

沈降・堆積過程を経た粘性土の微視的構造について

中央大学大学院 学生員 ○石井嘉一
 港湾空港技術研究所 正会員 姜 敏秀
 港湾空港技術研究所 正会員 渡部要一
 中央大学 正会員 斎藤邦夫
 五洋建設 正会員 椎名貴彦

1.はじめに

自然に堆積した粘土地盤は、粘土粒子がフロックを形成して沈降・堆積した後、長い年月をかけて圧密が進行して形成されたものである。この際に生じる二次圧密やセメンテーションなどの年代効果を再現するために、海成粘土スラリーを高温下で再圧密し、自然堆積粘土の力学的特性に近づける方法が提案されている。また、一般に再構成試料は液性限界の2倍程度のスラリー状から再圧密が行われ作製される。これらは、共に自然堆積粘土とは異なり、沈降・堆積過程を経ずに作製された試料である。そこで本研究では、沈降・堆積過程の有無が骨格構造の形成に与える影響について微視的に観察し、その特性を評価することを試みる。沈降・堆積過程を経た試料としては超高含水比状態(懸濁液)から円筒容器内で沈降・圧密させたもの²⁾を用い、沈降・堆積過程を経ない試料としては高含水比状態(スラリー)で練り返し・圧密させたものを用いた。微視的構造の観察には、走査型電子顕微鏡(以下 SEM と呼ぶ)による画像観察と水銀圧入型ポロシメーター(以下 MIP と呼ぶ)による間隙径分布の測定を行った。

2. 試験方法

本研究では、大阪湾泉州沖から採取された沖積粘土(G.L.-15m~-19m)を 75 μm のふるいによって粗粒分を取り除き、粒度調整して試験に用いた。粒度調整試料の物理特性を表-1 に示す。

表-1 試料の物理特性

土粒子 の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	調整後の粒度			コンシステンシー特性		
	粘土分(%) 5μm未満	シルト分(%) 5~75μm	砂分(%) 75μm~2mm	液性限界(%) w_L	塑性限界(%) w_p	塑性指数 I_p
2.68	43.6	56.4	0.0	75.1	32.0	43.1

超高含水比状態からの沈降を経て堆積

した試料(以下、沈降・堆積試料と呼ぶ)は、以下に示す手順で作製した。始めに、試料を初期含水比 3000、2000、1000% に調整し、さらに塩化ナトリウム(NaCl)を加えて塩分濃度を海水と同じ 3.3% にした。次に、試料を沈降容器に移し、十分に攪拌した状態を沈降開始とした。沈降に用いた容器は、内径 10cm、高さ 180cm の円筒容器である。SEM 観察や MIP による測定に用いる試料とするために、直接おもりを載荷して予備圧密を行った。圧密圧力は荷重増分比が $\Delta P/P=1$ となるようにし、19.6kPa までとした。その後、圧密試験機を使い荷重増分比を $\Delta P/P=1$ として 9.8kPa から 39.2kPa までの計 3 段階で載荷した。

スラリー状態で練り返した試料(以下、練り返し試料と呼ぶ)の作製手順は次の通りである。まず、3.3% の塩化ナトリウム水溶液により試料の含水比を液性限界の 2 倍 ($w_0=151\%$) に調整した状態で練り返した。直径 8cm・高さ 38cm のアクリル円筒容器に詰め、ピストンを介して空気圧により両面排水条件で予備圧密を行った。圧密圧力は沈降・堆積試料と同様に 19.6kPa までとした。予備圧密終了後は、沈降・堆積試料と同様に圧密試験機を使った圧密を行った。

SEM 観察や MIP による測定を行うために試料を液体窒素(-196℃)で瞬間凍結させた後、-10℃の真空下で氷を昇華させ乾燥させる真空凍結乾燥法を用いた³⁾。

3.実験結果

3.1 試料の状態

沈降・堆積試料は、予備圧密終了後に初期含水比 $w_0=3000$ 、2000、1000% のケースで、それぞれ試料高さ $H_0=7.0\text{cm}$ 、10.0cm、20.8cm まで圧密が進行した。図-1 は、試料を 2.5cm ずつに最下部から分割して計測した含水比の深度分布を示している。縦軸は堆積上面からの深度 Z を予備圧密終了時の試料の高さ H_0 で除して正規化したものである。試料の表面から中央付近までは含水比がほぼ一定であ

