

III-245 SEM実装タイプの超小型せん断試験機の 開発とその適用に関する研究

京都大学工学部 正 員 嘉門雅史
久保田鉄工 正 員 山口茂樹

1 はじめに

従来、粘性土の微視的せん断変形機構に関する研究においては、走査型電子顕微鏡（SEM）などを用いて構造変化究明の取組みがなされているものの、これらはすべて変形の結果に対して検討したもので、連続した応力-ひずみ特性を追求したものではなかった。そこで本研究では、粘性土の微視的せん断挙動を連続的に観察するために、SEM装置内部へ設置しうる超小型せん断試験機の開発・設計を行って、これを用いてカオリナイト試料のせん断特性を考察し、その適用性を検討したものである。

2 試験機の概要

超小型せん断試験機とはSEM装置の鏡体内部に導入した一面せん断試験機であり、高真空中においてひずみ制御方式で土試料のせん断を行いうるものである。4段階の試料せん断速度 0.1、0.05、0.01、0.005 mm/min を選択できることにより、せん断速度の大小によるペッドの挙動ならびに変位領域の差異についても検討しうる。一般にSEMで土試料を観察する際には金蒸着を行うが、せん断に及ぼす蒸着の影響を避けるために、無蒸着のままで行っている。そのためSEMの加速電圧は3KV以下におさえている。超小型せん断試験機を写真-1に、試験機の試料ホルダー部を図-1にそれぞれ示す。せん断力は必要に応じて、圧力センサーを用いて取り出しうるようになっている。

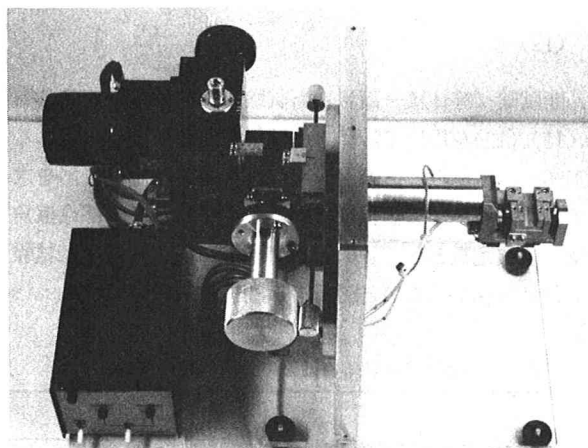


写真-1 超小型せん断試験機

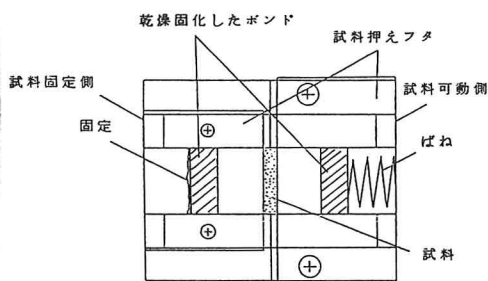


図-1 試料ホルダー部

3 実験方法

初期構造の異なる場合のせん断変形挙動を観察するためにカオリナイトを最終圧密荷重 1.5, 5, 10, 20 kg/cm² の4段階で圧密し、その後風乾して直方体に成形した。そして図-2のように3種類の観察面をとりだした。せん断前の初期構造は、水平面として粘土粒子がせん断方向についてランダムに近い構造、鉛直面1として粘土粒子がせん断方向に対して垂直に近い配向、鉛直面2として粘土粒子がせん断方向に対して平行に近い配向を選定した。なお、試料は自然乾燥状態とした。

