

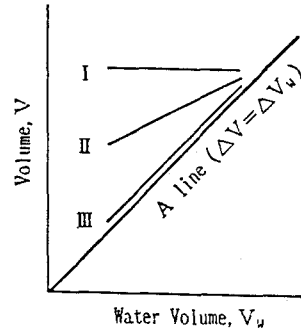


図-1 体積と含水量の関係の模式図

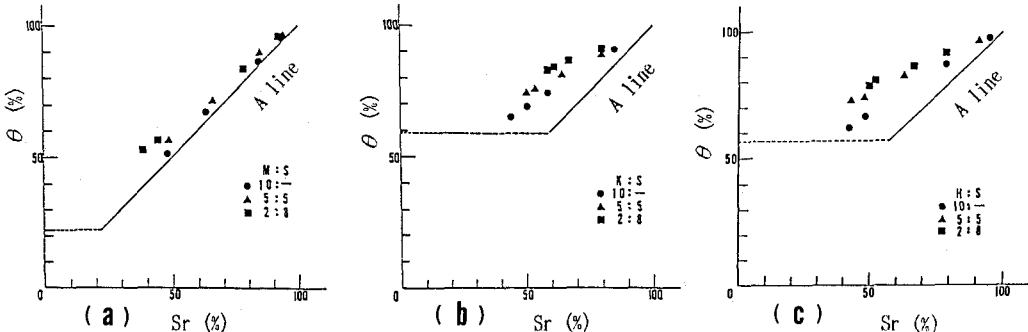


図-2 体積比率と飽和度の関係

しており、 $S_r = \theta$ を示すA線からほとんど離れず、シルトの配合割合が異なっても同様な傾向を示していることが判る。図-2（b）、（c）はカオリナイト鉱物とハロイサイト鉱物に対してシルトの配合量を変化させた場合の結果を示しており、シルトが増加するにつれて（b）、（c）ともに図-1のII型の挙動を示している。そしてA線から離れるにつれてI型へと体積比率と飽和度の関係は変わる。図-2の結果より、モンモリロナイトを含む試料は粒子の配向構造とメニスカスの形成が対応関係にあり正規の状態に変化を示し、カオリナイト族の（b）（c）は土粒子が接近し密度が増大して $\Delta S_r > \Delta \theta$ の傾向が強くなるものと考えられる。つまり、遠心力によって各粘土鉱物の粒子の配向性が異なることが予想される。そして、土中水のポテンシャルエネルギーに左右されることにより、それ

衡条件が異なり体積変化に影響を与えるものと思われる。

(2) 体積比率と乾燥密度とpFの関係

図-3には、体積の変化によってpF値を考える場合、体積比率(θ)と乾燥密度(ρ_d)とpFの値との関係で整理したものである。これより、pFの値が大きくなると ρ_d が大きくなると同時に θ の値は小さくなる傾向を示していることがこれらの図から判り、 ρ_d がpF値にかなりの影響を及ぼしていることが理解できる。そして、粘土鉱物とその含有量の影響について見ると、図-3(a)ではモンモリロナイトの含有量が減少することによって ρ_d の変動は大きくなり、図-3(b)、(c)のカオリナイト族の場合は含有量が減少すると逆に ρ_d の変動は小さな傾向を示している。pF包絡線の形態は ρ_d の変動の大小に影響をされているものと思われる。

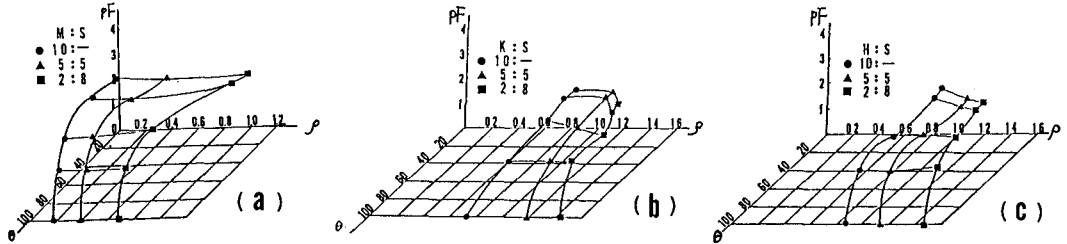


図-3 体積比率と乾燥密度とpF

(3) 重回帰分析による検討

pFの値と物理化学的性質の相関について重回帰分析を行い、pF 2.0（液性限界付近）とpF 4.0（塑性限界付近）を支配している変数の組み合わせを決定した。変数の選択は総当たり法を用いた。分析に用いた説明変数(X)と従属変数(Y)を表-1に示す。

表-1 重回帰における独立変数(X)と説明変数(Y)

X_1 : 液性限界(LL) (%)
X_2 : 塑性限界(PL) (%)
X_3 : 陽イオン交換容量(CEC) (meq/100g)
X_4 : pF 2.0の時の飽和度(Sr_2) (%)
X_5 : pF 4.0の時の飽和度(Sr_4) (%)
X_6 : pF 2.0の時の体積比率(θ_2) (%)
X_7 : pF 4.0の時の体積比率(θ_4) (%)
X_8 : pF 2.0の時の乾燥密度(ρ_2) (g/cm ³)
X_9 : pF 4.0の時の乾燥密度(ρ_4) (g/cm ³)
Y_1 : pF 2.0の時の含水比(ω_2) (%)
Y_2 : pF 4.0の時の含水比(ω_4) (%)

各ステップにおける寄与率が高いのでF値により検討した結果を表-2に取りまとめて示す。モンモリロナイトを含む試料ではLLと ρ_d によって説明できる。また、カオリナイト試料ではLLとPLによって説明できることを示している。

表-2 pF 2, pF 4の含水比の重回帰式

モンモリロナイト試料				
重回帰式	重相関係数	寄与率	F値	標準化した重回帰式
$Y_1 = 0.91X_1 - 65.01X_8 + 61.11$	0.9973	0.9947	1400.44	$Y_1 = 0.88X_1 - 0.13X_8$
$Y_2 = 1.20X_1 + 137.92X_9 - 238.44$	0.9783	0.9570	167.05	$Y_2 = 1.48X_1 + 0.54X_9$
カオリナイト族試料				
重回帰式	重相関係数	寄与率	F値	標準化した重回帰式
$Y_1 = 0.95X_1 - 0.41$	0.9949	0.9899	979.23	$Y_1 = 0.99X_1$
$Y_2 = 0.88X_1 + 1.09X_2 + 11.55$	0.9936	0.9872	346.66	$Y_2 = 1.50X_1 - 0.53X_2$

4. おわりに

遠心力場内での体積変化の現象とpF値の支配因子について得られた結果は次の通りである。

- 1) 粘土鉱物とその含有量によって体積変化が異なる。
- 2) 粘土鉱物の配向性が土中水のポテンシャルエネルギーに左右される。
- 3) pF包絡線の形態は乾燥密度と密接な関係にある。
- 4) pF値を支配している変数の組み合わせを重回帰分析により求めた結果、コンシステンシー特性と乾燥密度により説明できることを示している。