

III-352

岩の破壊靱性値に及ぼす異方性の影響

岡山大学大学院 学生員○塩尻恭士
 爆破研究所、スウェーデン F.Ouchterlony

岡山大学工学部 正会員 廣瀬壮一
 岡山大学工学部 正会員 谷口健男

1. はじめに

ISRM (Internatinal Society for Rock Mechanics) は岩の標準靱性値試験法として Chevron Bend と Short rod の2つの試験体を推奨しているが、それに従って、最近、室内試験ならびにその数値シミュレーション解析による K_{Ic} 値の評価が数多く行われている。しかし、これらの研究の多くは岩を等方性として取り扱っている。実際の材料をみると、花崗岩や砂岩のように異方性を示すものが数多くあり、これが破壊靱性値評価の誤差の原因ではないかと指摘されている。本研究では、岩の異方性が ISRM 標準破壊靱性試験の K_{Ic} 値にどのような影響を及ぼすかを数値シミュレーションしたものである。本報告では Chevron Bend 試験体について解析を行っている。異方性の材料パラメータを変化させて開口変位ならびに応力拡大係数を求めることにより異方性が破壊靱性に及ぼす影響を明らかにした。

2. Chevron Bend の数値シミュレーション法

解析モデルは図1に示すような Chevron Bend 円筒供試体を用いた。モデル寸法は、 $D=100\text{mm}$, $S=333\text{mm}$, $a_0=15\text{mm}$, $t=0$, $2\theta=90^\circ$ とした。また、クラック面の進展をシミュレーションするために $a-a_0$ の値を $0.05D$, $0.15D$, $0.2D$, $0.25D$, $0.3D$ と変化させた。解法は線形破壊力学を基礎とした3次元FEMである。き裂先端における開口変位を精度良く求めるためにき裂線を含む要素に対して15節点特異要素を用いた。その他の要素については20節点アイソパラメトリック立体要素を用いた。岩は横等方性とし、異方性の方向が直交座標系と一致しているとする。このとき、解析モデルは1-3平面及び2-3平面において対称なので、1/4モデルを用いて解析を行った。なお、このときの総節点数は2185個で、要素数は440個である。

3. 異方性パラメータの選定

横等方性と仮定した場合、独立な材料定数は6個存在する。ここでは、実験から得られた岩の材料定数をもとに次の3つの仮定を置き、独立な3個の定数を選定した。いま、等方性を示す面を1-2平面とすると、①ヤング率に関しては $E_1=E_2=\gamma^{-1}E_3$ なる関係がある。②ポアソン比に関しては $\nu_{23}=\nu_{13}=\gamma^{-2}\nu_{12}$ なる関係がある。③せん断剛性に関しては、等方性を示す面内に関するせん断剛性は、等方性の場合と同様に $1/G_{12}=2(1+\nu_{12})/E_1$ を用いる。他の2つは近似的に $1/G_{23}=1/E_2+1/E_3+2\nu_{23}/E_2$ ならびに $1/G_{31}=1/E_3+1/E_1+2\nu_{31}/E_3$ によって与えられるものとする。以上のことより、独立な材料定数は、いずれか1個のヤング率、 γ 、いずれか1個のポアソン比の3個となる。異方性の軸が直交座標系と一致する場合、軸の取り方により (a)1-2平面等方 ($E_1=E_2=\gamma^{-1}E_3$)、(b)2-3平面等方 ($E_2=E_3=\gamma E_1$)、(c)3-1平面等方 ($E_3=E_1=\lambda^{-1}E_2$) の3通りが考えられる。

4. 解析結果の評価

図2は上述の(a)~(c)の場合に対応して、様々なヤング率比 λ (γ) に対して a/D を変化させたときのA値を示したものである。ここに、A値とはき裂前面(図1のBの部分)で求められた各点の応力拡大係数 K_I を $K_I/(F/D^{1/2})$ によって無次元化し二乗平均したものである。また図3は、図2に対応して開口変位をプロットしたものである。これらの図より、A値に及ぼす異方性の影響は小さく、いずれの場合も等方性の値の数パーセント内にあることが言える。しかし、開口変位に及ぼす異方性の影響は、1-2平面等方の場合を除いて、ヤング率比の変化によってかなり値に幅がでてくることがわかる。また、いずれの場合も $a/D=0.3$ 付近で最小値をとることから、 $a/D=0.3$ においてき裂は安定成長から不安定成長に変わるといえる。

