

摩擦発熱が断層ガウジの高速弱化の原因：ホスト試料の熱伝導率を変えた実験からの類推

Frictional heating causes high-velocity weakening of gouge; inference from specimens with different thermal conductivity

嶋本 利彦^{1*}; Yao Lu¹; Ma Shengli¹; Niemeijer Andre²

SHIMAMOTO, Toshihiko^{1*}; YAO, Lu¹; MA, Shengli¹; NIEMEIJER, Andre²

¹ 中国地震局地質研究所, ² ユトレヒト大学地球科学部

¹Institute of Geology, China Earthquake Administration, ²Department of Earth Sciences, Utrecht University

断層ガウジが高速ですべる時に摩擦強度が著しく低下する原因として、(1) 摩擦加熱による温度上昇、(2) 粉体潤滑 (powder lubrication)、(3) シリカゲルなどの弱い物質の形成、などが提唱されてきた。ガウジを挟むホスト試料として岩石を使った実験では、摩擦すべり中のガウジの温度を変えるためには、すべり速度・垂直応力などの変える必要があった。しかしそれによってガウジの変形機構も変わってしまう可能性があり、摩擦発熱による温度上昇の影響を分離することが難しかった。講演では、異なる熱伝導率をもつホスト試料を使うことによって同じ速度・垂直応力下でガウジのスリップ・ゾーン中の温度を変えることが可能であり、実験結果は摩擦発熱がガウジの高速弱化において重要であることを論じたい。

高速摩擦実験では岩石の強度は熱破壊によって数 100 分の 1 に減少してしまうために、数 MPa 以上の垂直応力下で高速摩擦実験をすることは難しい (ホスト試料が破壊してしまう)。岩石をアルミウム管で補強すると 30MPa 程度の垂直応力下で実験をすることが可能だが、金属の摩擦または溶融の影響がはいってくる。我々は、より高速摩擦実験を高圧条件下に拡張するためのサンプル・セルの開発を模索していたが、岩石とよく似た挙動をする材料を見つけることが課題であった。共著者の AN によって TiAlV 合金が岩石に近い熱伝導率をもつことを見いだされたので、熱伝導率の異なる物質でホスト試料を作り、龍門山断層ガウジ (Hongkou 露頭から採取; イライト 47%, 石英 41%, スメクタイト 3%, カオリナイト 3%, 緑泥石 2%) を使って摩擦挙動を比較することにした。実験は中国地震局地質研究所の回転剪断式低速～高速摩擦試験機を使用して、0.5, 1.0, 2.1 m/s のすべり速度、1 MPa の垂直応力下でおこなった。ホスト試料としては、ガブロ (熱伝導率 3.3 W/mK)、TiAlV 合金 (同 5.8 W/mK)、ステンレス鋼 (同 15 W/mK)、真鍮 (同 123 W/mK) を用いた。その結果、熱伝導率の低いガブロと TiAlV 合金は著しいすべり弱化を示すのに対して真鍮はほとんどすべり弱化を示さず、ステンレス鋼はそれらの中間的な挙動を示すことがわかった。ホスト試料中の温度測定および COMSOLE による有限要素法解析によって、それらの 4 種類のホスト試料を用いることによって、外側半分のガウジのスリップ・ゾーンでは 90 から 300 °C にいたる平均温度が達成できたことがわかった。実験終了時の摩擦係数は平均温度の上昇にともなって 0.65 から約 0.1 に系統的に減少することが判明した。この実験結果は温度上昇が本質的にガウジの高速弱化をもたらす上で重要であることを示している。粉体潤滑では結果を説明できない。我々は改良された flash heating 理論 (Rice, 2006, JGR; Noda, 2008, JGR; Proctor et al., 2014, JGR; Platt et al., 2014, AGU) と実験結果の比較を始めている。また、TiAlV 合金は高圧用のサンプル・セルを作る材料として有望である。

キーワード: 断層ガウジ, 断層の摩擦, 断層の高速弱化, 高速摩擦実験

Keywords: fault gouge, friction of fault, high-velocity weakening of fault, high-velocity friction experiments