

スメクタイトに富む粘土のリングせん断挙動
Ring shear behavior of smectite-rich soils

○柴崎達也・松浦純生

○Tatsuya SHIBASAKI, Sumio MATSUURA

The ring shear behavior of smectite-bearing soils was investigated under slow shearing-rate conditions at room temperature. Some soils bearing Ca-type smectite typically exhibited a stick-slip behavior, whereas soils bearing Na-type smectite exhibited a stable-sliding behavior. The mechanism of occurrence of stick-slip behavior will be discussed in this presentation. We infer from SEM observations on shear surfaces of Ca-type smectite-rich soils that this phenomenon is probably due to (1) gradual increase and sudden release of stresses acting on asperities of silt-size and sand-size particles and (2) the thixotropic effect of randomly-oriented smectite particles within the water-film layer existing along the shear plane.

1. はじめに

新第三紀以降の堆積性軟岩や、熱水変質作用を受けた火山性軟岩からなる地質体では、膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトが地殻表層～浅層地盤に広く分布する。その地質的な産状や特異に低い残留せん断抵抗角を示す力学特性ゆえ、緩い斜面で移動を繰り返す地すべりが数多い。このような地すべりの発生・運動機構の解明や斜面の長期安定性を評価するためには、その詳細な力学特性を明らかにする必要がある。スメクタイトに富む地すべり粘土や断層ガウジを低速で排水状態でせん断させると、定常（残留）せん断状態において、スティックスリップ (Stick-slip) 現象を発現することが報告されている。本研究では、その発現機構を検討した。

2. 実験方法

日本国内の地すべり地で採取したスメクタイトを含んだ粘土を用いてリングせん断試験を実施した。垂直応力 200 kPa, せん断速度 0.005 mm/min で残留せん断状態を確認した。その際、せん断応力の微変動がみられる Stick-slip を発現する試料と、微変動が生じない Stable-sliding を示す試料について、各試料の特性（粒度分布、コンシステンシー限界、含水比、スメクタイト含有率、交換性陽イオン）を調べた。加えて、Stick-slip を発現する試料のせん断面を SEM や AFM で観察した。

3. 結果

実験試料の材料特性を検討した結果、Na 型よりも Ca 型スメクタイトを含む粘土が Stick-slip 現

象を発現しやすい傾向がみられた。Ca スメクタイトに富む粘土のせん断面を SEM で観察した結果、せん断面に突起部を作るシルト・砂サイズの粒子が多数認められた。その先端部には擦痕が刻まれ、Stick-slip の発現周期に調和的な段差状の傷が確認された。また、粒子の外縁部には、粘土粒子が集積する様子もみられる。

せん断面は全体的に凹凸が発達し、凹部を観察すると、せん断方向に直行に配列する Roll 状の形態を示すスメクタイトの集合組織が認められた。AFM によりその形状を計測すると、Roll の高さは数 μm サイズであった。一方、凸部はせん断面の接触圧が高い部分に相当し、表面が平滑で板状のスメクタイト粒子が Face-to-face で強く配向している。Roll が発達する凹部の領域は、せん断面の非接触域に相当する可能性が高い。Roll の高さ相当の厚みを持ったレンズ状の空隙が形成され、せん断面に沿って Water-film 層を形成しているものと推察される。Roll は、edge-to-face で会合が進んだ微粒径のスメクタイトの集合体で、せん断変位の進行に追随し、Water-film 層内で低速で回転しているものと推察される。その際、ミクロスケールで粒子同士が会合と分散とを繰り返すチキソトロピー挙動が、マクロな Stick-slip 現象の発現に影響を与えている可能性がある。

このような Water-film 層と Roll を形成するスメクタイトの集合組織は、底面間隔の膨張が 2.0nm までと限界のある Ca 型スメクタイトを含む粘土のせん断面に特徴的なものと考えられる。