

III-249 一軸圧縮下の岩石の変形挙動における微小割れ目の影響について

埼玉大学 正会員 長田 昌彦
 佐藤工業 長町 貴弘
 熊谷組 東海枝 圭司

1. はじめに

岩石の変形特性は鉱物組成が異なれば当然異なるが、同じ組成であっても鉱物間の結合の仕方やその結合力、またはその他の構造的な特徴によって様々に変化する。この変形特性と岩石内部の微視的構造との因果関係を明らかにすることは容易ではないが、今後期待される様々な力学特性とそのメカニズムの解明において重要な意味を持つと考えられる。そこで本報告では特に応力-軸歪曲線の弾性領域における側方向の変形特性に着目し、微小割れ目の定向配列との関係について検討する。

2. 露頭観察

露頭観察は図1に示す釜石鉱山内部のNW押し坑道とKD-88坑道の分岐地点付近にて行なった。ここは蟹岳花崗閃緑岩体の内部に位置し、地表面下約260mである。またこの岩体は東北東の走向を持ち、北西に急傾斜した割れ目が卓越しており、構造的な特徴となっている¹⁾が、割れ目の形成時期には前後関係があり、またせん断・引張の両モードが存在する。ほとんどの割れ目は緑泥石あるいは方解石で充填されており、特に緑泥石に充填された割れ目には条線がしばしば見られる。条線を持つ割れ目の方向のみをステレオプロットすると、図2のようになり、上述の全体の割れ目の卓越方向と大差なく、条線のセンスを考慮してもこの図あるいは露頭観察からはこれらのせん断割れ目が共役である根拠はない。

また一軸圧縮試験用並びに顕微鏡観察用の試料を定方位で採取した。

3. 顕微鏡観察

採取した試料の直交3方向より岩石薄片を作製し、偏光顕微鏡により内部組織を観察した。この花崗閃緑岩は、主に粒径が1~3mmの斜長石、石英、黒雲母、角閃石よりなり、割れ目の付近では帯状に黒雲母、角閃石が緑泥石化し、斜長石にはへき開に沿って白雲母が生じているが、割れ目から離れた場所ではほとんど変質を受けていない。また各鉱物において定向配列は認められず、均質に分布していると言える。微小割れ目は鉱物粒内(intragranular cracks)、および粒界(grain boundary cracks)に発達しているが、いくつかの粒子を切って定向配列しているもの(intergranular cracks)も認められた。岩石の変形挙動には前二者が少なからず影響を及ぼすものと考えられるが、これらは巨視的には等方的に分布しており、従って変形挙動には等方的に影響を及ぼすと考えられる。そこでintergranular cracksのみに着目し、その方位をユニバーサルステージを用いて計測すると、図3のようになる。これより全体の割れ目系とintergranular cracksの方向が大まかには一致していることがわかる。

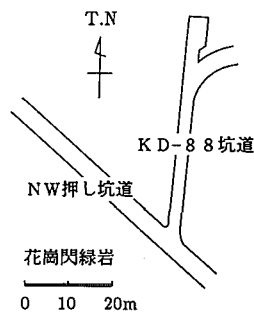


図1 調査区域

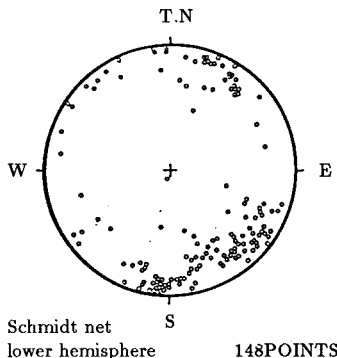


図2 条線を有する割れ目のステレオ投影

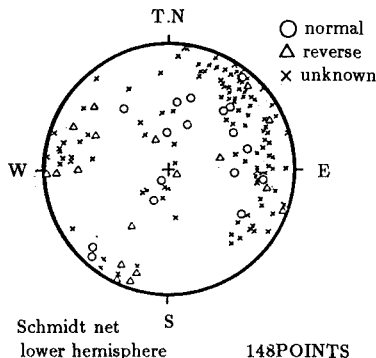


図3 条線方向のステレオ投影

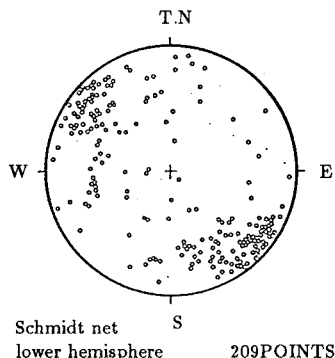


図4 intergranular cracksの投影

4. 試験方法

intergranular cracks の卓越方向の法線を含む直交3方向より円柱供試体(5cm × 10cm: 物性値を表1に示す)を作製し、一軸圧縮試験を行なった。歪は図5に示すように84mm 歪ゲージ2枚とロゼットゲージ6枚により計測し、それぞれの平均を歪の値とし²⁾、また個々のロゼットゲージより求めた最大主歪の方向は100kgf/cm²以上では±10°以下になるようにした。

