

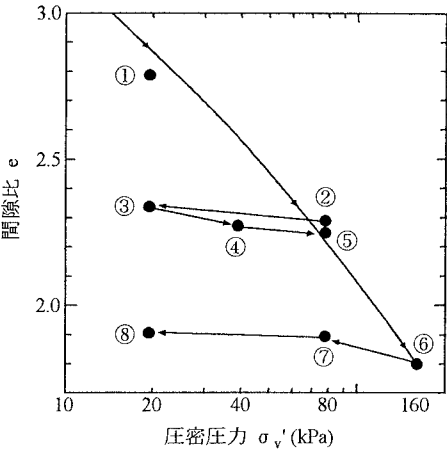
海成粘土の圧密・せん断過程における土構造の変化について

佐賀大学 学 ○山岡 博
佐賀大学 学 山寺 彰
佐賀大学 正 三浦 哲彦

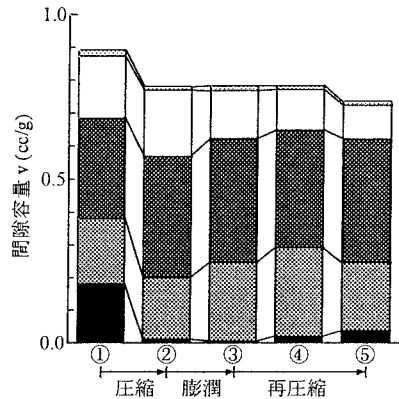
1. まえがき 粘土の力学的性質に占める構造の影響は大きいことが知られている。本研究グループでは、粘土の構造を知るための一手法として間隙径分布を測定した¹⁾。本文では土の圧密における膨潤・再圧縮過程、およびせん断過程における間隙径分布を測定し、その構造特性の変化について検討する。

2. 実験方法 実験には、有明粘土(試料1: $\rho_s=2.67\text{g/cm}^3, w_n=13.6.3\sim153.4\%, w_L=114.5\%, I_p=69.8$ 、試料2: $\rho_s=2.56\text{g/cm}^3, w_n=150.7\sim191.8\%, w_L=142.1\%, I_p=96.4$)を用いた。十分に練り返した粘土をモールドに詰め、 $\sigma_v'=9.8\text{kPa}$ 载荷の下で一次圧密を終了させ再圧密試料を作製した。試料1は標準圧密試験機、試料2は一軸圧縮試験機と三軸圧縮試験機(圧密圧力: 296kPa)を用いて、それぞれ所定の状態まで圧縮及びせん断した後、供試体の中央部分を切り取って凍結乾燥を施した。各試料の間隙径分布は、水銀圧入式ポロシメータ装置(圧力: $0\sim225.6\text{MPa}$ 、間隙直径: $400\sim0.0064\mu\text{m}$)を用いて測定した。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 480dyn/cm 、 θ は水銀と試料の接触角で 140deg を示す)。測定した間隙径を表一により分類し、以下に結果及び考察を行う。

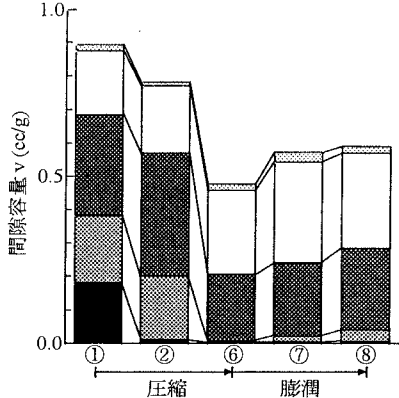
3. 圧密過程の間隙径分布の変化 図一は試料1の圧縮、膨潤及び再圧縮過程を、図二(a)と(b)には図一の各状態における間隙径分布の変化をそれぞれ示している。膨潤過程における間隙径分布の変化に着目すると、先行圧密の大小に関わらず、膨潤の初期時に形成された間隙径の分布がその後の膨潤過程において維持され、全間隙容量の増分は大きな間隙径の容積変化に依存していることが観察される。一方、再圧縮による間隙径分布の変化では、間隙比の低下によらず大きな間隙径の容積が増加しており、正規圧密状態での変化とは異なる傾向が見られた。Nagarajら²⁾は土の構造モデルを土粒子の集合体(クラスター)を用いて説明している(クラスター内部の間隙径を $0.2\mu\text{m}$ 以下、クラスター間の間隙径を $0.2\sim3\mu\text{m}$ 、数個のクラスターで形成される間隙径を $3\mu\text{m}$ 以上と仮定



図一 再圧密試料の $e-\log \sigma_v'$ 曲線



図二 (a) 圧密過程における間隙径分布の変化



図二 (b) 圧密過程における間隙径分布の変化

表一 間隙径の分類³⁾ (一部加筆)

表示色	名称	直径範囲
■	マクロポア	$>10\mu\text{m}$
▨	メソポア	$1\sim10\mu\text{m}$
▩	ミクロポアA	$0.1\sim1\mu\text{m}$
□	ミクロポアB	$0.01\sim0.1\mu\text{m}$
▤	サブミクロポア	$>0.01\mu\text{m}$

