

有明粘土の圧縮過程における間隙径分布の変化

佐賀大学 学○ 川崎 裕子 同 学 山寺 彰
同 正 三浦 哲彦

1.まえがき 佐賀平野にはセメンテーションが発達した海成の有明粘土が堆積している¹⁾。有明粘土は乱されると強度が著しく低下し、圧縮性が小さくなる等の変化を生じる。これは粘性土の力学特性が土構造の変化に影響されていることを示唆するものである。本報では圧縮過程における不攪乱粘土及び再圧密した粘土の間隙径分布を明らかにし、有明粘土の圧縮特性に及ぼす粘性土構造の影響について考察した。

2.実験方法 試料は佐賀郡芦刈町より採取した有明粘土($\rho_s = 2.67 \text{ g/cm}^3$, $w_n = 150\%$, $w_L = 110\%$, $I_P = 70\%$)を用いた。再圧密粘土は十分練返した粘土をモールドに詰め、一次圧密が終了するまで $\sigma'_v = 9.8 \text{ kPa}$ を载荷して作製した。間隙径分布は、ひずみ制御型圧密試験(ひずみ速度 $0.025\%/min$)によって図-1に示す所定の応力まで圧縮し凍結乾燥させた粘土を水銀圧入式ポロシメーター装置(圧力: $0 \sim 225.6 \text{ MPa}$, 間隙直径: $400 \sim 0.0064 \mu\text{m}$)で測定した。間隙径(d)は次式から算出した。 $pd = -4 \gamma \cos \theta$ (ここで p は圧入圧力, γ は水銀の表面張力で 480 dyn/cm , θ は水銀と試料の接触角で 140 deg を示す。)

3.間隙径分布の変化 図-2に不攪乱粘土と再圧密粘土の累積間隙曲線を示す。曲線の傾きが大きいほどその間隙径近傍の間隙が多く存在することを意味する。初期状態において不攪乱粘土では $10 \mu\text{m}$ 径付近の間隙が多く分布しているのに対し、再圧密粘土では $0.5 \mu\text{m}$ 径と $10 \mu\text{m}$ 径付近の間隙が多く分布していることがわかる。再圧密粘土の分布特性は作製時の圧力付加と圧力除去に伴う膨潤の影響を示していると考えられる。その後圧縮の進行に伴って両試料の間隙は $1 \mu\text{m}$ 径付近に多く分布してくるが、 $0.04 \mu\text{m}$ 径以下では全ての累積間隙曲線は一致してくる。図-3は表-1²⁾に示す間隙の分類に基づき不攪乱粘土の圧縮過程における各間隙容積の変化を表している。同図よりマイクロポアBとサブマイクロポアの間隙容積はほとんど変化せず、間隙容積の減少はマクロポア

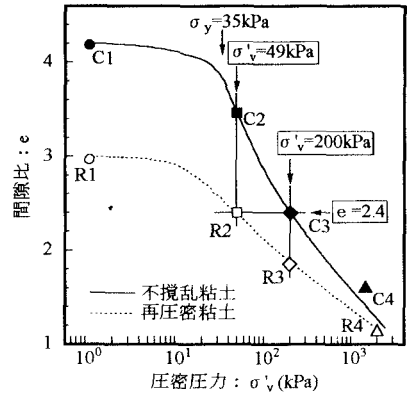


図-1. 有明粘土の e - $\log \sigma'_v$ 関係

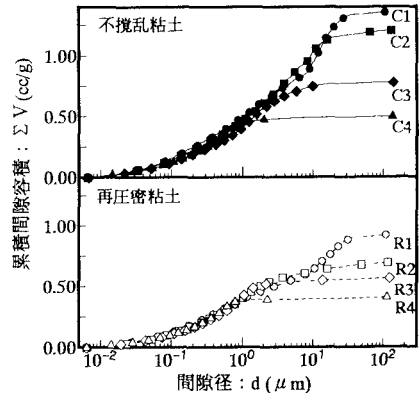


図-2. 有明粘土の累積間隙曲線

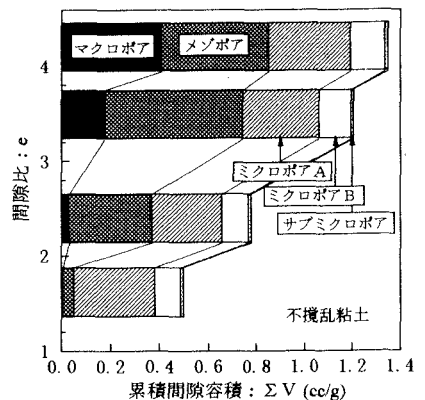


図-3. 圧縮過程における間隙容積の変化

表-1. 間隙の分類²⁾ (一部修正)

間隙名	範囲
マクロポア	$>10 \mu\text{m}$
メゾポア	$1 \sim 10 \mu\text{m}$
マイクロポアA	$0.1 \sim 1 \mu\text{m}$
マイクロポアB	$0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$
サブマイクロポア	$<0.01 \mu\text{m}$

