

III-630

岩盤亀裂内間隙構造と透水特性に関する考察

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 飯星 茂

1. はじめに

岩盤亀裂内の透水性は、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、Hakami(1988)の室内実験及びAbelinら(1985)の現位置試験結果より、亀裂内の水の運動は、二次元的な複雑な系路を取るチャネリング現象を示すことが明かにされ、亀裂内透水性の評価について新たな問題を提起している。この現象は、亀裂内間隙（開口幅）の分布状態、上下面の接触状況、充填物の有無などの様々な要因が影響しあって生じるものと考えられる。本研究においては、亀裂内間隙構造に着目し、5種類の岩石における高精度な亀裂表面形状の計測結果より、亀裂内間隙分布を求めた。さらに統計的手法を用いて間隙構造を調べ、特に透水量係数の異方性との相関について考察を加えた。

2. 間隙構造の計測

開口性亀裂の間隙分布を計測する手法は種々提案されているが、本研究では非接触型のレーザー変位形を用いて、亀裂を形成する岩石両面の凸凹を計測し、同一計測点における凸凹を重ね合わせることで便宜的に間隙分布を求めた。ただし、二次元線型回帰分析を行い計測に伴う誤差を補正し、亀裂面内の接触点を決定し、その点を基準に他の計測点の間隙（開口幅）を算定した。供試岩石は、表-1に示す5種類であり、菊間花崗岩については、自然亀裂と引張り亀裂の2種類を用いた。引張り亀裂は、供試岩石を直径5cm×高さ5cmの円柱形に成形した後、圧裂引張りによって作成した。亀裂表面の凸凹の計測は、円柱形の軸方向（X方向）に4cm、それと直角な方向（Y方向）に4cmの範囲で、平面的に1mm×1mmの間隔で実施した。算定された亀裂内間隙分布の特徴を調べ、統計量としてまとめて表-1に示す。間隙構造が最も不均質なものはKGTであり、均質なものはKGNと言えよう。図-1に算定された間隙分布の例として、KGNの間隙分布状況を示す。

3. 間隙構造の評価

図-2に6つの亀裂内間隙の頻度分布曲線を示す。分布曲線の形より、間隙の分布は正規分布もしくは対数正規分布で近似可能であることが理解できる。データを確率紙上にプロットし、その直線性を分析した結果、Gentierら(1989)が示した結果と同様に、亀裂内間隙分布は対数正規分布で充分近似できることが確認された。亀裂内の流動特性に影響を与えるものとしては、間隙の分布状況とともに、間隙構造の空間的相関性が重要であることがTsangら(1989)によって指摘されている。そのため、本研究においては、計測領域の範囲内で、二次の定常性を仮定し、二次元の自己相関関数を用いて間隙構造

表-1 亀裂内間隙構造の統計量

			平均値 (μm)	標準偏差 (μm)	変動係数	最大値 (μm)
菊間花崗岩	Natural	KGN	64.0	10.5	0.165	110.1
菊間花崗岩	Tension	KGT	145.1	37.7	0.260	274.7
稲田花崗岩	Tension	IGT	120.0	24.5	0.204	200.2
三城目安山岩	Tension	SAT	83.6	14.5	0.173	144.4
東待砂岩	Tension	KST	76.3	14.1	0.184	128.1
秩父片岩	Tension	CST	43.1	11.9	0.276	87.1

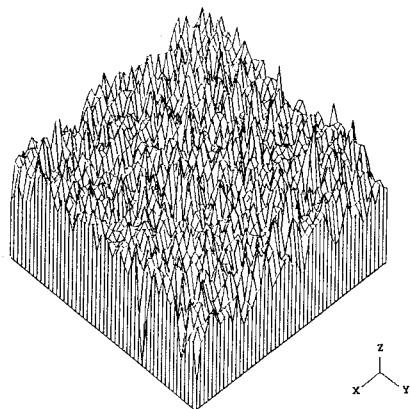


図-1 菊間花崗岩の亀裂(KGN)内の間隙分布

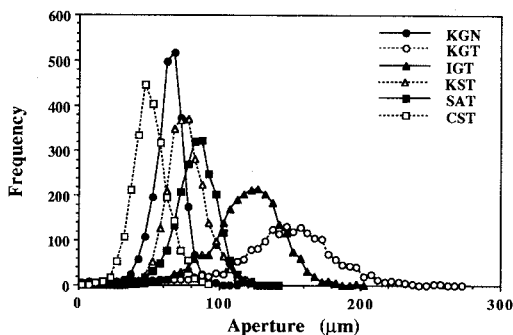


図-2 亀裂内間隙の分布曲線

の空間的相関性を評価した。図-3に3つの亀裂内間隙（KGN, KGT, KST）の自己相関関数を示す。図中KGN, KGTの自己相関関数は、相関が認められる範囲が非常に小さい（5mm以下）スパイク状で、また等方的であることが理解できる。一方KSTは、X方向（供試体軸方向）に4cm以上の相関を有し、Y方向の相関は低く、強い異方構造となっていることが理解できる。他の3種類の亀裂間隙構造の結果も併せて、表-2にまとめて示す。本結果より、火成岩における亀裂内間隙は、鉱物の大きさやその成因にも依存すると考えられるが、ほぼランダムに亀裂内に分布すると推定できる。一方、堆積岩、変成岩では、圧裂引張りで形成される亀裂内間隙構造に異方性が誘発される可能性があり、それは岩石形成時に形成される構造異方性と強い関連を持つものと考えられる。