する)。ここで一連の実験結果より、粘性土の構造特性をクラスターの概念を用いて考察すると次のようになる。圧縮によってクラスター間は接近しクラスターの配置は変化する。ある圧力下でクラスター同士の凝集が生じ、新たなクラスターを形成する。過圧密状態では、膨潤・再圧縮過程を通してクラスターの再配列のみが生じる。また、圧密過程では一貫して、クラスターの分離は生じないものと推定できる。

4. せん断過程の間隙径分布の変化 図-3に乱さない試料2の一軸および三軸圧縮試験より求めた応力～ひずみ曲線を示す。同図の各せん断過程における間隙径分布の変化は図-4、5に示している。一軸圧縮試験の場合、ひずみの進行に伴う全間隙容量の変化はせん断応力の変化と対応しており、ピーク強度時には供試体中央部にせん断面が発生するために、全間隙容量は最大値を示している。また一連のせん断過程における間隙径容積の変化はメゾポア以上で生じており、クラスターの配置が変化しているものと推定される。一方、三軸圧縮過程における全間隙容量の変化は、一軸圧縮過程の場合と逆の傾向が現れ、ピーク強度時に最小値を示しているのがわかる。これは供試体内部の間隙水がせん断過程の進行に伴って移動していく現象⁹⁾を反映している。また、ひずみの進行に伴ってミクロポアBの間隙容積が減少してくるのがわかる。これはクラスター内部の間隙容積の変化を意味しており、せん断による強制的な力によって、クラスター自身の分離やそれに伴う土粒子の配向構造に影響を及ぼしているものと推測される。

5. まとめ (1)膨潤・再圧縮過程での全間隙容量の増分は大きな間隙径の容積変化に依存する。(2)過圧密状態ではクラスターの再配列のみが生じる。(3)拘束圧のあるせん断ではクラスター内部の構造にも影響を及ぼす。

謝辞 本実験を行うにあたり、九州工業技術研究所の井上耕三先生には水銀圧入型ポロシメーター装置を使用させていただき、懇切丁寧なご指導を賜りました。記して感謝の意を表します。

参考文献 1)川崎、山寺、三浦：有明粘土の圧縮過程における間隙径分布の変化、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.442-443,1997. 2)Nagaraj et al.:Analysis and Prediction of Soil Behaviour,Wiley Eastern Limited,pp.181-207,1994. 3)松尾、嘉門：粘土の構造に関する用語について、土と基礎、No.1,pp.59-64,1976. 4)原、上原、又吉：正規圧密粘土の非排水せん断供試体内部の含水比分布について、土木学会第51回年次学術講演会講演概要集、pp.104-105,1996.

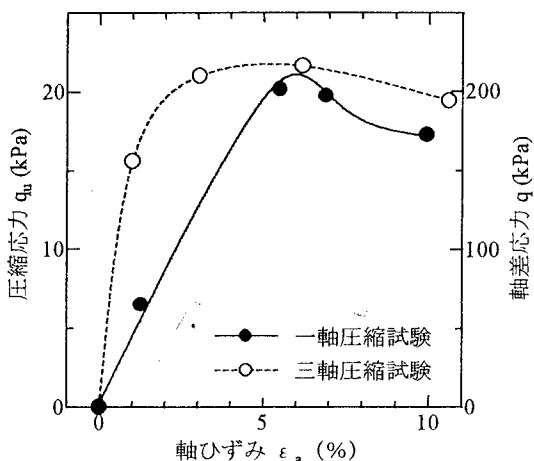


図-3 乱さない試料の応力とひずみの関係

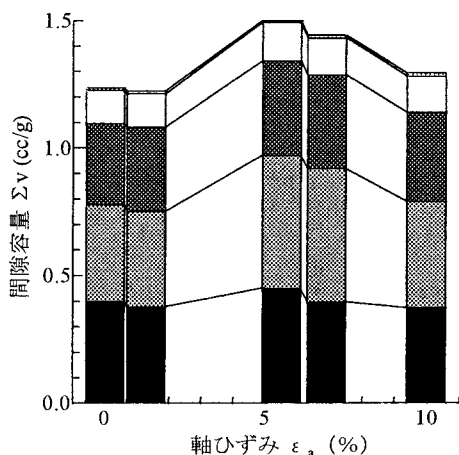


図-4 一軸圧縮試験における間隙径分布の変化

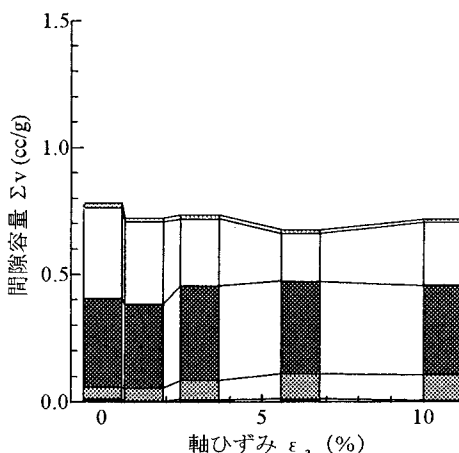


図-5 三軸圧縮試験における間隙径分布の変化