

断層潤滑物質による“弱い断層”の形成過程

The influence of lubricating agents for the strength reduction of faults

大橋 聖和^{1*}, 廣瀬 丈洋²OOHASHI, Kiyokazu^{1*}, HIROSE, Takehiro²¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 独立行政法人海洋研究開発機構 高知コア研究所¹Graduate School of Science, Chiba University, ²Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

成熟した断層の長期的な“弱さ”は、断層近傍における熱流量や応力方位の測定から、内陸活断層やプレート境界の様々な断層において報告されている (e.g., Lachenbruch and Sass, 1980, Zoback, 2000, 山野・濱元, 2006)。これらの弱い断層を作る一つの説明として、一般的な造岩鉱物よりも摩擦強度の低い層状ケイ酸塩鉱物が潤滑剤として機能しているという考えがある。この可能性を検証するために、低強度物質を混合させた模擬物質を用いた実験が古くからなされている (e.g., Logan and Rauenzahn, 1987; Brown et al., 2003; Takahashi et al., 2007; Crawford et al., 2008) が、これらの既存研究では試験機のジオメトリから限られた剪断歪量 () しか与えられてこなかった。一方で、断層の弱さにはその組織が重要であると指摘されている (Collettini et al., 2009)。そこで著者らは剪断歪を無限大に与えられる回転剪断式摩擦試験機を用いて二成分混合ガウジの変形実験を行い、剪断歪量、微細組織、摩擦強度の関係性を調べた。実験には潤滑物質としてグラファイトとスメクタイト (Na-bentonite) をそれぞれ使い、石英砂と任意の割合で混合させた。グラファイトは無水条件下、スメクタイトは無水・含水の両条件下でそれぞれ変位速度 150 μ m-1.3 m/s、垂直応力 2.0 MPa で実験を行った。

実験の結果、グラファイト-石英ガウジ、スメクタイト-石英ガウジ (含水条件下) のいずれもその量比の増加に応じて定常摩擦が減少したが、従来報告されていたようなほとんど線形的な傾向ではなく、量比 10-30 vol % を境に急激に減少する劇的なものであった。この関係性を、与えた歪量ごとに解析したところ、 $\gamma = 10$ 付近 (従来実験が行われていた領域) までは既存研究に近い傾向であったのに対し、 $\gamma = 200$ を超えたあたりから指数関数的に減少する傾向になり、 $\gamma = 2000-10000$ で定常状態に達することが明らかとなった。これは、歪量 (変位量) の増大とともに認められたすべり弱化現象によるものである。実験後の試料の微細構造観察によると、すべり弱化は変形集中帯の形成と、その内部に出現するグラファイトもしくはスメクタイトの連結したすべり面 (Y 面) の形成に対応していることが明らかとなった。これらの結果は従来の低歪量の実験では認められておらず、断層強度への組織発達的重要性を強調し、天然の成熟した“弱い断層”の形成過程に迫るものである。

[引用文献]

Brown, K. M., A. Koef, M. B. Underwood, and J. L. Weinberger (2003), Compositional and fluid pressure controls on the state of stress on the Nankai subduction thrust: A weak plate boundary, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 214, 589-603, doi: 10.1016/S0012-821X(03)00388-1.

Collettini, C., A. Niemeijer, C. Viti, and C. Marone (2009), Fault zone fabric and fault weakness, *Nature*, 462, 907-910, doi:10.1038/nature08585.

Crawford, B. R., D. R. Faulkner, and E. H. Rutter (2008), Strength, porosity, and permeability development during hydrostatic and shear loading of synthetic quartz-clay fault gouge, *J. Geophys. Res.*, 113, B03207, doi:10.1029/2006JB004634.

Lachenbruch, A. H., and J. H. Sass (1980), Heat-flow and energetics of the San-Andreas fault zone, *J. Geophys. Res.*, 85 (Nb11), 6185-6222, doi:10.1029/JB085iB11p06185.

Logan, J. M., and A. Rauenzahn (1987), Frictional dependence of gouge mixtures of quartz and montmorillonite on velocity, composition and fabric, *Tectonophysics*, 144, 87-108, doi:10.1016/0040-1951(87)90010-2.

Takahashi, M., K. Mizoguchi, K. Kitamura, and K. Masuda (2007), Effects of clay content on the frictional strength and fluid transport property of faults, *J. Geophys. Res.*, 112, B08206, doi:10.1029/2006JB004678.

山野・濱元 (2006), 地殻熱流量データに基づく南海トラフ沈み込み帯の温度構造の推定. しんかいシンポジウム予稿集 22, 47.

Zoback, M. D. (2000), Strength of the San Andreas, *Nature*, 405, 31-32, doi:10.1038/35011181.

キーワード: 断層潤滑剤, グラファイト, スメクタイト, 断層ガウジ, 断層弱化, 摩擦実験

Keywords: Fault lubricant, Graphite, Smectite, Fault gouge, Fault weakening, Friction experiment