

二次圧密による粘土の微視的構造の変化

Variation of Microstructure with Secondary Consolidation Proceeding for Marine Clay

金山 素平* 赤司 将高** 東 孝寛* 大坪 政美* 中野 晶子**
Kanayama.M*, Akashi.M**, Higashi.T*, Ohtsubo.M* and Nakano.A**

1. はじめに

全国有数の農業地帯として知られている有明海沿岸低平地帯には、軟弱粘土地盤上に建設された海岸堤防や道路などの盛土構造物は建設途中や建設後において大きな沈下が観測されている。また、軟弱粘土地盤において、過剰間隙水圧が消散した後も土層の圧密が続く、二次圧密とよばれる現象が起こる。二次圧密の起こる機構は複雑であり、新しい荷重下での土粒子の塑性的再配列、土粒子間結合力の破壊、土粒子自身の進行性破壊などで説明されているが詳しい報告は少ない。地盤を構成する土粒子および間隙の微視的な挙動（移動・閉塞）が集積した結果、地盤の巨視的な挙動（圧縮・変形）として現れることから、土の工学的挙動を理解する上で、土粒子および間隙分布の微視的構造の解析が重要となる。

本研究では、海成粘土を用いて段階載荷による一次元圧密試験を行い、圧密定数および二次圧密速度について検討した。さらに、走査型電子顕微鏡（SEM）と水銀圧入型ポロシメータを用いて試料の微視的構造を観察し、有効応力一定条件における間隙構造の微視的变化と圧縮性や二次圧密速度との関係について実験的に検討した。

2. 試料および試験方法

有明干拓地（佐賀県杵島郡白石町）の表層部から採取した練返し有明粘土を用いて段階載荷による圧密試験を行った。最大の圧密圧力を 314 kN/m^2 とし、 314 kN/m^2 においては載荷後の経過時間を 1 日、1 週間、2 週間、3 週間、4 週間、5 週間の 6 つに分け、試料の圧縮性と二次圧密速度について検討した。試料の含水比は液性指数 0.8 となるよう調整した。また、水銀圧入型ポロシメータと走査型電子顕微鏡（SEM）を使用して、試料の間隙径分布および微視的構造の変化について検討した。なお、試料の乾燥に際しては、試料固有の構造に影響を及ぼさない凍結真空乾燥法を用いた。

3. 試験結果および考察

Photo.1 は最大圧密圧力載荷後、1 日、1 週間、3 週間、5 週間の試料の SEM 観察画像である。全試料において多量の珪藻類の存在が確認されたことから、試料土は軟弱粘土の特徴を有している。また、幾つかの試料の画像では大きな空隙が確認されたが、試料作製時の破断面に形成されたクラックと考えられる。載荷後 1 日と 1 週間の観察画像では間隙径 $3\sim 5\mu\text{m}$ の間隙が均一に分

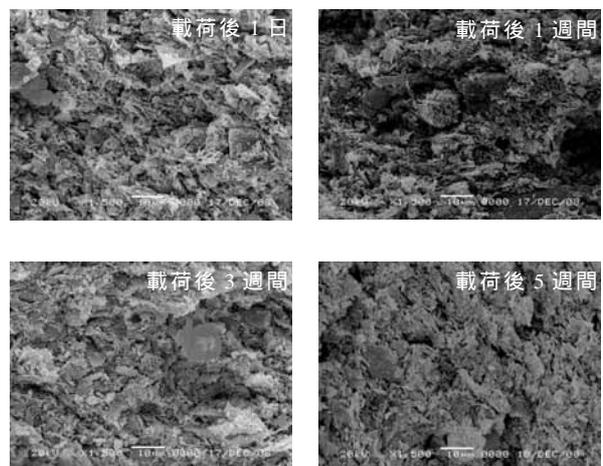


Photo.1 Photograph of samples by using SEM

*九州大学大学院農学研究院, **九州大学大学院生物資源環境科学府

* Faculty of Agriculture, Kyushu University, ** Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University
キ-ワ-ド: 二次圧密速度, 間隙径分布, 微視的構造

布しており，間隙径の大きさに関して差は見られない．载荷後 3 週間の観察画像では载荷後 1 日，1 週間の観察画像より明らかに土粒子間の間隔が狭まり，密になっている．载荷後 5 週間の観察画像では，ほとんどの間隙径が $1\mu\text{m}$ 以下であり，間隙径 $3\sim 5\mu\text{m}$ の間隙は確認できない．このことから，二次圧密の進行に伴い，間隙径が小さくなり観察表面が密となっていく傾向にあると判断できる．

