

模擬断層ガウジの圧密に関する実験的研究 Experimental study about compaction of simulated fault gouge

平田 萌々子^{1*}, 武藤 潤¹, 長濱 裕幸¹, 大槻 憲四郎¹
Momoko Hirata^{1*}, Jun Muto¹, Hiroyuki Nagahama¹, Kenshiro Otsuki¹

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻

¹Department of Earth Sciences, Tohoku University

模擬断層ガウジの摩擦すべり実験より、すべり不安定性はガウジ層内の微細構造発達と密接に関係していることが知られている (Byerlee et al., 1978; Logan et al., 1979; Marone and Kilgore, 1993; Onuma et al., 2011)。ガウジ層の剪断変形の初期段階では、圧密が発生し、剪断変形が十分に進行すると不安定すべりが発生することが明らかになった (Marone et al., 1990)。しかし、計測点がガウジ層から離れており、データ収録速度が遅いため不安定すべりに至るまでの詳細なガウジの変形過程は明らかにされていない。そこで本研究では、歪ゲージを用いて、不安定すべりに至るまでのガウジの挙動をより詳細に調べるとともに、封圧が摩擦の不安定性に及ぼす影響について明らかにした。

ガス圧式圧縮試験機を用いて模擬断層ガウジの摩擦実験を行った。直径 20 mm、長さ 40 mm の斑れい岩の円柱状試料を長軸に対して 50° で切断し、プレカット面に模擬断層ガウジとして石英粉を 0.1 g もしくは 0.2 g 挟んだ。封圧 140?180 MPa、歪速度 10^{-3} /s で実験を行った。外部ロードセル及び、試料の圧縮軸方向に歪ゲージを設置し、軸応力を測定した。また、ガウジを跨ぎガウジに対して 45° の向きに歪ゲージを設置し、すべり変位の測定を行った。これらを収録速度 2 MHz で収録した。模擬断層ガウジの圧密過程を詳細に明らかにするために、載荷時、軸応力がある目標値 (190, 450, 640, 800 MPa) に到達したときに載荷を一時停止した。適当な時間経過後、次の目標値まで載荷した。この操作を不安定すべりが発生するまで繰り返し行った。

ガウジを跨いで設置した歪ゲージは、軸応力を増加させている間は常に伸張した。これはポアソン効果とガウジの剪断変形による当然の結果である。載荷を一時停止している間に、軸応力の大きさに応じてガウジに 3 つの異なる変形挙動がみられた。挙動 1: 最低軸応力 (190 MPa) で載荷を一時停止したときに共通して現れるもので、軸応力の微小な低下に対応して歪ゲージがごくわずかに短縮する。この応力レベルではガウジが弾性的に振る舞うことを示唆する。挙動 2: 軸応力 450, 640 MPa のとき、軸応力低下を伴いつつ歪ゲージが伸長し、その後軸応力は低下し続けるが歪ゲージは短縮に反転する。挙動 3: 載荷を繰り返した後、載荷しつづけても軸応力の増加率が小さくなったときにみられるもので、軸応力低下に対して大きく歪ゲージが伸長する。不安定すべりが発生するのは挙動 3 の後であることが多い。これらの挙動は軸応力の増加に応じながら挙動 1 から挙動 3 へと進展した。さらに、不安定すべりが発生するときの応力は、すでにそれまでに経験した最大応力よりも低いこと、載荷を繰り返す毎にガウジの永久変形が蓄積し、軸応力が増加しなくなることが明らかになった。本研究では、繰り返し載荷されることにより、ガウジが圧密して最密充填に至った後 (挙動 1, 2)、高応力下でガウジ粒子の破壊・すべりが発生したことが力学データから推定される (挙動 3)。これまでのガウジを用いた摩擦不安定性と組織発達に関する研究から、ガウジが圧密により局所的な R1 シアーが形成され、Y シアーへと発展することで不安定すべりに至ることが知られている (Logan et al., 1979; Onuma et al., 2011)。挙動 3 が R1 シアーの形成段階に相当すると考えられ、R1 シアーの発達によってガウジ内部にすべり面が形成され、すべりが開始される。このような過程は高封圧であるほど促進されることから高封圧下では不安定すべりに至るまでの永久変位が小さくなることも明らかになった。以上より、封圧が摩擦不安定性に及ぼす影響と、ガウジが不安定すべりに至るまでの過程をより詳細に、高い時間応答性のもとで力学データと結びつけながら明らかにすることができた。

キーワード: 模擬断層ガウジ, 圧密, 摩擦不安定性

Keywords: simulated fault gouge, compaction, frictional instability