

部分熔融試料を用いた広帯域強制振動実験装置の開発：地震波減衰へのアプローチ

Development of the cyclic-deformation apparatus: an approach to the attenuation of seismic waves in the solid-liquid composites

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

地球内部における温度不均質や流体相の存在を地震波解析でとらえるために、減衰(Q^{-1} , Q_S^{-1})の重要性が指摘されている。減衰は、特性周波数を中心とする帯域のみで大きく現れるという、強い周波数依存性を持つ。室内実験に基づき、地震波帯域での Q^{-1} を定量的に予測するためには、広帯域にわたる測定で減衰帯域の位置と幅を明らかにする必要がある。せん断成分の変形に関しては、オリビン多結晶を試料に用い、1 mHz - 10 Hz のねじり型強制振動実験が行われてきた [Jackson et al., 2004]。しかし、体積弾性成分の変形を含む振動実験に関しては、先行例がない。本研究では、流体相の体積分率、ポア形状、粘性率が減衰の周波数依存性に及ぼす影響を明らかにすることをめざし、10 mHz - 1 kHz の帯域で部分熔融アナログ試料に縦振動を加える強制振動実験装置を開発した。

装置の構成を以下に記す。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。高さ 100 mm の試料(ヤング率 ~ 3 GPa)に一軸応力を周期的に加えて縦振動させる。応力 (~ 100 kPa) は、アクチュエータと試料の間に組み込んだロードセル(共振周波数 ~ 10 kHz, 容量 1kN)によって測定する。歪は、試料の変位と試料高の比で求められる。変位 ($\sim 10^{-6}$ m) は、試料ヘッドに取り付けた鏡を利用し、レーザー変位計(分解能 10^{-8} m, サンプリング 50 kHz)によって測定する。今回の装置における歪振幅は 10^{-5} 程度であり、クラックの開口や非線形性が生じない程度に小さく抑えることができる。

Q^{-1} は、応力と歪の位相差を用いて決定する。位相が試料の弾性、非弾性のみを反映するためには、試料や装置の慣性や摩擦が振動に及ぼす影響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 50 kHz, 装置フレームで 30 kHz, ロードセルで 10 kHz であり、1 kHz の振動において慣性の寄与を無視できる。また、振動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、装置と試料の間のカップリングを良くし、試料以外での散逸を防ぐ。

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。2成分の混合比によってメルトフラクションを変えられる。界面張力平衡に達したときのポア形状は、岩石+メルト系に近く、 35° - 82° ; 17° の範囲で濡れ角を変えられる。実験は恒温槽の中で行い、温度によって濡れ角を制御する。

100 kHz - 1 MHz の帯域における、この試料の Q^{-1} , Q_S^{-1} は、速度分散の解析によって実験的に得られている [Fujisawa and Takei, 合同大会, 2004]。100 kHz で $Q^{-1} \sim 0.1$ という大きな減衰を示した。 Q_P , Q_S 比は 1 前後で、体積弾性成分の減衰の寄与が大きいことを示唆している。大きな減衰が生じた周波数帯域は、小さなメルトフラクション(2%)の試料では 100 kHz - 400 kHz に限られており、減衰帯域の上限がとらえられたと思われる。今回開発した装置の帯域での測定結果を用いることにより、減衰帯域の低周波数側への広がりをとらえられる。