

III-374

岩盤亀裂透水特性の拘束圧・応力履歴依存性に関する考察

大成建設 技術研究所 会員 ○岩野 政浩
 大成建設 技術研究所 会員 青木 智幸
 大成建設 技術研究所 会員 飯星 茂

1. はじめに

岩盤亀裂の透水特性は、平行板モデルによる三乗則に基づいて評価する方法が従来より用いられているが、Kranz ら(1979)の室内実験及びPrattら(1977)の原位置試験結果から、亀裂に作用する応力（封圧，間隙水压）変化に伴う亀裂の非弾性挙動により，亀裂の透水特性は有効封圧と応力履歴に依存して複雑に変化することが示されている。本研究においては，自然亀裂を含む岩石供試体を用いて，亀裂の透水特性に対する拘束圧と応力履歴の影響を調べるため，室内において三軸定水位透水試験を実施し，亀裂の変形－透水特性について考察を加えた。

2. 岩石試料及び室内実験

供試岩石は，愛媛県菊間町産の花崗閃緑岩で，供試体中央部に自然亀裂が軸方向に貫通する形で，直径5cm，長さ5cmの円柱状に成形した。本花崗閃緑岩の基本的物性値を表－1に示す。供試体は，側面亀裂部分を水中硬化エポキシでシールした後，脱気法により完全飽和させ，シリコンゴムにより試料全体を被覆し，カンチレバー型直径変位計（Cantilever Radial Displacement Transducer: CRDT）を供試体中央部に亀裂面に垂直な方向にセットし，軸・横方向一對のひずみゲージを供試岩石に貼付して，亀裂及び岩石基質部の変形計測を実施した。実験は，図－1に示すような三軸試験装置を用い，等方応力状態で20 MPaまで段階的に加圧・減圧を三回繰返す実験を行い，各応力段階で供試体上下端面に所定の水頭差を作用させる定水位透水試験を数段階の応力レベルで実施した。なおこの際，各透水試験時に水頭差を3段階変化させてダルシー則が満足されることを確認しながら実験を行った。

3. 実験結果

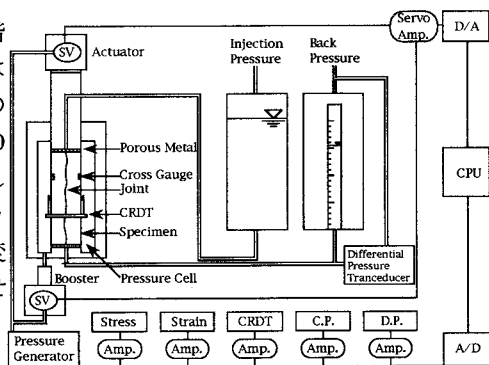
表－1 菊間花崗閃緑岩の物性値

単位体積重量	2.68 t/m ³
弾性係数	320,000 kg/cm ²
ポアソン比	0.228
P波速度	4,380 m/sec
S波速度	2,560 m/sec
透水係数	1.77×10^{-11} cm/sec
有効間隙率	0.586 %

図－2は，1回目の載荷・徐荷で得られた直径変位計（CRDT），横ひずみゲージ（Gauge）の計測結果を，亀裂を含まないインタクト供試体（Intact）の変形計測結果と併せて示したものである。またCRDTと横ひずみゲージの変位量の差として得られる亀裂のみの変位（Joint）も併せて示す。亀裂の最大閉塞量として20 MPaで39.3 μ m，また残留変位量として30.2 μ mの変形が得られ本試験で用いた自然亀裂は強い非弾性挙動を示すことが明らかとなった。図－3は，3回の繰返しによるCRDTの累積変位と各載荷・徐荷段階で得られた亀裂の変形挙動を示したものである。本亀裂は最初の載荷・徐荷により強い非弾性挙動を示すが，以降の変形挙動は弾性的であり，2回目以降の応力履歴により20 MPaでは約12 μ m閉塞する。図－4は透水試験より得られる流量から算定された透水量係数を拘束圧に対してプロットしたもので，最初の応力履歴により透水特性は大幅に変化するものの，以降の応力変化に対してはあまり変化せず，15 MPa以上ではほぼ一定となっている。

