

粘性土の微視的構造に及ぼす温度効果

広島大学大学院 正会員 森脇武夫
 不動建設株式会社 正会員 木下洋樹
 広島大学大学院 学生会員 ○松本賢弥

1. はじめに

高温条件下での粘性土の力学特性に関する研究は、様々な研究者によって行われており、その圧縮・圧密特性、せん断・強度特性に高温条件が影響を及ぼすことが報告されている¹⁾。また、巨視的挙動だけでなく、電子顕微鏡写真を用いて、温度履歴に伴う粘土の変化を粒子の微視的挙動から明らかにしようとする研究も数多く行われている²⁾。本研究では、電子顕微鏡を用いて、異なる温度条件下で行ったせん断試験前後の粘土粒子構造の違いを画像解析によって定量的に評価することで、温度変化に伴う微視的構造の変化について考察した。

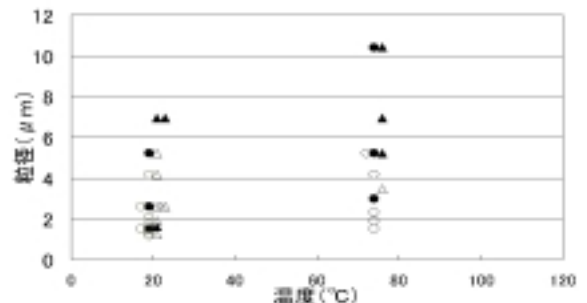
2. 画像解析方法

試料は市販のカオリンを使用し、スラリー状から一次元圧密して作成した。これを用いて高温高背圧型三軸試験機で $\overline{CU}$ （圧密非排水三軸圧縮）試験を行った³⁾。この試験では、10 kPa の等方応力下で排水条件のまま 20、50、75、100 の 4 通りの温度まで上昇させ、その後 500 kPa で等方圧密し、所定の温度を保った状態で非排水圧縮試験を行った。なお、20、75 の試験に関しては、500 kPa で等方圧密のみを行った試料を別に用意した。画像解析の具体的な方法としては、等方圧密及び非排水圧縮後の粘土試料の断面を走査型電子顕微鏡を用いて撮影し、撮影した電子顕微鏡写真をコンピューターに取り込み、画像解析ソフトを用いて粒子画像の濃度分布の測定を行う。濃度分布の測定は、白黒化した電子顕微鏡写真に対して直行する X 方向と Y 方向に数本の線を引き、線上の 1pixel ごとの濃度の値を黒から白に 256 段階に分割して測定する。次に濃度分布を一種の波とみなしてスペクトル解析を行い、これより得られたパワースペクトル図から、パワースペクトルが卓越する粒径を算出する⁴⁾。

3. 画像解析結果

図 1 は等方圧密後の試料の鉛直断面における結果である。A 値はパワースペクトルのピークの 1 番値であり、B 値群は A 値の 1/3 以上のピークをすべてプロットした点である（図 2 参照）。20 の試料では粒径が約 1~3 μm の間に特に多く分布しており全体的には約 1~7 μm の比較的狭い範囲に分布している。それに対して 75 の試料では卓越する粒径は広く分布し、A 値は 10 μm 付近に多い。なお、パワースペクトル解析の結果は粒径だけでなくベッド、あるいは間隙がどのような状態で配列しているかを表している。この点から考察を行うと、20 においては小さいベッドあるいは間隙を形成しているのに対して、75 においては土粒子の凝集化がすすみ、大きなベッドと間隙を形成しており、温度効果により異なる粒子構造になっていると言える。

次に非排水圧縮試験後の試料については鉛直断面において軸圧縮方向を基準として 30° ごとに傾けた線分上の濃度分布を測定し、鉛直断面全体を放射状に調べた（図 3 参照）。図 4 を全体的に見ると、すべての温度において広い範囲でほぼ均等に粒径が存在しており、温度の違い



