

クラック構造解析による三軸圧縮変形中に発生・進展するクラックの開口幅の推定

Estimate of aperture of stress induced cracks during triaxial compression test by crack fabric analysis

竹村 貴人[1], 小田 匡寛[2]

Takato Takemura[1], Masanobu Oda[2]

[1] 埼玉大・院・理工, [2] 埼玉大・工・建設

[1] Graduate school of Science and Engineering, Saitama Univ., [2] Civil and Environmental Engineering, Saitama Univ.

目的 岩盤および岩石の力学・水理学的特性の把握は放射性廃棄物の処分場や岩盤内エネルギー貯蔵施設の建設において重要である。岩盤および岩石の長期安定性を考える上で透水挙動の変化は重要な課題の一つとなる。花崗岩質岩石において、透水挙動の変化は水みちとなりえるマイクロクラックの幾何に依存する。花崗岩質岩石中の透水係数をマイクロクラックの幾何からみると、最も重要な役割を担うパラメータは開口幅（の3次元モーメント）と連結性である（Suzuki et al., 1998）。静水圧下におかれた岩石の間隙率と体積歪みの関係は Brace et al., (1964) により議論されているが、脆性破壊の進行に伴うクラックの構造（方向・密度・開口幅）の変化についての定量的な議論はなされていない。本研究ではステレオロジーを用いた3次元構造解析と三軸圧縮試験から脆性破壊の進行に伴う、マイクロクラックの開口幅の推定を試みる。

構造解析 岩石中の全クラックの密度はクラックテンソル F_{ij} を用いることにより、 F_{ij} の第1不変量 F_0 として表現することができる（Oda (1982)）。ここで、ステレオロジーを利用することで3次元の F_{ij} を推定することができる。またクラック密度 F_0 は無次元量である。一方、岩石中のクラック量は非弾性体積歪み evl で表すことができる。ここで、体積歪みは歪みテンソルの第1不変量である。3次元のクラックテンソルは互いに直交する3つの断面のクラックトレース図から測定された、単位長さの走査線に交わるクラックの数 $m(q)$ とクラック長さ分布 $f(l)$ を使い求めることができる（Kanatani, 1987, Oda, 1984）。

実験 本研究で用いた岩石試料は稲田花崗岩である。脆性破壊の進行に伴うクラック密度を得るため、破壊応力の95%、100%と破壊後の合計3つの試料を三軸圧縮試験（MTS モデル 815）により作成した。これらの実験は室温・乾燥試料を用いて拘束圧 80MPa で周変位制御一定（0.0005mm/sec）の条件でおこなわれた。得られた供試体の中心部分を用いて構造解析を行った。

結論 クラック密度 F_0 は、脆性破壊の進行に伴ない着実に増加している。この増加は、非弾性体積歪みの累積と関係付けられる。三軸圧縮試験中の非弾性体積歪み evl とクラック密度の増分 $dF_0 = F_0 - F_0(\text{intact})$ と比例関係にある。ここで非弾性体積歪みは圧縮試験中の間隙率の増加 dF であることに注意すれば、この関係は次のように表せる。

$$-evl = df = ndF_0$$

ここで、 n はマイクロクラックのアスペクト比と呼ばれ、三軸圧縮変形中に発生・進展するマイクロクラックの開口幅 t がその寸法 r に比例するとした時の比例定数である。本研究では $n = 5.28e^{-4}$ の結果が得られた。この n の値はマイクロクラックの開口幅を推定する上できわめて重要な役割を担う。低封圧下では横方向から拘束される応力が小さいため、幅の広いマイクロクラックが発生・進展し、その非弾性体積歪みを増加させる。その一方で、高封圧下では横方向からの拘束圧が大きいため、幅の狭いマイクロクラックが発生・進展し、非弾性体積歪みをそれほど増加させない。従って、先に求めた n の値は封圧に依存すると考えられる。