4. 透水特性

単一亀裂の透水性・貯留性の評価は工学的に重要な問題であり、これらの特性は亀裂内間隙構造に支配されている。岩野（1991）は、Stochastic Flow Theoryに基づいて、不均質な間隙分布を有する単一亀裂の等価透水量テンソルを算定する手法を提案している。表-2は、本研究で用いられた6つの亀裂間隙構造に対して、透水量テンソルの主値を三乗則による値と併せて試算したものである。本結果より、間隙構造が等方な4つの亀裂は、ほぼ等方的な透水特性を示し、KST, CSTは異方的な透水特性を示す。異方性の度合は、CSTが強く、三乗則に基づいて算定される透水係数に比べ、最大主値で1.26倍、最小主値で0.79倍となり、異方性の比は1.60倍となる。この結果が小さなスケールの亀裂に対するものであることを考慮すれば、原位置岩盤においては亀裂の透水特性の異方性の評価がより重要となることは明瞭であろう。

5. あとがき

亀裂内の間隙分布の実測例は少なく、亀裂内透水特性との関連を論じた研究例も限られている。今後は実測データの蓄積はもとより、亀裂内透水特性の調査・試験手法の開発、現位置への適用性の検討を実施し、亀裂内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)Abelin H. et al. (1985), Technical Report 85 - 03, SKB, Stockholm.
- 2)Gentier, S. et al. (1989), Rock Mechanics and Rock Engineering, Vol.22, No.3, pp.149-157.
- 3)Hakami, E. (1988), Licentiate Thesis, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden.
- 4)Tsang, Y.W. and C.F. Tsang (1989), Water Resources Research, Vol.25, No.9, pp.2,076-2,080.
- 5)Iwano, M. (1991), Proc. of the 23rd Sym. on Rock Mech., pp.327-331

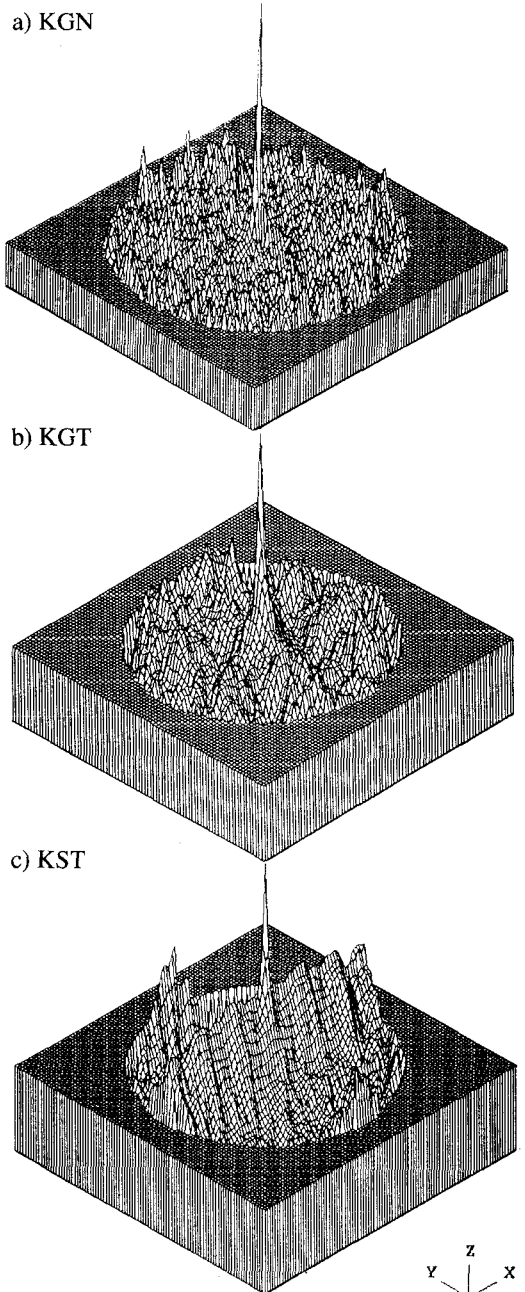


図-3 2次元自己相関関数の解析例

表-2 構造特性と透水量係数

	構造特性		透水量係数 ($\times 10^{-3}$ cm ² /sec)			
	自己相関性	方向性	三乗則	最大主値	最小主値	異方度
KGN	1 cm以下	等方	1.88	2.03	1.74	1.171
KGT	2 cm以下	等方	21.88	23.43	20.44	1.147
IGT	1 cm以下	等方	12.38	12.79	11.98	1.068
SAT	1 cm以下	等方	4.18	4.44	4.15	1.068
KST	4 cm以上	異方	3.18	3.48	2.91	1.266
CST	4 cm程度	異方	0.57	0.73	0.45	1.600