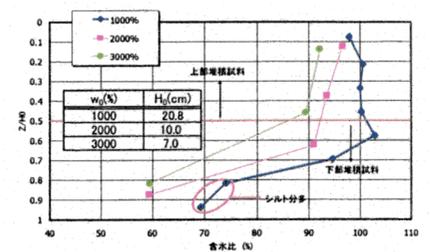


図-1 予備圧密終了時の含水比分布

キーワード 沈降、堆積、微視的構造

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 地盤環境研究室 TEL 03-3817-1812

るが、それ以深では含水比が急激に減少していることが読み取れる。図-2 に沈降・堆積試料3 ケースの上部 ($Z/H_0=0.4$ 付近) と最下部、さらに練り返し試料について、圧密させた時の e - $\log p$ 曲線と圧密試験における圧縮ひずみを示す。図-1 から分かるように、沈降・堆積試料は分級しているため、個々の間隙比は全体を代表していない。そこで、参考値として図-1 の含水比分布から求めた平均値としての間隙比も示している。初期含水比 $w_0=1000\%$ のケースの間隙が他のケースより大きくなっており、より高位の構造を有して堆積していることがわかる。さらに、圧密時の圧縮ひずみについて見ると、初期含水比 $w_0=1000$ 、2000、3000%の順にひずみが小さくなっている。上部と最下部では、明らかに下部におけるひずみの値は小さくなっており、これは分級作用のためであると考えられる。練り返し試料の間隙比は、沈降・堆積試料の平均的な間隙比から見ても下に位置することがわかり、構造が低位であることがわかる。さらに圧縮ひずみに着目すると、練り返し試料は沈降・堆積試料の上部に比べて著しく小さな値になっている。

3.2 微視的構造の観察

図-3 に沈降・堆積試料、練り返し試料、自然堆積粘土(大阪湾粘土 G.L.-15m)の間隙頻度分布曲線を示す。沈降・堆積試料では、初期含水比 $w_0=1000\%$ が他の2 ケースに比べて高位な構造が発達していることが分かる。また、自然堆積粘土の場合、他に比べて大きな間隙が含まれ、高位な構造が発達している。沈降・堆積試料と練り返し試料を比べると、沈降・堆積試料の方がやや右側に位置している。これにより e - $\log p$ 曲線での比較と同様、沈降・堆積試料の方が練り返し試料より高位な構造が発達していることが分かる。このことは写真1~4 からも視覚的に確認することができる。

図-4 に沈降・堆積試料、練り返し試料、自然堆積粘土の間隙加積曲線を示す。沈降・堆積試料は初期含水比が低いものほど間隙の量が増えている。また練り返し試料、自然堆積粘土、沈降・堆積試料の順に間隙の量が増えている。沈降・堆積試料や自然堆積粘土に比べ、練り返し試料の間隙は著しく小さい。これは沈降・堆積過程の有無の差ではないかと考えられる。

4.まとめ

- ①沈降・堆積試料では分級作用により粒径が大きいものから堆積し、上部ほど細かい粒径のものが堆積していた。
- ②今回実験を行った初期含水比 $w_0=3000$ 、2000、1000%のケースでは、初期含水比が小さなものほどより高位な構造となった。
- ③自然堆積粘土、沈降・堆積試料、練り返し試料の3 試料を比べると、最も構造が発達しているのは自然堆積粘土であり、次が沈降・堆積試料、最後に練り返し試料の順となった。
- ④沈降・堆積過程は、間隙径や間隙量など土の骨格に影響を与えると考えられる。

(参考文献)

- 1)土田孝他、高温再圧密による海成粘土の年代効果の再現、港湾技術研究所報告 Vol.28、No.1
- 2)渡部要一他、高い間隙比を有する粘土地盤の形成における沈降・堆積過程の影響について、第59回土木学会年次学術講演会、2004.(投稿中)
- 3)姜敏秀他、SEM およびポロシメーターを利用した土の微視的構造の観察とその評価、港湾空港技術研究所資料、No.1032

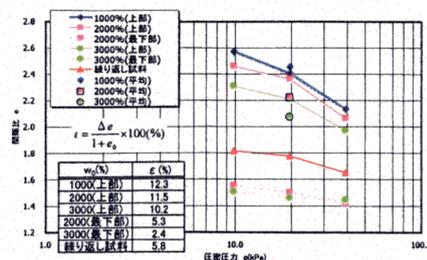


図-2 沈降・堆積試料上部($Z/H_0=0.4$ 付近)と最下部、練り返し試料についての e - $\log p$ 曲線

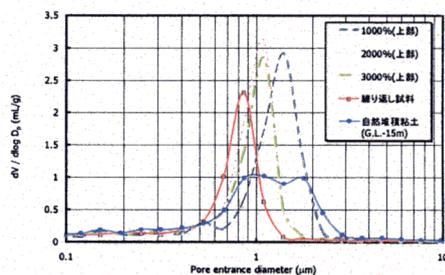


図-3 沈降・堆積試料、練り返し試料、自然堆積粘土の間隙頻度分布

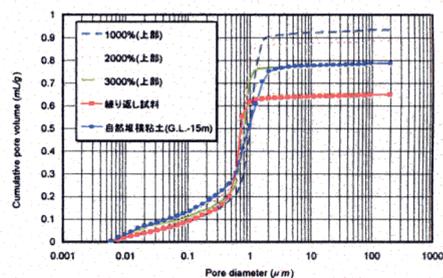


図-4 沈降・堆積試料、練り返し試料、自然堆積粘土の間隙加積曲線

