

MK 型固体圧変形試験機における内部摩擦の評価

Estimates of internal friction in the MK-type solid-medium apparatus

清水 以知子[1]; 渡辺 悠太[2]; 道林 克禎[3]; 増田 俊明[4]

Ichiko Shimizu[1]; Yuta Watanabe[2]; Katsuyoshi Michibayashi[3]; Toshiaki Masuda[4]

[1] 東大・理・地惑; [2] 静大・理・生地環; [3] 静大・理・地球科学; [4] 静大・理・生地環

[1] Dept. Earth Planet. Sci., Univ. Tokyo; [2] Department of Bio. & Geo., Shizuoka Univ; [3] Inst. Geosciences, Shizuoka Univ; [4] Inst. of Geosciences, Shizuoka Univ.

固体圧式 3 軸変形試験機では下部地殻～上部マントルに匹敵する高温高压条件を、比較的安かつ容易に達成できるという利点がある一方、固体圧媒体と試料の摩擦が大きいため、油圧式やガス圧式の変形試験機に比べて差応力の精度が低いことが弱点としてあげられてきた。実験においては通常、圧力が所定に達した後に温度を上げ、定変位速度(定歪速度)で試料を変形させるが、増圧中に大きな差応力が生じることは避けなければならない。我々は、MK 型固体圧試験機における増圧および減圧時の封圧・軸圧の挙動を調べ、試料・ピストンと圧媒体の間の摩擦力を評価した。

固体圧試験機 MK65S (1965 年名古屋大学で開発、現在静岡大学に移設)は、ルーチンで封圧～1GPa、温度～1000、歪速度 $10^{(-4)} \sim 10^{(-6)}$ /sec の変形実験が可能である。二重ピストンの外側を油圧ラムで押して封圧を与え、内側ピストンをモーター・ギヤ駆動系で制御する基本構成は標準的な Griggs 型試験機と共通しているが、圧力計測に最大限に配慮して設計されていることに特徴がある。封圧および軸圧は上下それぞれ 1 対のロードセルで測定している。以後、簡単のため外側ピストンにつけられた封圧測定用のロードセルを、「台上」「台下」、内側ピストンにつけられた軸荷重用のロードセルを「軸上」「軸下」と呼ぶ。

今回、直径 40 のパイロフィライトを圧媒体として用い、直径 10 のメノウ試料、アルミナおよび WC の内側ピストンを使用して、ステップ試験を行なった。試験は常温で、油圧ラムによる外側ピストンの上げ下げとモーター・ギヤシステムによる内側ピストンの上げ下げを交互に行なった。封圧を 50～100 MPa 上げると「軸下」ロードセルで測った軸圧は大きく減少し、「軸上」で測った値は逆に上昇した。増圧を止めると上下の軸圧もそのままの値を保持した。減圧時には「軸下」の値が上昇、「軸上」の値が減少に転じた。これらの挙動は、圧媒体と試料・内側ピストンの摩擦によるものと解釈できる。摩擦を考慮すると、試料中心部における軸荷重は、「軸下」荷重と「軸上」荷重の平均値で次のように与えられる：

$$\text{真の軸荷重} = (\text{軸上荷重} + \text{軸下荷重}) / 2$$

これを試料断面積で割った値が真の軸圧となる。一方、摩擦力(接線応力)の総和は

$$\text{摩擦力} = (\text{軸上荷重} - \text{軸下荷重}) / 2$$

で与えられる。摩擦がアセンブリ内部のみで生じると仮定したときの、試料およびピストンと圧媒体の間の平均的な摩擦力は最大で 20 MPa 程度であった。増圧時の封圧変化に対する剪断応力の応答は、可逆的な部分と非可逆的な履歴を示す部分に分けられる。後者から、「みかけの摩擦係数」を求めると 0.025 程度となった。

以上のように、固体圧式変形試験機では圧媒体との摩擦がみかけの軸圧計測値に大きな影響を及ぼすが、MK 型試験機では上下のロードセルを活用することにより、摩擦の効果を補正して差応力を正確に評価できることが示された。