

画像解析による粘土構造の定量化に関する基礎的研究

広島大学工学部 学生員 ○ 重山 忠成
 広島大学工学部 正会員 森脇 武夫

1. はじめに

現在の土質力学体系は、土の挙動を巨視的視点から整理したものと言える。例えば、土の応力と変形に関しても、マスとしての土に作用する応力と、それに対するマスとしての挙動という捉え方になっている。このような視点は、粒子径が大きく粒子間の個体摩擦が挙動を支配している砂質土に対しては適用性が高いと考えられるが、粒子径が微小で粒子間の物理化学的作用が卓越する粘土の挙動を十分に説明しているとは言い難い。このような粘土の挙動を正しく理解するためには粘土粒子と周辺間隙水との電気力学的、あるいは物理化学的作用を解明し、その結果生じる粘土の骨組み構造との関係を明らかにする必要がある。そこで本研究ではマスとしての粘土の挙動を説明できる粘土構造を定量的に表すことのできる指標を見いだすべく、電子顕微鏡を使って粘土のミクロ構造の写真を撮影し、画像解析を行った。

2. 方法

本研究では、試料として岩国粘土の不攪乱・攪乱試料と倉敷粘土による室温・高温再圧密試料の4タイプを用いた。試料作製に関しては、不攪乱試料についてはシンウォールチューブからそのまま取り出したものを、攪乱試料については両面排水条件により一次元再圧密を行ったものを用いた。また、室温・高温再圧密試料は同様に両面排水条件で一次元再圧密を行った後に、恒温養生装置により温度を20℃と70℃の一定に保ちそれぞれ四日間養生した。そして前者を室温再圧密試料、後者を高温再圧密試料として用いた。そして、このような試料に対して、走査型電子顕微鏡を用いて粘土のミクロ構造の写真を撮影した。撮影された写真はイメージスキャナを用いてコンピュータに取り込み、画像解析ソフトにより解析を行った。画像解析の際には、顕微鏡写真の鉛直、水平両方向に直線を引き、その直線上の画像の濃淡を測定した。

3. 結果及び考察

(1) 同一試料の倍率による違い

同一試料における倍率の違いは4タイプの試料ほぼ全部に見られることができた。その代表的なものとして、図-1,2を比較すると、倍率が大きくなるとグラフの一定の濃度が得られる幅が全体的に大きくなる特徴が見られる。このことは倍率が大きくなると観察された粒子も大きく見えることと一致している。

(2) 同一試料における試料採取深度による違い

また、同一試料における採取深度による違いもある程度見られた。倉敷粘土を用いて高温再圧密により作製された試料による図-3,4を比較すると、下部の方から採取した試料のグラフの一定濃度が得られる幅の間隔が密となっている。これより下部の粒子の方が密になっていると推察できる。このことから試料作製時には試料の下部が上部より圧密が進み、間隔が小さくなっているのではないかと考えられる。今回の試料作製時の一次元圧密は両面排水条件で行われており、圧密は供試体の両端から同時に進行したはずであるにもかかわらず、このような結果となったのは試料作製時の第一段階である自重圧密の影響が最後まで残ったためと考えられる。

(3) 顕微鏡写真の水平・鉛直方向による違い

水平断面の顕微鏡写真による解析では、方向による違いは特に見受けられなかった。しかし、鉛直断面の写真の解析結果からは、y軸方向における一定濃度の得られる幅よりx軸方向、いわゆる堆積方向のグラフの幅の方が細く、その間隔が密となっている。特に図-5(a), (b)を見るとそれが良く表れている。幅が細く、間隔が密になるということはそれだけ粒子が細く、たくさん存在していることを示す。これはいわゆる板状粒子が存在し、層構造をなしている度合いが強いからではないかと考えられる。そしてこの傾向を不攪乱試

