

III-162

過圧密カオリン粘土のせん断ゾーンの観察

日本大学理工学部 正員 中山晴幸

日本大学大学院 学生員 黒瀬真利、○富田名重

1. はじめに

せん断中のせん断面付近における土粒子や土粒子の集合体(p e d)の挙動は、その土のせん断特性やせん断強度などの巨視的応答に対して、支配的な影響を与えている。とくに、ここに示すような過圧密粘土にとっては、その影響が大きい。せん断面付近での土粒子やp e dなどの挙動は、微視的観察を必要とし、現状のままで観察は非常に困難である。しかし、この現象を把握して、土粒子などの微視的な挙動により巨視的な応答であるせん断特性などが、どのような影響を受けるかを知ることは、粘土のせん断機構を解明する上で、重要な点になるものと考えられる。

本報告は、圧密後およびせん断中の土粒子や土粒子の集合体(p e d)の挙動を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した結果をとりまとめたものである。使用した粘土は市販の工業用カオリン(ASP-100)で、実験方法はすでに報告¹⁾した通りなので参考文献を参照して載きたい。

2. 圧密後の配向度の観察

走査型電子顕微鏡(以下SEMと略す)での観察に用いた試料は、所定の条件(液相条件、応力履歴、圧密時間、切り出し角度等)に設定し、圧密後の試料としたものと一面せん断試験機で予定した変位量までせん断して、自然乾燥させたものである。圧密後の試料を観察してみると、図-1、2に示すように同じ固相でも液相条件等によりかなり異なる結果が得られている。このK-CLAY、Na-CLAYのSEM像は、圧密圧力8kgf/cm²条件のものである。図-3の圧密圧力とその配向度M(%)に示したように、圧密圧力が同じであるにもかかわらず、K-CLAYが約70%の配向度であるのに対してNa条件のものは約40%とかなりの差を認められる。

SEM像を比較しても、K-CLAYに比較してNa-CLAYは、p e dの大きさにそれ程違いはないようであるが、よりランダムな構造である。Na-CLAY供試体が圧密により配向しにくいことについては、すでに圧密前にNa⁺イオンによる初期構造を持ち、その構造を応力履歴条件である圧密圧力にも耐えて保持していたものと考えることが出来る。

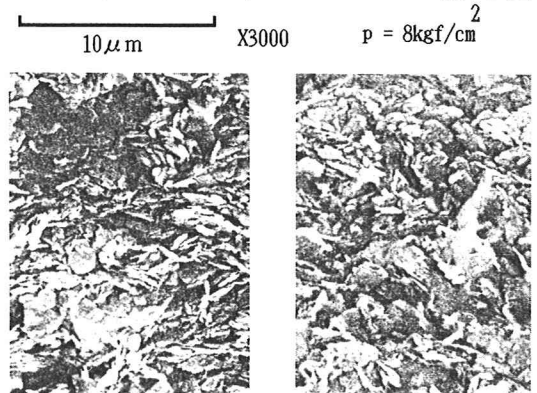


図-1 K-CLAY

図-2 Na-CLAY

3. せん断ゾーンの観察

せん断ゾーンの観察には各条件で切り出した試料にたいして、一面せん断試験を200、400、600、800(1/100mm)の各変位まで実施し、それぞれをそのせん断過程での代表試料として取り出した。このようにして、せん断中の土粒子およびp e dの動きについてSEMにより観察した。

3-1 各変形段階でのせん断面の成長

せん断が進行するにつれていくつかのせん断面が

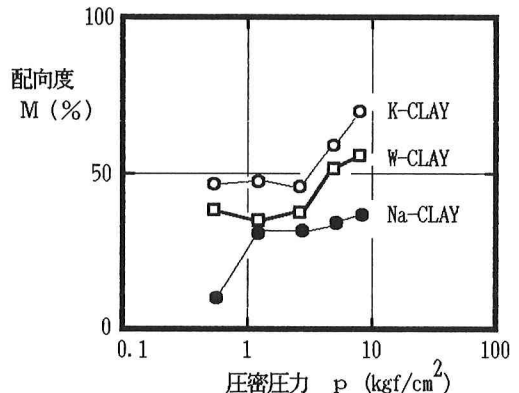


図-3 圧密圧力と液相のカチオンによる配向度の差

生じて成長を続け、最終的には卓越したせん断面が成長して残留強度に達する。この過程をSEMにより観察して行くと、微視的な挙動と共に巨視的な応答とも対応がついて非常に興味深い。

