

個別要素法断層シミュレーションに見る断層間物質の力学的役割

A study of a role of gouge on fault strength using the DEM simulation

平山 義人[1]; 岩瀬 康行[2]

Yoshito Hirayama[1]; Yasuyuki Iwase[2]

[1] 防大・地球; [2] 防大・地球海洋

[1] Geosci., NDA; [2] Dept. Earth & Ocean Sci., NDA

断層の摩擦力はすべり速度、すべり距離、摩擦面の状態、断層間物質の有無等様々な要素に影響され、それらの関係は摩擦構成則として知られている。岩石の摩擦実験はこれまで多くの研究者によってなされてきた。摩擦の速度依存性は一般に、すべり速度を急激に変化させた時、摩擦力に直接的な正の速度効果が即座に現れ(直接効果)、限界すべり距離をすべる間にその効果が定常状態の値まで減衰する(遷移効果)とされている。

実験的に得られているこの構成則を理解するためには各々の効果について独立に研究する必要がある。すべり最中の断層間物質の微視的構造およびその役割を室内実験から明らかにし、理解することは難しい。本研究では、すべり最中の断層間物質の力学的役割を明らかにすることを目的とし、速度変化時の断層内部の状態について調べた。

断層と断層間物質の相互作用に注目するために、円筒形断層間物質を仮定した2次元個別要素法モデルを使用した。各要素は等しい物性を持つ弾性体で、アモントン・クーロンの摩擦法則に従うとした。上壁を垂直応力およびせん断速度が一定になるように動かし、上壁に及ぼされるせん断応力と垂直応力の比を断層強度(巨視的な摩擦係数)とした。

シミュレーションにより速度増加のステップに対応して摩擦強度が増加のステップが見られた。これは直接効果に対応するものと考えられる。その後新たな摩擦強度に徐々に変化する様子が見られた。これは遷移効果に対応するものと考えられる。また、新たな摩擦強度に移行するまでの距離(限界すべり距離に対応)は、壁要素の凹凸のスケールに一致し、アスペリティーの平均直径と近似できるとする考え方と調和的である。また、状態遷移後の断層の体積は速度とともに増加し、摩擦強度も増加する結果が得られた。これは、せん断によるダイレイタンスと摩擦強度変化の室内実験結果と調和的である。このように、簡単な2次元モデルにより岩石摩擦実験で見られる「すべり速度及びすべり状態依存則」を再現できることを確認した。

この間の断層間物質の運動エネルギー変化を調べると、低速域ではせん断方向、垂直方向、回転方向とも運動エネルギーが壁のすべり速度の1乗に比例して増加した。高速になるに従いせん断方向運動エネルギーが卓越する傾向が見られた。これは、高速域ではせん断方向のすべりによるエネルギー消費が卓越し、低速域では弾性変形に付随するダンピングによるエネルギー消費が卓越する系であると理解できる。壁のすべり速度の違いによるエネルギー状態の変化は、最適な断層面状態への遷移と解釈できるかもしれない。