料と攪乱試料とで比較した場合、攪乱試料には水平断面でもグラフの山の間隔が密となるところが若干見られ、鉛直断面においてはより強くその傾向が見られる。これは、試料作製時の際に一次元圧密を行ったために、水平面内である程度傾きを持っていた粒子が面内でより安定な方向に回転あるいは移動し、粒子配列が整然とし、間隔が減少したためではないかと考えられる。

(4) 圧密条件による違い

不攪乱試料と攪乱試料の違いについては同倍率で比較した場合、攪乱試料のグラフの一定濃度を示す幅の間隔の方が密となっている。これは長い年月を経て堆積・圧密される不攪乱試料ではセメンテーションなどの化学的結合作用により、いわゆる綿毛化構造になりやすいのに対して、室内で短時間に圧密された攪乱試料は分散構造になりやすいためと考察される。

また室温再圧密試料と高温再圧密試料とで比較した場合、今回の解析では明確な違いは見いだせなかった。しかし、室温再圧密試料と高温再圧密試料とで強度に差があることを考慮すると、そのマイクロ構造には何らかの違いがあるものと思われる。

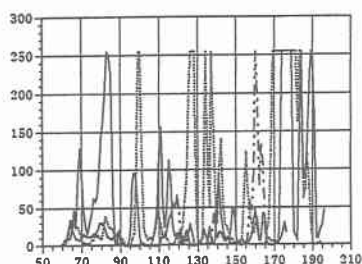


図-1 攪乱試料 水平断面
上部 500倍

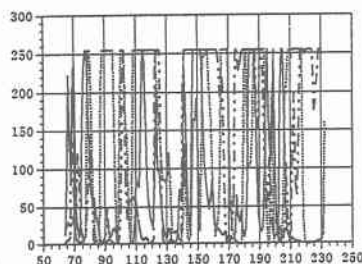


図-2 攪乱試料 水平断面
上部 1000倍

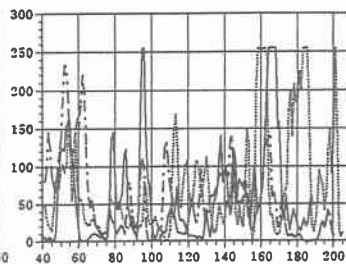


図-3 高温再圧密試料
鉛直断面 上部 1000倍

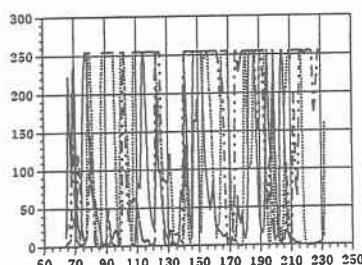


図-4 高温再圧密試料
鉛直断面 下部 1000倍

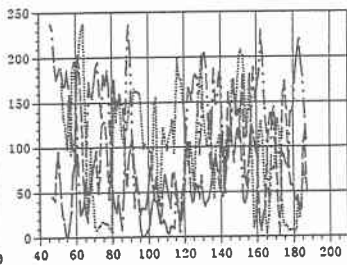


図-5(a) 室温再圧密試料
鉛直断面 y 軸 100倍

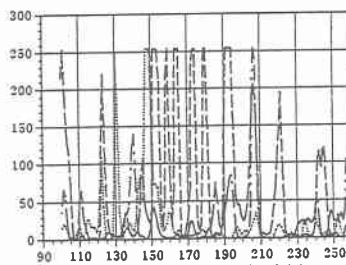


図-5(b) 室温再圧密試料
鉛直断面 x 軸 100倍

4. 結論

- (1) 得られたグラフの一定濃度の幅を粒子あるいは粒子構造の幅とみなすことができる。
- (2) 試料採取深度により粒子の配列に差があり、深いほうの粒子のほうが密であった。これは試料作製時の自重圧密の影響と考えられる。
- (3) 不攪乱試料と攪乱試料では粒子の配列に差があった。これは年代効果によるものと考えられる。