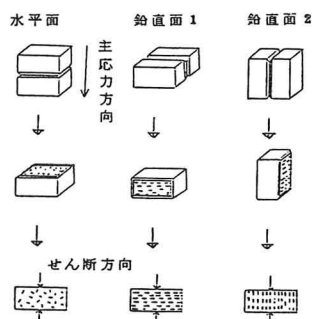


図-2 観察面

4 結果と考察

観察された一面せん断の挙動パターンを写真-2、3に示す。ここでのせん断速度は $100\text{ }\mu\text{m/min}$ である。せん断開始後しばらくは観察面に変化がなく、その後粒子間の間げきに沿って破壊線が入り、そのまま試料は左右に分離されるという脆性的破壊形態を示した。破壊面は平面というより凹凸の発達した様相を呈しているため、左右の試料の相対的変位がすすむと再び接触して粒子間に衝突が生じる。衝突した粒子ははく離され、せん断が持続しているために回転などの挙動が随所にみられた。観察の結果から初期構造と土粒子のせん断挙動の関係をまとめると、水平面では観察面に平行な平面内での回転や層状粒子のすべり(図-3 b)、鉛直面1では粒子の回転(図-3 a)、鉛直面2では水平面と同じく層状粒子のすべり(図-3 b)という傾向がそれぞれみられた。図-3 cの板状粒子の破碎は2粒子間の衝突の際、生じるものと推測される。また、圧密荷重の増加に伴い、せん断によって移動するベッドの粒径が大きくなる傾向もみられた。せん断面の変位領域は $10\sim 20\text{ }\mu\text{m}$ の幅にすぎず、他の部分の構造変化は生じなかった。次に、せん断速度を遅くし、 $10\text{ }\mu\text{m/min}$ の速度でせん断した場合、変位領域については前実験との顕著な差を確認できなかったが、主せん断面が入る前に細い破壊線が数ヶ所みられた。これは急速せん断の場合、せん断によるエネルギーが一部に集中するのに対し、緩速せん断の場合は粒子間応力がより広い領域に伝播するために生じるものと考えられる。

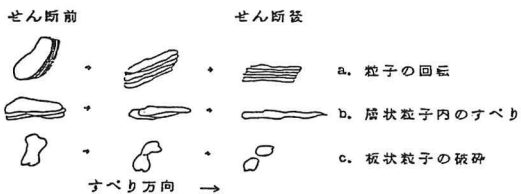


図-3 せん断によるベッドの変形

5 おわりに

新しく開発したSEM実装タイプの超小型せん断試験機は一応の有効性を示した。しかしながら、乾燥粘土と湿潤粘土では変形特性が異なることが予想され、そして本来、粘性土の力学挙動は湿潤状態の試料について議論すべきである。ここでは高真空下に試料を維持するため、粘性土に本質的に重要である水分の影響は無視せざるをえない。今後は装置の改良によって含水比の高い状態でのせん断挙動を観察する予定である。最後に、本研究に際し懇切な御指導・御援助を賜りました 京都大学教授 赤井浩一先生 に感謝の意を表します。

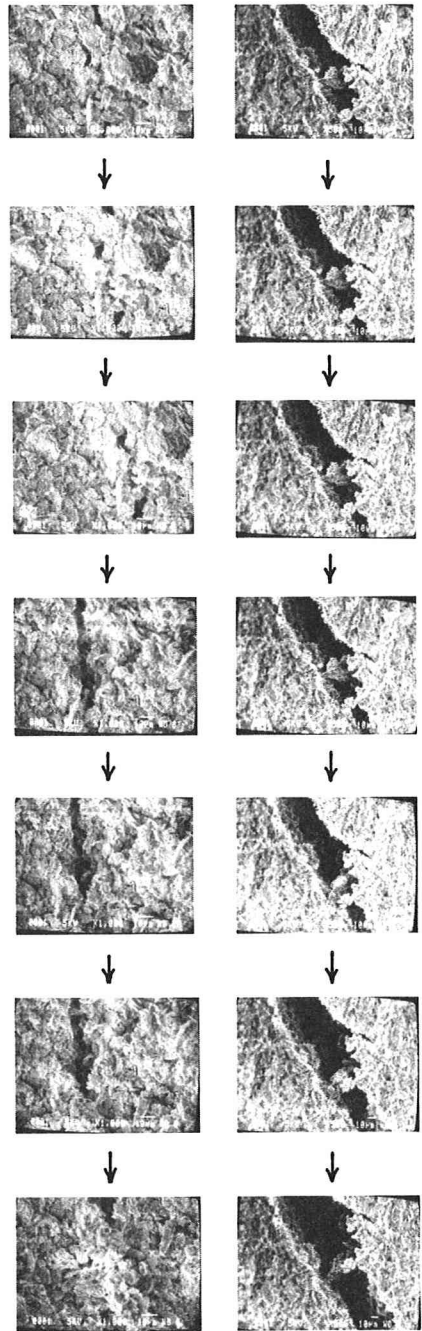


写真-2($\times 1000$)
1.5kg/cm²
鉛直面1

写真-3($\times 500$)
20kg/cm²
鉛直面2