

部分溶融試料を用いた周期変形試験装置の開発: 地震波減衰へのアプローチ

Development of apparatus for cyclic deformation experiment using partially molten samples: an approach to seismic wave attenuation

藤澤 和浩 [1]; 武井 康子 [1]

Kazuhiro Fujisawa[1]; Yasuko Takei[1]

[1] 東大・地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo

地震波の減衰 (Q^{-1}) 特性の解明は、地球内部における温度不均質や流体相の分布を地震波解析でとらえるために重要である。 Q^{-1} は、一般に、ある減衰帯域のみで大きな値を持つという強い周波数依存性を持つ。したがって、地震波帯域での Q^{-1} を予測するためには、減衰帯域の特性 (中心周波数、幅、 Q^{-1} の大きさ) を明らかにすることが必要である。このため、超音波の波動伝播実験のみでなく、周期的変形実験により、地震波帯域を含む広帯域で Q^{-1} の実験データを取得することの重要性が認識されてきた。部分溶融系に関しては、部分溶融にともなう減衰帯域の出現が周期変形実験により示唆されている (Jackson et al, 2004 など) が、既往の実験はすべて、せん断成分に関して行われてきた。一方、沈み込み帯や中央海嶺を対象とする地震波解析においては、 Q_S^{-1} に比べて Q_P^{-1} が高い信頼性で決定されており、部分溶融が予想される領域で大きな Q_P^{-1} が現れている (Tsumura et al, 1998 など)。部分溶融領域における Q_P^{-1} と流体相の体積分率、粘性率、ポア形状との定量的な関係を明らかにすることをめざし、本研究では、体積弾性成分を含む変形モードである縦変形による周期変形実験を、アナログ部分溶融物質を試料に用いて行う。この実験のために、 Q_E^{-1} (E : ヤング率) を 1 mHz - 100 Hz で測定できる装置を新たに開発した。

高さ 80 mm, 直径 40 mm の円筒状試料 ($E \sim 3$ GPa) に一軸応力を周期的に加えて縦変形させる。試料に加える負荷は積層圧電アクチュエータ (共振周波数 ~ 3 kHz, 発生力 ~ 100 N) により発生させる。試料の応力 (~ 30 kPa) は、アクチュエータと試料の間に直列に入れたロードセルによって測定する。試料の歪は、試料ヘッドに反射鏡を取り付け、試料上端の変位 ($\sim 10^{-6}$ m) をレーザー変位計 (分解能 10^{-8} m, サンプリング 50 kHz) で測定することにより求める。歪振幅は 10^{-5} 程度であり、クラックの開口等による非線形性が生じない程度に小さく抑えることができる。

試料の Q^{-1} は、応力と歪の位相差から求める。位相差が試料の特性のみを反映するためには、慣性の影響や、試料-装置間における散逸を小さくすることが重要である。今回の設計では、共振周波数は試料で 5 kHz, ロードセルで 8 kHz であり、100 Hz の周期変形において慣性の影響を無視できる。また、周期的な負荷の他に一定の大きさの圧縮負荷を加えることにより、試料-装置間のカップリングを良くし、散逸をなくす。

試料には、ボルネオール・ジフェニルアミン共融系 (共融点 43°C ; Takei, 2000) を用いる。この系は、界面張力平衡に達したときのポア形状が岩石 + メルト系に近いという特徴がある。恒温槽の中で実験を行い、温度によって濡れ角を 35° - 17° の範囲で変える。2成分の混合比によってメルトの体積分率を変える。試料を長時間 (100 時間以上) にわたり定温に保ち、定常的な粒径、ポア形状に達した後に測定を行う。メルトを含まない試料についても同じ温度条件下で測定を行う。

現在までに、アクリル樹脂を試料とする予備測定を行い、緩やかな周波数依存性を示す 0.05 前後の値の Q_E^{-1} を、0.001-30 Hz の範囲で測定することができた。複数回の測定において、 Q^{-1} は ± 0.002 程度の誤差で再現された。歪振幅 10^{-6} - 2×10^{-5} の範囲では振幅依存性は現れず、装置特性に含まれ得る非線形性は無視できることが示された。また、応力と歪の振幅比から決定される E の分散から見積もった Q_E^{-1} は、位相差から決定された Q_E^{-1} と調和的であり、測定データの信頼性が示された。部分溶融試料を用いた測定を進めることが今後の課題である。