Fig.1 は，間隙径の増分に対する水銀の圧入容積の増分の比 $dV/d\log d_p$ を間隙径 d_p に対して示した間隙径分布図である．図から $dV/d\log d_p$ 値は d_p に対して上に凸の曲線形状を示すことが分かる．ここで， $dV/d\log d_p$ 値の最大値に相当する間隙径を試料内に最も多く占める最多間隙径 d_m と定義する．圧密圧力载荷後の経過時間が大きくなるに従い， d_m は小さくなっていく傾向にあることがわかる．Fig.1 から求めた各試料の最多間隙径 d_m と圧密試験から求まる二次圧密

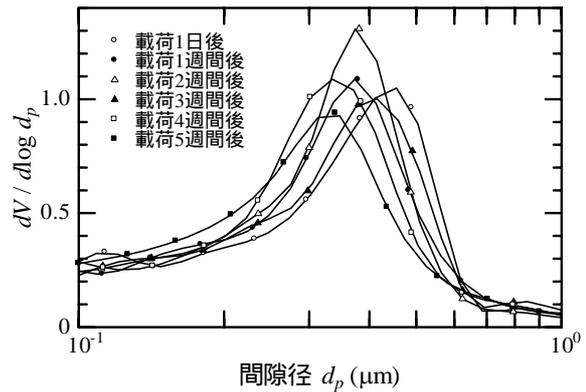


Fig.1 Pore size distribution of samples

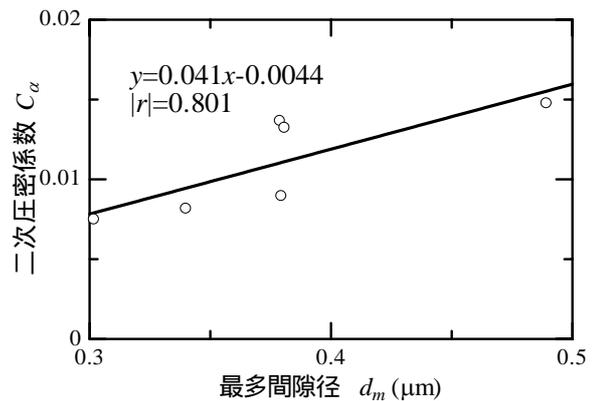


Fig.2 Relationship between d_m and C_α

係数 C_α ($=\Delta e/\Delta \log t$, e : 間隙比, t : 経過時間) の関係を表したものが Fig.2 である．直線は最小二乗法から求めたもので，相関係数は 0.8 である． d_m が小さくなると C_α も小さくなる傾向にあることがわかる．このことから，粘土中に存在する最多間隙径の大きさによって，二次圧密係数（二次圧密速度）が異なることが示唆される．

4. まとめ

本研究は，有明粘土を用いて段階载荷圧密試験を行い，载荷後の経過時間を変え，圧密定数および二次圧密速度について実験的に検討した．さらに，得られた圧密試験結果を基に水銀圧入型ポロシメータと走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて試料の微視的構造を観察し，载荷後の経過時間に起因する間隙構造の変化と圧縮性や二次圧密速度との関係について検討した．その結果，二次圧密の影響によって，試料中に最も多く存在する最多間隙径 d_m が減少することがわかった．また， d_m と二次圧密係数 C_α の関係において正の相関関係が認められたことから，粘土中に存在する最多間隙径の大きさによって，二次圧密係数（二次圧密速度）が異なることを確認した．

謝辞 本研究は，日本学術振興会科学研究費補助金（若手研究(B)，課題番号 18780184）の補助を受けました．また，ポロシメータと SEM の使用を快諾し，指導していただいた（独）港湾空港技術研究所の主任研究官田中政典氏に厚く御礼申し上げます．

参考文献 Delage, P. and Lefebvre, G. (1984): Study of the structure of a sensitive Champlain clay and of its evolution during consolidation, *Canadian Geotechnical Journal*, 21, 21-35., Fred J. Griffiths and Ramesh C. Joshi (1991): Change in pore size distribution owing to secondary consolidation of clays, *Canadian Geotechnical Journal*, 28, 20-24., 金山 素平, 大平 剛士, 小川 靖弘, 東 孝寛, 大坪 政美, 中野 晶子 (2009): 圧密による砂 - 粘土混合土の微視的構造の変化, *粘土科学*, 48 (1), 印刷中.