

中速・高速域における SAFOD・SDZ ガウジの摩擦挙動と BET 表面積の変化 Frictional behavior and BET surface-area changes of SAFOD SDZ gouge at intermediate to high-velocity regimes

澤井 みち代^{1*}, 嶋本 利彦², 廣瀬 丈洋³, 北島 弘子⁴, Thomas Mitchell⁵

SAWAI, Michiyo^{1*}, SHIMAMOTO, Toshihiko², HIROSE, Takehiro³, Hiroko Kitajima⁴, Thomas Mitchell⁵

¹ 広島大学, ² 中国地震局・地質研, ³ JAMSTEC, ⁴ Penn-State University, USA, ⁵ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Italy

¹ Hiroshima University, ² Institute of Geology, CEA, ³ JAMSTEC, ⁴ Penn-State University, USA, ⁵ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Italy

SAFOD 掘削はサンアンドレアス断層のクリープしている部分の南端近くに位置する Parkfield でおこなわれた。ボーリング孔のケーシングパイプのゆがみから中央変形帯 (CDZ) と南西変形帯 (SDZ) で断層クリープが進行していることが示されている。これらの部分からはサポナイト、タルクの存在が確認されている。一方、地震時の破壊はクリープ部分にも拡大したことが知られており、2004 年の地震では破壊は掘削点の約 3 km 南方で止まったものの、1857 年の巨大地震では掘削点よりも北西部まで破壊が伝わったと見積もられている。我々は少量の SDZ サンプルの提供を受けたので、本研究ではその内の 6 グラムの試料を使って、 10^{-5} to 1.3 m/s の中速・高速域で摩擦実験をおこなった。すでに報告されている低速下での摩擦実験の結果とあわせて、掘削地域におけるサンアンドレアス断層の多彩な挙動の起源について考察したい。実験では 1 g の試料をドレライトの母岩 (25 mm 径) に挟み、テフロンスリーブでガウジのものを防いで摩擦実験をおこなった。含水実験では 25 重量%の蒸留水を加えておこなった (排水実験)。中速域では変位速度をステップ状に減少・増加させて定常摩擦の速度依存性を調べた。 10^{-5} - 10^{-6} m/s の低速下では 0.1-0.2 の低い摩擦係数が報告されているが、本研究でも 10^{-5} m/s の速度ではほぼ同じ結果が得られた。しかし、定常摩擦は速度の増加とともに顕著に増加し、 10^{-2} m/s では 0.4 前後の摩擦係数が得られた。より高速下では速度の増加とともに顕著がすべり弱化的な性質を示すものの、速度依存性は中速域で顕著に大きくなることを示した (有効垂直は約 100 MPa で本研究より約 2 桁大きい)。中速域における本研究の結果は Mitchell らの結果とよく一致する。含水条件下の摩擦係数は無水条件下よりも中速域では約 0.05 程度低いが、高速下では顕著な違いはなかった。SAFOD・SDZ ガウジは、(1) 低速域における速度強化、(2) 中速域における顕著な速度強化、(3) 高速域における顕著な速度・すべり弱化的な性質をもっている。(1) と (2) の性質はクリープ運動を起こしていると考えられる。一方、他で発生した地震の破壊が到達して (2) の中速バリアを乗り越え、(3) の速度・すべり弱化的な性質によって、地震時の破壊がクリープ領域に拡大することが可能になる。モデリングによる検証を期待したい。

過去 10 年間、断層帯内部の破壊がどの程度エネルギーを吸収しているかが調べられてきた。ほとんどの研究では、断層運動にともなう断層破砕帯物質の粒径変化を測定することによってこのエネルギーを見積もってきた。本研究では、実験前後の BET 表面積を測定してこの問題を検討した。実験前には $3 \text{ m}^2/\text{g}$ であった表面積は、摩擦すべりにもなって無水条件下では 15-25 m^2/g に、含水条件下では 45-60 m^2/g に増加することが判明した (英文要旨の Fig. 1 参照)。この結果は、無水・含水ガウジではそれぞれ約 2% および 1% 以下の摩擦仕事による破壊による表面積の増加に使われたことを示す (表面エネルギーとしては雲母の表面エネルギー 0.38 J/m^2 を仮定)。どちらの場合も破砕物の破壊は重要なエネルギー吸収源にはならない。さらに、BET 表面積はすべり速度が高速であるほど、またエネルギー供給率 (power density) が高いほど減少する傾向が認められる (英文要旨の Fig. 1)。SEM 観察により高速下ではガウジ粒子が摩擦熱によって焼結していることが確認された。他の研究では地震性断層運動中に鉱物の熱分解が起こり、これに伴う熱吸収が破壊よりも遙かに大きいことも判明している。地震性断層運動時のエネルギー分配は、「破壊に伴う表面積増加」という単純な視点ではなく、よく複雑な断層内プロセスを考慮して調べる必要がある。

キーワード: BET surface area, Intermediate to high-velocity friction, SAFOD, Energetics of seismic fault motion

Keywords: BET surface area, Intermediate to high-velocity friction, SAFOD, Energetics of seismic fault motion

SSS29-06

会場:105

時間:5月21日 15:00-15:15