変位200(1/100mm)と言えば、せん断初期からピークを過ぎるまでの変位に当たるが、このせん断面をSEMで捜しても、明確なものを見つけることは出来ない。この程度の変位では、非常に微小なクラックの進行がせん断面付近に沿って幾つか進行しているものと考えられるが、そのクラックを特定するのも困難である。ところが、変位が400mmに達すると事情は一変する。

図-4には、W-CLAY, $\delta=+45^\circ$ 供試体の変位400(1/100mm)におけるせん断面を示した。変位400(1/100mm)といえば、ピークから残留強度に移行する部分で、ここに示すようにかなり明確な卓越したせん断面が見られるようになる。

$\delta=+45^\circ$ 供試体のような(+) 供試体は、初期の配向構造とせん断方向が図に示す関係のため、図-4のせん断面の両側には、初期の配向構造がそのまま保存されている。したがって、せん断ゾーンは非常に明確で、この場合では約10 μm とかなり狭い範囲である。やがて変位が800(1/100mm)に達すると、せん断面はさらに乱されるが、せん断ゾーンの幅はそれほど変化はない。

3-2 せん断ゾーンについて

すでに、初期の配向構造とせん断方向との関係から、
(-) 供試体のせん断ゾーンは(+) のそれに比較して約10~100倍の幅を持つことを報告した²⁾。とくに図-5に示した -45° 供試体は、せん断ゾーンの幅がもっとも大きく、約1mmに渡って乱されている。図-5の視野では、図-4の $+45^\circ$ 供試体には残っていた本来の初期構造が見当たらず、大きい範囲で乱れが生じていることが分かる。

広い視野で撮影した図-6では、その様子がよく分かる。この例は、変位600(1/100mm)であるが、視野の上下では、初期の配向構造が保持されており、せん断面へ向かってその配向構造がしゅう曲するように曲がっている。せん断面付近では、図-5でも分かるようにあたかも $+45^\circ$ 供試体のような配向方向を示し、せん断面では、p e dが相互に滑っているようである。

このように初期配向構造が広い範囲で乱されることにより、巨視的な応答であるせん断特性は(+) に比べて緩やかな曲線を描くことになる。

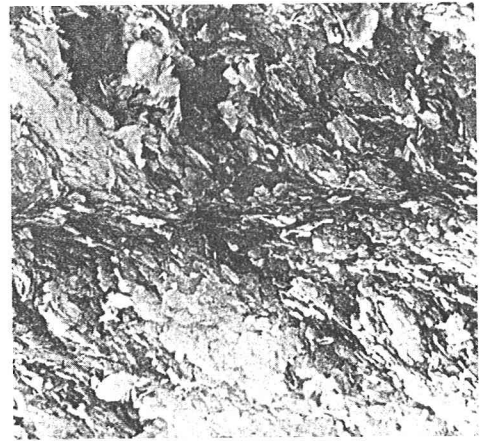


図-4 W-CLAY $+45^\circ$ 供試体のせん断面付近



図-5 W-CLAY -45° 供試体のせん断面付近

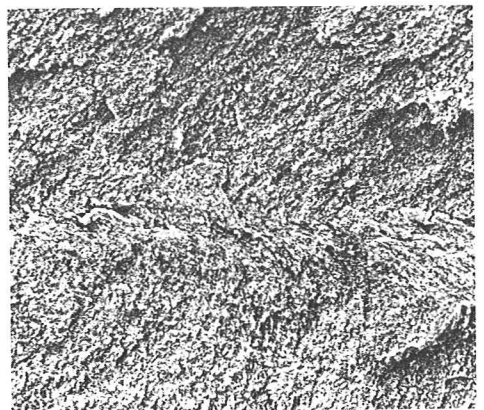


図-6 W-CLAY -45° 供試体のせん断面付近

参考文献

- 1) 中山、黒瀬、富田：せん断中の土粒子再配列とせん断特性について、第21回土質工学研究発表会
- 2) 中山、黒瀬：土粒子の配向方向とせん断ゾーンとの関係について、土木学会第40回年次学術講演会