

超小型せん断試験機による粘土の微視的せん断機構

京都大学 正員 嘉門雅史 京都大学大学院 学生員○内田康彦

1. はじめに 粘土の微視的せん断挙動を直接観察することは、測定倍率、測定装置の制約から極めて困難であった。近年走査型電子顕微鏡鏡体中へ導入しうる試験機が開発されている¹⁾が、ここではその改良型超小型せん断試験機を用いて、乾燥したカオリン粘土の微視的せん断変形機構を追求したものである。

2. 実験方法 用いた改良型超小型せん断試験機は写真1に示すように、試料に垂直圧力、せん断圧力を付加しうるもので、同時に変位量を検出できるようになっている。供試体には、セメンテーション作用を付与したカオリン粘土(Crown Clay)を用いた。含水比250%に調整したカオリン粘土に、土粒子質量の1%のボルトランドセメントを加え、約1ヶ月間圧密(荷重1.0

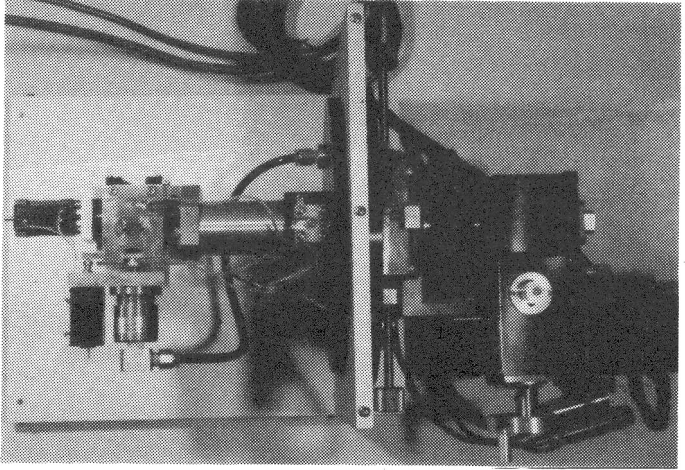


写真1 超小型せん断試験機

kgf/cm²)後、膨潤させ、自然乾燥させたものを10mm(せん断方向)×30mm(ダイレイタンス測定方向)×13mmに成形し供試体とした。実験は、供試体の両端14mmをせん断箱により拘束し、せん断速度37.5μm/minで、ひずみ制御にて行った。

3. 実験結果・考察

a) せん断前の供試体の様子 カオリンの粘土粒子は、0.1~0.5μmの板状で、10~30μmのメゾベッドを形成している。圧密でできた配向による構造異方性は、粒子レベルでは観察されるが、メゾベッドをその単位として見なした場合には、観察されない。

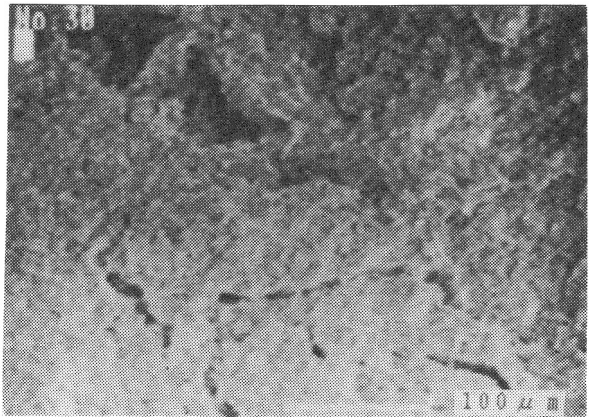


写真2 すべり面(パターン1)

b) せん断変形過程 せん断初期には、変位につれた荷重増加に対応するような構造の変化(例えば間隙の増加)は観察されない。せん断強度ピーク付近では、リーデルせん断面が出現し、それに挟まれた部分のベッド粒子の回転・剝離が、写真2のようにせん断力のピークと前後して生じる例