鉛直断面 温度 - 粒径分布

図 1 圧密後試料結果

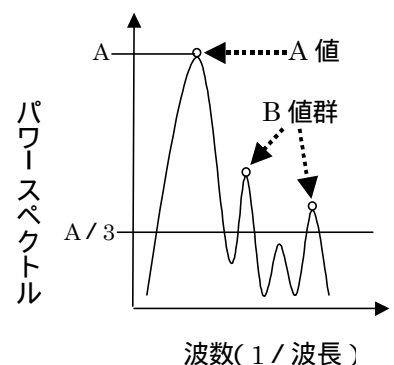


図 2 A 値、B 値群の定義

キーワード：温度効果、三軸試験、微視的構造

連絡先：〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 TEL&FAX：0824-24-7785

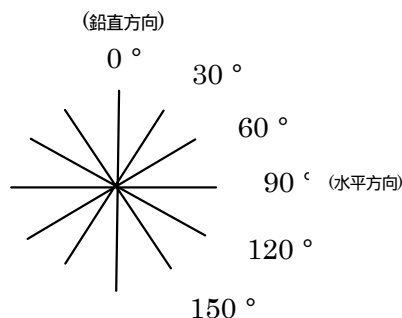


図 3 濃度分布測定方向

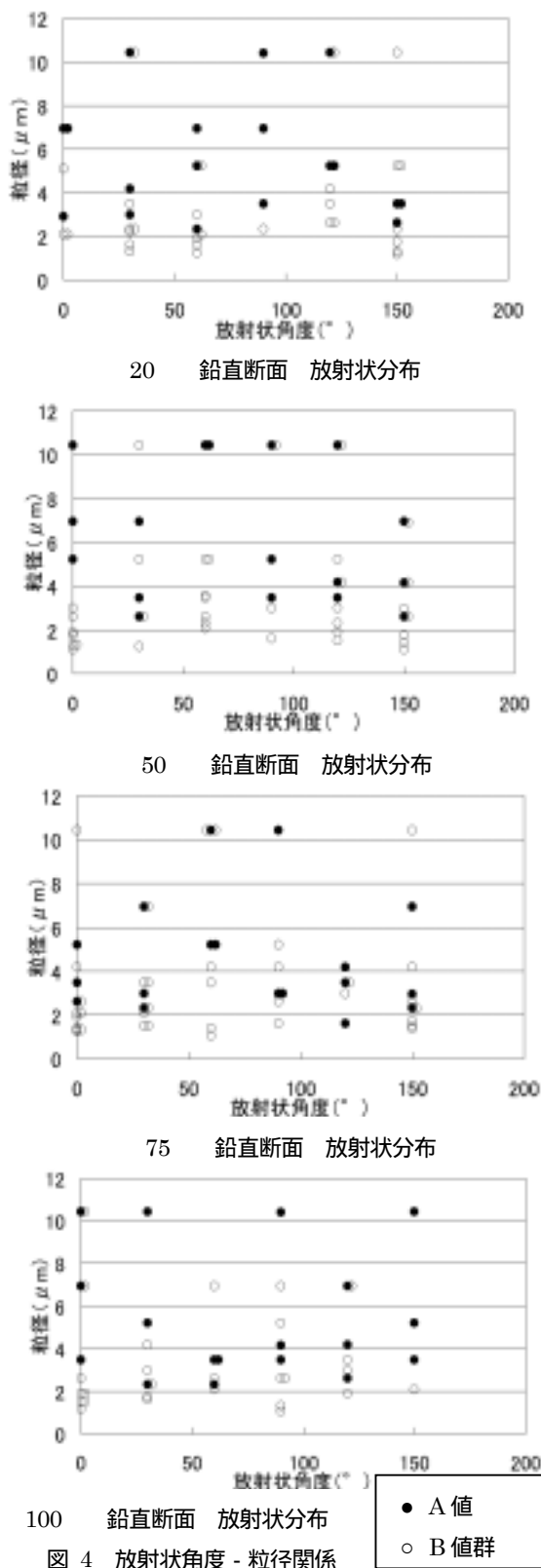


図 4 放射状角度 - 粒径関係

による構造の大きな差異は見られない。また、粘土試料の写真を見ると、せん断後で粒子構造が破壊され、特定方向に配向している様子がみられる。このことは図 4 の放射状角度 - 粒径関係からも判断できる。20° においては 30° と 150°、50° においては 150°、75° においては 30° と 120° のところで小さな粒径が卓越している。これは、粘土粒子が平行に積み重なって形成された粒子またはペッドの厚さを表していると考えられ、この方向と直角方向に粒子配列構造が傾いていると判断できる。また、すべり面には共役性があることを考慮すると、30°、60°、120°、150° は、水

平面に対して 30° または 60° 傾いているすべり面の角度を表している。さらに、本試験の限界状態線の傾き $M=1.43 \sim 1.48$ を用いて水平面に対するすべり面の傾きを算出するとおよそ 60° であった。このことより 20° ~ 75° に関しては、画像解析結果より得られたすべり面の傾き、力学試験結果の M を用いて得られたすべり面の傾きはほぼ等しくなった。100° においては、画像解析結果によると 60° と 120° において小さな粒径が卓越する傾向を示しており、この方向と直角方向に粒子配列構造が傾いていると考えられるが、顕微鏡写真を直接観察した結果、明確な粒子配列構造を判別することはできなかった。パワースペクトルは粒子配列構造を判別する一つの指標であり、粒子配列構造を、この結果のみで判断するのではなく、画像解析結果、電子顕微鏡写真を目で見た結果、さらには力学試験結果の M など様々な事柄を考慮して総合的に判断する必要がある。

4. 結論

- (1) 等方圧密終了時の試料を画像解析した結果、圧密終了時のペッド及び間隙の大きさに温度による違いが見られた。
- (2) せん断終了時の試料を画像解析した結果、温度の違いによる構造の大きな差異は見られなかった。20°、50°、75° においてはせん断の影響によるすべり面の形成が確認できたが、100° では見られなかった。

(参考文献)

- 1) 足立格一郎ほか：委員会報告、高温環境と土—粘土の微視的構造から廃棄物の地中処分問題まで—シンポジウム、pp. 1-99、1997。
- 2) 森脇武夫、和田陽子：粘土の微視的構造と高温再圧密効果、高温環境と土—粘土の微視的構造から廃棄物の地中処分問題まで—シンポジウム、pp. 119-126、1997。
- 3) 森脇武夫、木下洋樹、松本賢弥：高温条件下での粘土の変形・強度特性、第 37 回地盤工学研究発表会、(投稿中)
- 4) Moriwaki, T. and Wada, Y.: Quantitative evaluation of microstructure of clays, Proceedings of the International Symposium on Suction, Swelling, Permeability and Structure of Clays, pp. 411-418, 2001。