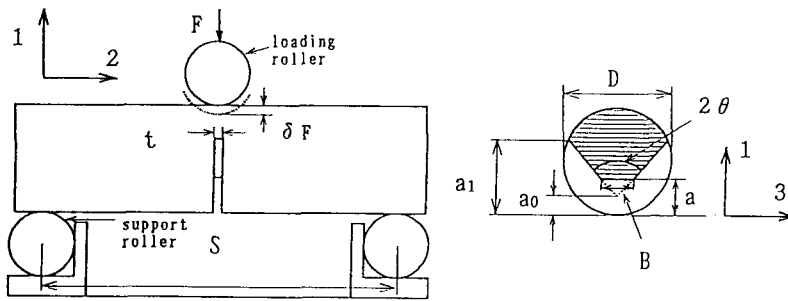


図1 Chevron Bend 供試体

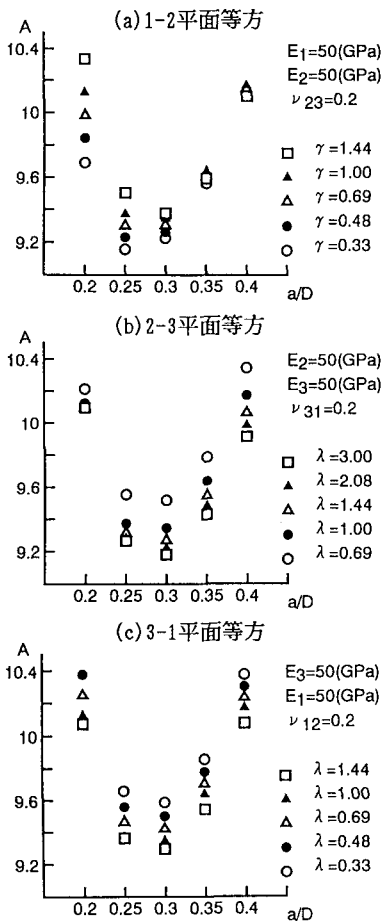


図2 a/D と A 値の関係

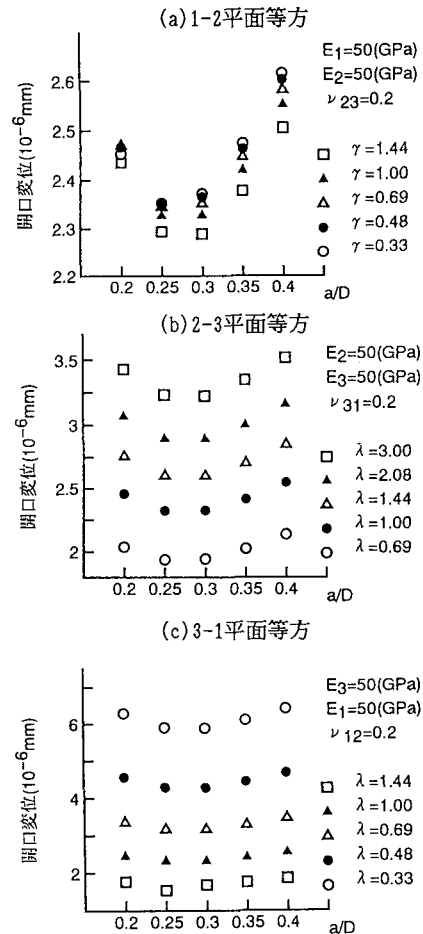


図3 a/D と開口変位の関係

参考文献

V. E. Saouma and E. S. Sikiotis, Eng. Fract. Mech. Vol. 25, pp. 115-121, 1986