Masashi KAMON , Yasuhiko UCHIDA

がみられる。別のパターンとして、ピーク強度前に生じるヘアクラックがせん断箱の間にほぼせん断方向に入り、これがそのまま発達してせん断面になる写真3のような例もみられる。この場合、残留強度時において新たな破壊線が現れるものの、せん断力のピーク付近では、この唯一の破壊線(主せん断面)によってせん断変位が受け持たれる。ここでは、せん断の進行につれて剝離したせん断面の両側が再び接触し、局所的脆性破壊が頻繁

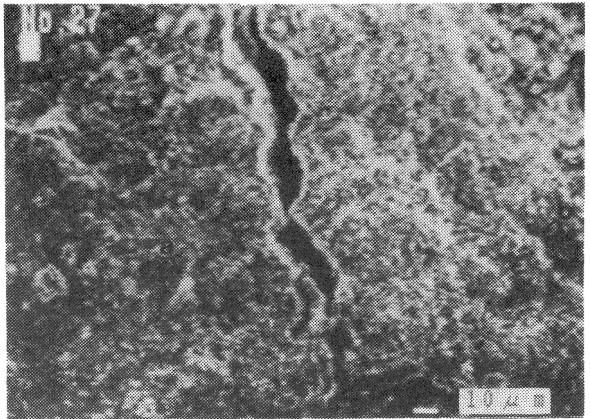


写真3 すべり面 (パターン2)

に起こる。3つ目のパターンは、ヘアクラックが現れるものの、せん断力のピーク付近で新たに複数の破壊線が現れる写真4に示すものがみられる。この場合は主せん断面の識別が困難で、もっぱらクラックの拡大が起こる。残留強度時においては、いずれの場合もせん断面付近で大変形が起こる。個々の局所的破壊形態は多種多様であり、せん断によるものの他、局所的な引張りや圧縮によるとみられるものもある。そしてこれらの破壊により、剝離したベッドは細分化し、せん断面の凸部は小さくなるか、もしくは剝離する。以上の変形過程には構造異方性が見られず、前述のメゾベッドが変形の基本となっていることを示す。粒子レベルでの挙動は、ベッドの相対的変位につれてベッド間で配列変化が起こる程度であり、粒子破碎は起こらな

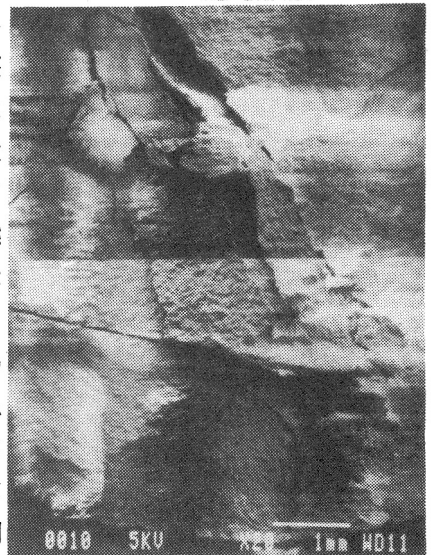


写真4 すべり面 (パターン3)

い。また基本となるメゾベッド内の結合力は、せん断強度に比べて大きく、メゾベッドの破壊は殆ど起こらない。試験後のせん断面の観察からもこれらのことは裏付けられる。

c) せん断強度と変形機構 せん断強度の発現は、ベッドのインターロッキング摩擦(噛み合い)がその主要因である。せん断面が形成されてからの強度発現は、滑り摩擦によっている。このときの局所的脆性破壊の形態は様々であるが、滑り摩擦が卓越する残留強度は、供試体毎のばらつきも小さく、垂直荷重と強い相関を示す。垂直荷重が小さい場合、せん断初期に生じるヘアクラックにより、ピーク強度前に局所的には、インターロッキングから滑りへの移行が起こり、これがせん断強度に影響を及ぼすものと考えられる。

5. おわりに 乾燥供試体の変形挙動は、湿潤供試体のそれとは大きく異なるため、間隙水を別の物質に置換して実験を行うことが今後の課題である。本研究は、昭和61年度文部省科学研究費(試験研究(2))の補助を受けた。ここに記して謝意を表するものである。

参考文献 1) 嘉門・山口; 第40回土木学会年講講演概要集, 3, 1985, pp.489-490