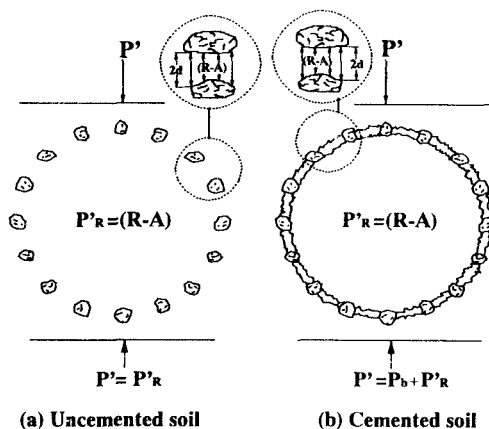


図-4. 粘性土構造のモデル (Nagarajら³⁾)

とメゾポアの変化で占められているのがわかる。その変化は大きな間隙径から順に生じ、減少量の一部分が次の大きさの間隙径に加算される様子がみられる。これと同じ傾向は再圧密粘土においても認められた。以上のことから有明粘土の圧縮挙動には主に間隙径が $1 \mu\text{m}$ 以上の間隙量の変化が関与していることが明らかになった。

4. 粘性土構造の考察 Nagaraj ら³⁾ は粘性土のマイクロ構造を土粒子の集合体(クラスター)とセメンテーションを用いることで図-4のように説明している。これは粘性土のマクロポアがクラスターによって形成され、不攪乱粘土の構造においてはクラスター間にセメンテーションが発達しているという概念である。図-5は不攪乱粘土と再圧密粘土の間隙比(e)と透水係数(k)の関係を示しているが、同一間隙比における透水係数は両試料とも同じオーダーを示し、 e - $\log k$ は圧力に依存しないことが認められている。これは圧縮過程における不攪乱粘土と再圧密粘土が同じマクロ構造であることを示唆している。図-6は同一間隙比($e = 2.4$)及び圧密圧力下($\sigma'_v = 49,200 \text{ kPa}$)における不攪乱粘土と再圧密粘土の累積間隙曲線を全間隙量で正規化して表している。同図より同一間隙比における両者の累積間隙曲線はほぼ一致していることがわかる。また同一圧密圧力下では不攪乱粘土が再圧密粘土より大きな間隙径を含んで分布しており、圧密圧力の増加に伴って再圧密粘土の分布に近づいてくるのがわかる。このことは不攪乱粘土と再圧密粘土の圧縮性の違いが間隙よりもむしろ間隙を構成する土の骨格構造に依存していることを示唆しており、不攪乱粘土の圧縮性にはセメンテーションの影響が大きいと考えられる。

5. 結論 (1)有明粘土の圧縮挙動は主にマクロポアとメゾポアの変化に影響される。(2)不攪乱粘土と再圧密粘土の e - $\log k$ がほぼ一致することから両者は同じマクロ構造を有していると推測される。(3)不攪乱粘土と再圧密粘土の圧縮特性の違いは土の骨格構造に依存するものと考えられる。

謝辞 間隙径分布の測定は九州工業技術研究所の井上耕三先生に装置の貸与及び実験の御指導をいただきました。記して感謝の意を表します。

(参考文献) 1) 赤峰剛徳・山寺彰・三浦哲彦: 塩分溶脱を伴う海成粘土の圧縮性に関する考察; 第31回地盤工学研究発表会講演概要集, pp.595-596, 1996. 2) 松尾新一郎・嘉門雅史: 粘土の構造に関する用語について; 土と基礎, Vol.24, No.1, pp.59-64, 1976. 3) T.S.Nagaraj, B.R.Srinivasa Murthy and A.Vatsusala: Analysis and Prediction of Soil Behaviour; Wiley Eastern Limited.

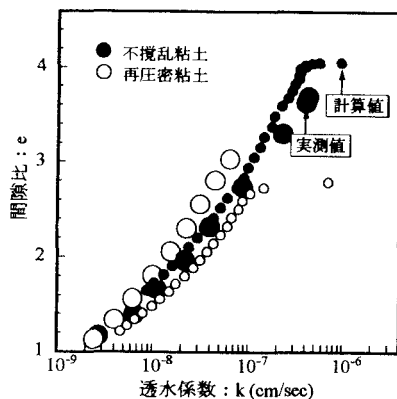


図-5. 有明粘土の e - $\log k$ 関係

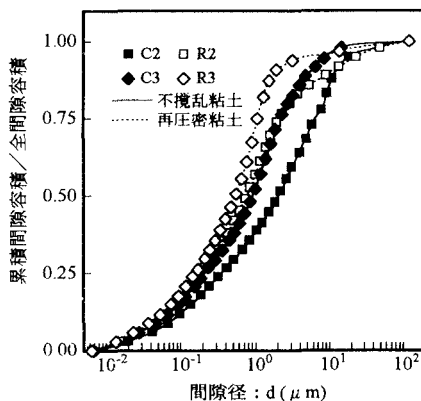


図-6. 不攪乱粘土と再圧密粘土の累積間隙曲線の比較