4. 考察

自然亀裂の変形－透水挙動は強い拘束圧依存性を示し，



図－1 三軸試験装置の概要

また応力履歴も大きな影響を及ぼすことが、本試験結果より確認された。また、透水試験結果より三乗則を仮定して水理学的開口幅(Hydraulic Aperture)を算定し、また3回目の亀裂変位より本亀裂の最大閉塞量は $42\mu\text{m}$ であるとして力学的に変形し得る開口幅(Mechanical Aperture)を試算し、透水量係数に対して両対数上にプロットしたものを図-5に示す。水理学的開口幅は三乗則を仮定して算定しているため一直線上の変化となるが、変位計測に基づく力学的開口幅は、初期開口幅の設定(最大閉塞量)の設定に議論の余地はあるものの、Krantzらが示した結果と同様に、同じ透水量係数を与える水理学的開口幅より大きくなり、その比率は亀裂の透水性が大きな場合に顕著となる。また、亀裂の変形に伴う平均開口幅(力学的開口幅)は応力履歴の影響を示すヒステリシスを描くため、亀裂のモデル化と亀裂内浸透に寄与する等価有効開口幅(Tsang 1992)の設定には充分な注意が必要であろう。

5. おわりに

亀裂の変形-浸透挙動を統一的に表現できる概念モデルの構築は、各種地下構造物の設計及び機能評価において重要な研究課題である。今後は、様々な亀裂に対する実験データの蓄積を基に、亀裂内間隙構造・接触状態及び亀裂内有効応力と変形-透水特性の関係に対する検討を実施し、亀裂の透水特性の評価手法の確立を目指して研究を鋭意進めていく予定である。

参考文献>

- 1) Krantz R.L. et al. (1979), Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol.16, pp.225-234
- 2) Pratt H.P. et al. (1977), Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol.14, pp.35-45
- 3) Tsang Y.W. (1992), Water Resources Research, Vol.28, pp.1451-1455

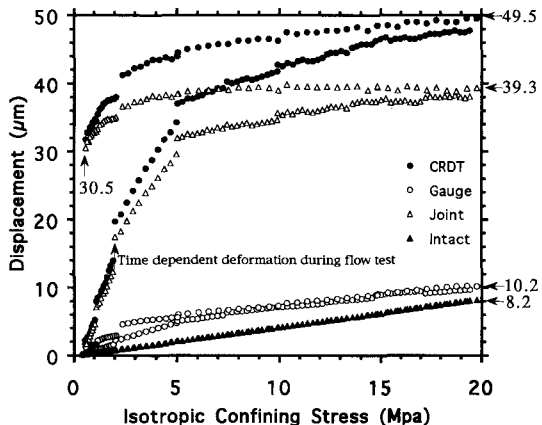


図-2 初期載荷・徐荷時の変形

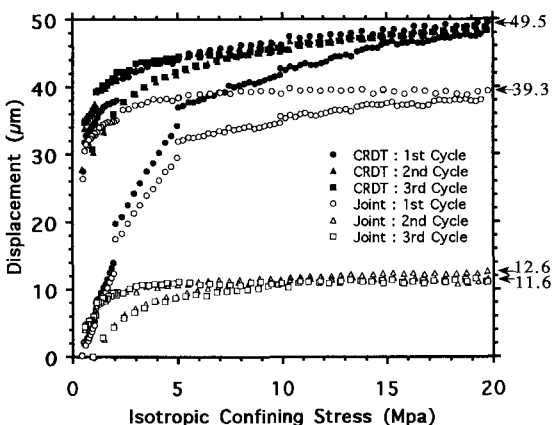


図-3 繰返し載荷時の亀裂の変形

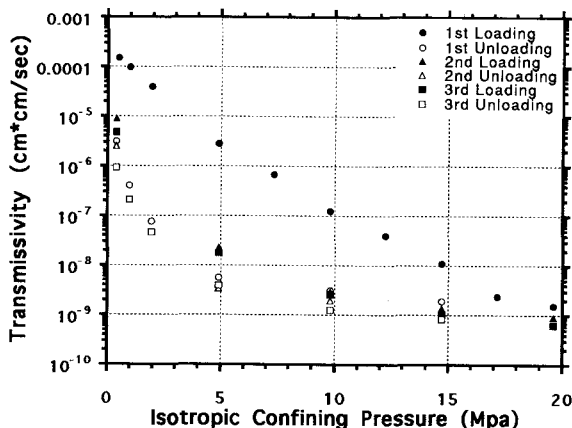


図-4 透水量係数の変化

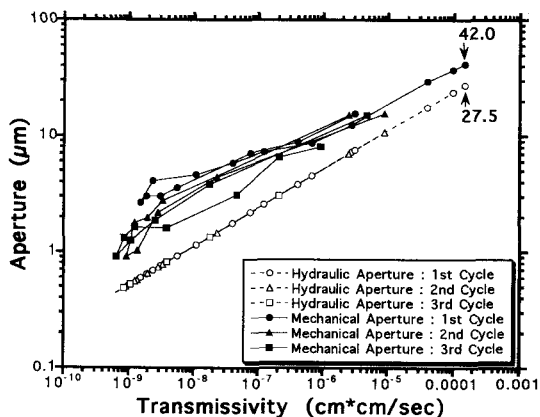


図-5 力学的開口幅と水理学的開口幅