5. 試験結果

図6に载荷方向を考慮した応力-歪曲線を示す。坑道に垂直に载荷した供試体では初期の段階で下に凸になっているが、変形係数は方向によらずよく一致している。また多くの試験で認められるように応力-軸歪曲線は弾性領域にあるが、応力-側方歪曲線は途中から線形性を崩している。そこで応力50kgf/cm²に対する歪増分をとってみると図7のようになる。側方歪増分はある応力レベル(500kgf/cm²)までは等方的に挙動をしているが、それ以上の応力では方向により異なる勾配で増加しており、増加量はintergranular cracks に垂直な方向に载荷した場合に最大であった。また軸歪増分 $\Delta\epsilon_{axial}$ と側方歪増分 $\Delta\epsilon_{lateral}$ の勾配は異なっており、Poisson比は応力の関数となっていることがわかる。

6. 考察

側方歪増分が、ある応力までは等方的であり、それ以上の応力で異方的にふるまうこと、変形が進む段階で軸方向に生じた微小割れ目が横方向に連結する³⁾ことを考えると、この挙動はintergranular cracks の部分が剥離し、側方歪が急増していると推定される。今後この推定が妥当であるかどうかクラックの進展箇所を直接可視化することで確かめる予定である。

7. まとめ

1) 巨視的な割れ目の方向と、微小割れ目の卓越方向は大まかには一致している。2) 一軸圧縮試験において側方歪増分は、ある応力までは等方的であり、それ以上の応力で異方的に挙動する。3) その挙動は微小割れ目の配列に関係しており、微小割れ目面に垂直に载荷したとき勾配が最大となった。

謝辞 本報告を作成するにあたり、動力炉・核燃料開発事業団および日鉄鉱業(株)には現地調査の便宜ならびに貴重なデータをご提供頂いた。ここに記して深く感謝の意を表する。

参考文献 : 1) 野口 義文, 飯島 章夫, 中村 直昭 : 花崗岩体の深部における割れ目の評価と透水性 : 第11回西日本岩盤工学シンポジウム論文集, pp.85-100, 1990. 2) Gustkiewicz, J. : Strain fluctuations in heterogeneous rocks : Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol.12, pp.181-189, 1975. 3) Nesetova, V. & Lajtai, E.Z. : Fracture from compressive stress concentration around elastic flows : Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol.10, pp.265-284, 1973.

間隙率 n	0.28 %
単位体積重量 γ	2.76 tf/m ³

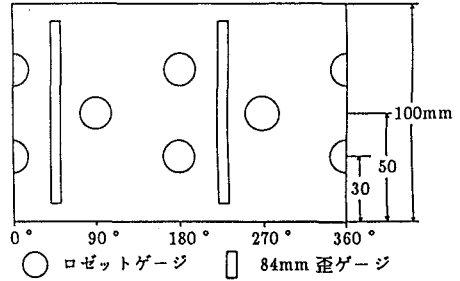


図5 供試体側面の歪ゲージ位置

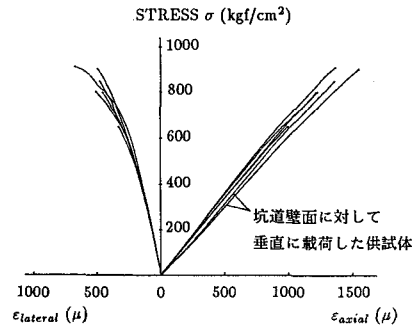
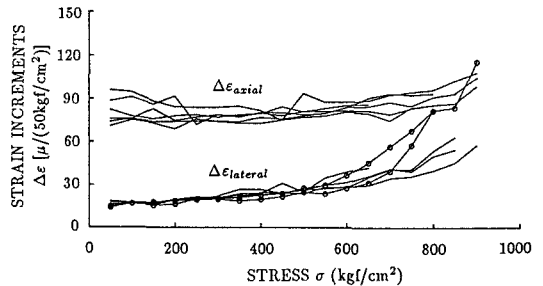


図6 応力-歪曲線



○ 微小割れ目面に垂直な方向に载荷した供試体

図7 応力-歪増分曲線