

回転式摩擦試験機を用いた変位速度急変実験による構成則パラメータの抽出

Estimating constitutive parameters from velocity step tests with a rotary-shear friction apparatus

渡辺 俊一 [1]; 辻本 敦之 [2]; 堤 昭人 [3]

Shun-ichi Watanabe[1]; Atsushi Tsujimoto[2]; Akito Tsutsumi[3]

[1] 京大・理; [2] 京大・理・地鉱; [3] 京大・理学研究科

[1] Faculty of Science, Kyoto Univ.; [2] Geology & Mineralogy, Kyoto Univ.; [3] Graduate School of Science, Kyoto University

はじめに

すべり速度(変位速度)が数 100 micron/s 以下の、低速すべりにおける断層物質の摩擦挙動は、経験的に Dietrich (1979) などによる摩擦構成則により記述できる。この構成則は、断層すべりの速度と摩擦係数を結びつけるものであり、その性質を特徴付ける a , D_c といったパラメータを含む。これらの構成則パラメータは、特に速度急変実験に対して鋭敏に検出されるため、構成則の適用可能性を確認し、構成則パラメータを求めるためには、速度急変実験が有効な手法となる。しかし、現実の摩擦実験においては、載荷速度の加速度が有限値としてしか与えられないこと、および、装置が弾性的に振舞う効果を見逃すことができないことから、真の意味での速度急変は不可能であり、実験は近似的な速度急変となる。特に中速域(数 100micron/s 以上)の実験においては、上述の効果が大きくなるため、既存構成則の適用可能性の議論も困難となる。本研究では、このような擬似速度急変実験に対して、上述の効果を考慮に入れた解析により、構成則パラメータを抽出する手法を開発した。また、その解析手法を花崗岩や斑レイ岩試料の摩擦、および粒状物質の低・中速摩擦剪断実験結果に対して適用し、その有効性を確認し、構成則パラメータを得ることを試みた。

方法

剪断実験は京都大学地質学鉱物学教室の回転式摩擦試験機を用いて、円柱形(直径 22-25mm)に整形した花崗岩、斑レイ岩試料、および IODP 南海トラフ地震発生帯掘削において採取された付加体浅部堆積物 C0006E25X-2-W 試料(hemipelagic mud)について行なった。付加体堆積物については、約 90 度、24 時間の乾燥処理の後、150 番のふるいにより粒径を約 100micron 以下に調整したものを 1.0g 使用した。剪断後の厚さは約 1mm であった。垂直応力は約 5MPa、急変速度域は、約 0.003-3mm/s の範囲内で行なった。本研究では、実験により得られた垂直剪断応力に対し、加速度有限性の効果と装置弾性の効果および摩擦構成則の連立微分方程式を数値的に解くことにより摩擦係数を求め、最小二乗法を用いて構成則パラメータの最適値を求めた。

結果、考察

構成則パラメータのひとつである、速度変化の直接効果の程度を示す a の値に関して、いずれの試料に対しても速度変化前の変位速度との正の相関が見られた。この関係は、両対数プロットにおける直線性がよく、両者が冪関数的に結びついていることが示唆される。速度変化後の定常状態に移行する緩和距離を示す D_c には、速度変化後の変位速度との正の相関が見られた。付加体浅部堆積物の剪断に関し、摩擦係数の速度依存性は、0.3mm/s 以下の速度域に対しては負の依存性が示された。速度が 3mm/s から 0.3mm/s への減速変化に対しては、正の依存性を示すデータも得られたが、その依存度は小さかった。一方、0.3mm/s から 3mm/s への加速変化においては、摩擦は負の速度依存性を示し、特に剪断距離が大きくなったときにその依存度が大きくなり、減速時とは有意に異なる速度依存の性質を示した。このことは、加速時に減少した摩擦係数が、減速して元の速度に戻っても回復しないということを意味する。速度、剪断距離によっては、加速時と減速時とで剪断に対してガウジが異なった挙動を示しうることを示唆していると思われる。