

岩石の断層面形成・成長およびすべり過程に伴うひずみ変化の検出

Strain Field Changes during Fault Formation, Growth, and Slip Processes

川方 裕則 [1], 長 秋雄 [2], 柳谷 俊 [3], 島田 充彦 [3]

Hironori Kawakata [1], Akio Cho [2], Takashi Yanagidani [1], Mitsuhiko Shimada [1]

[1] 京大・防災研, [2] 工技院・地質調, [3] 京大・防災研・地震予知セ

[1] RCEP, DPRI, Kyoto Univ., [2] GSJ, AIST

地震発生場の理解を目的とした室内実験は破壊実験と摩擦すべり実験に大別されるが、地震現象は破壊現象と摩擦すべり現象の中間であり、より現実的な断層運動のモデル化を可能とする実験手法の確立は重要な課題である。我々はこれまでに、封圧下の試料を断層面形成途上で獲得できることを示し、X線CTスキャナで非破壊観察することにより断層面の形状を3次的に捉えることに成功した。本研究では、この手法で回収された試料表面にひずみゲージを分布させ、再載荷し、断層面の接線方向ひずみ場と相対変位の開始を観測した。そして、断層端近傍における接線方向ひずみ場の局所集中を捉え、断層すべり運動に伴うひずみ変化のシナリオを与えた。

地震は、一般に地球内部で発生する断層運動によって生じると考えられている。地球内部での断層運動を実験室で模擬化することは、地震発生場の理解にとって不可欠である。1960年代以降、この種の実験は数多く行われてきた。それらは岩石の破壊実験と摩擦すべり実験に大別される。破壊実験では、実験的に形成される自然に近い断層面上のすべり運動を再現することができるが、実験前に断層面の位置をあらかじめ知っておくことが出来ない。また、破壊現象には断層面形成・成長過程と断層すべり過程の双方が含まれ、両者の分離は困難である。一方、摩擦すべり実験ではあらかじめ断層面を作っておくため、断層すべり過程のみを含み、また種々の測定は行いやすいが、断層面に端がなく、面が研磨されているため、実現されるのは単純化された1次元的な断層運動である。地震発生場の理解のためには、これらの問題点を解決する新たな実験の手法を確立し、この新しいタイプの実験結果から、断層面成長・すべり過程に関する議論を行うことが必要である。我々は、三軸圧縮試験において準静的な断層面形成過程を実現し、断層面形成途上で回収された試料に対してX線CTスキャナを用いて3次的に内部観察を行い、試料内部に形成される断層面を非破壊的に観察することに成功した（1997年地震学会秋季大会）。さらに、平面研削を用いた観察によりX線CTスキャナを用いた内部観察の結果の正当性を確認した（1998年地震学会秋季大会）。本研究ではこれと同様の手法の実験により断層面形成途上の試料を回収し、得られた試料表面にひずみゲージを分布させた。この試料を再度封圧下におき、載荷を行うことにより、断層面成長に伴うひずみ変化および相対変位の開始を測定した。また、得られたひずみ変化の分布を基に断層すべり運動に伴うひずみ変化の新たなシナリオを提案した。

実験には、室温乾燥状態の円筒成形されたWesterly花崗岩（直径50mm、高さ100mm）を使用した。試料は封圧100MPa下で三軸圧縮された。載荷は、周変位速度が一定に保たれるように行い、10~20MPaの応力降下が確認された時点で試料は高速で除荷され、断層面形成途上の状態で回収された。回収された試料はX線CTスキャナを用いて内部観察された。このとき断層面は試料の奥行きに対して約2%であった。断層面の表面トレース上に沿ってひずみゲージを分布させ、再度この試料を用いて同様の手法で三軸圧縮試験を行った。ひずみゲージは断層面の中心付近、先端付近、延長上での接線方向ひずみおよび相対変位のたちあがり測定できるように配置された。相対変位のたちあがりは、断層トレースに直交して貼られたひずみゲージが切れた時点として定義した。弾性論から、断層面の先端付近で接線方向ひずみが局所集中し、その極性は断層面の進行方向前方で収縮、後方で伸張となることが期待される。本研究では、これに完全に調和的なひずみ変化が測定され、非弾性ひずみが存在するピークストレスレベル付近においても弾性論にしたがうひずみの局所化が見られることが明らかにされた。さらに、ひずみの局所集中は、相対変位の開始に先行し、一度局所集中を示した箇所は再び載荷されても局所集中しないことも明らかにされた。ただし本研究において、回収された試料は封圧を加えられた後すぐに再載荷されており、通常の断層面が経験すると考えられるヒーリング過程を経験していない。我々はこれらの結果を基に次のようなシナリオを提案した。

- 1) 断層面先端付近では、断層の非弾性剪断変形による接線ひずみの局所集中が生じる。
- 2) 断層面の先端が通過した後、さらに非弾性ひずみが蓄積することにより、相対変位が生じる。つまり、接線ひずみの局所集中は相対変位の開始に先行して発生する。
- 3) 接線ひずみの局所集中を経験した領域は、再び載荷されても、十分なヒーリング過程を経なければ、局所集中は示さない。