

Ⅲ - A284

拘束圧下にある単一岩盤亀裂の開口幅分布と透水特性について

関西大学工学部

アジア航測（株）

関西大学工学部

正会員 楠見 晴重

正会員 ○金田 俊哉

正会員 西田 一彦

1. まえがき 近年、新たな利用空間として地下空間が注目されている。地下空間に構造物を建設する際に対象となるのは岩盤であり、岩盤の力学的挙動と同時に、亀裂内の透水特性を把握することは重要な課題である。本研究では、岩盤不連続面の透水特性に影響を与えている亀裂形状、特に亀裂開口幅に着目し、統計的手法を用いて拘束圧下にある単一岩盤亀裂の透水特性との関連性について検討を行った。

2. 実験概要 実験には稲田花崗岩を用い、高さ 100mm、直径 50mm の円柱形に整形し、圧裂試験により人工的に単一亀裂を作成したものを使用した。図-1 は透水試験機の概略を示しており、高压三軸試験機を透水試験用に改良したものを用いた。単一亀裂を有する供試体に拘束圧を 10 kgf/cm^2 ずつ $10 \sim 50 \text{ kgf/cm}^2$ まで変化させ、各拘束圧下で動水勾配を 10, 30, 50, 70, 100 と作用させ、透水試験を行った。また、カンチレバー型直径変位計を供試体に取り付け、各拘束圧下における供試体の直径変位を測定し、供試体の基質部変位を引くことによって亀裂変位を算出した。図-2 は亀裂面形状計測装置の概略図である。レーザー変位計を用いて 1mm 間隔の格子状に各亀裂面の約 5000 点について凹凸を測定した。その両亀裂面のデータを重ね合わせることで、亀裂部分の開口幅を算出した。本研究では、亀裂形状に変化を与えるために、1 本の供試体につきせん断試験を 2 回行い、せん断前、1 回目のせん断後、2 回目のせん断後において透水試験、亀裂形状計測を行った。

3. 解析方法 図-3 は、透水試験時に得られた流量より算出した水理学的開口幅と各拘束圧下における亀裂変位の関係を示している。この両者の関係の近似直線より、亀裂変位 d の最大値 $d_{\max}$ を亀裂の初期開口幅 a_0 とし、次式により各拘束圧下における力学的開口幅 a_n を算出した¹⁾。

$$a_n = a_0 - d_n \quad \dots (1)$$

ここで d_n は、各拘束圧下における亀裂変位を示す。この力学的開口幅の拘束圧による閉塞率と亀裂形状計測による各点の亀裂開口幅の平均値 A_{ave} を用いて、次式により各拘束圧下における亀裂閉塞量 b_n を求めた。

$$b_n = (1 - a_n / a_0) \times A_{ave} \quad \dots (2)$$

また、各拘束圧下における亀裂閉塞量 b_n を亀裂形状計測による各点(約 5000 点)の亀裂開口幅の値 A_i から引くことによって、各拘束圧下における各点の数値的な開口幅 A'_i を求めた。

$$A'_i = A_i - b_n \quad \dots (3)$$

単一岩盤亀裂、接触率、数値的開口幅

〒564-80 関西大学工学部土木工学科 吹田市山手町 3-3-35 TEL/Fax(06)368-0837

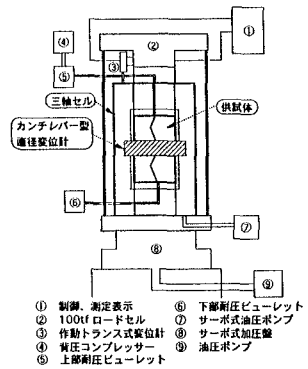


図1 透水試験機

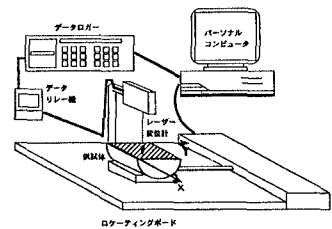


図2 亀裂面形状測定装置

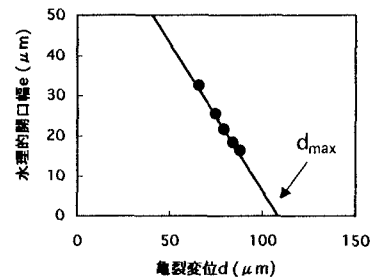


図3 亀裂変位と水理学的開口幅

図-4は、数値的開口幅算出法のフローチャートを示している。また、岩盤亀裂に拘束圧が作用すると、亀裂開口幅の閉塞が進行し、亀裂面同士が接触する部分が現れることが予想される。本研究では、数値的開口幅の値が負となった測点は接触箇所とみなし、次式によって亀裂面同士の接触率 CR(Contact Ratio)を定義した。

$$CR = (N_{CR} / N) \times 100 \quad \cdots (4)$$

ここで、 N_{CR} は数値的開口幅が負となった測点数、 N は全測点数を表している。

4. 結果および考察 図-5 (a)、(b)は、それぞれ透水性が極端に異なる供試体の数値的開口幅の度数分布を拘束圧をパラメータとして表している。両供試体とも拘束圧の作用により、分布形状

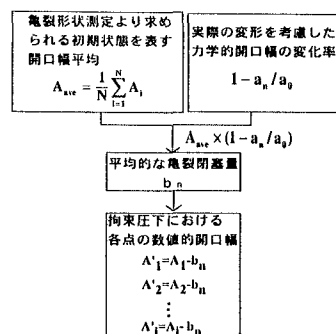


図4 数値的開口幅の算出法

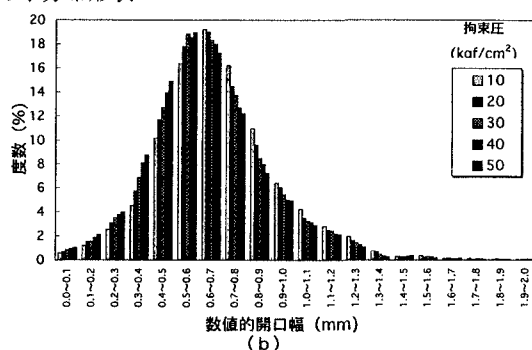
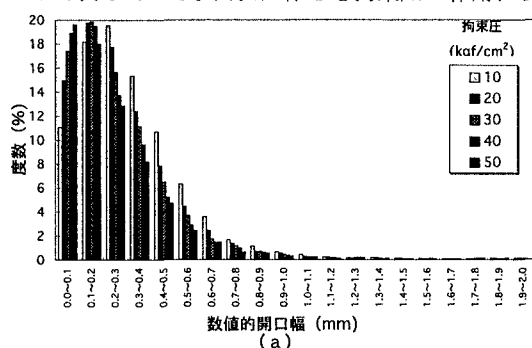


図5 数値的開口幅の度数分布

が変化していることが確認できる。また、両供試体の分布形状は異なっており、透水性の相違性に影響を与えているものと考えられる。図-6は、全供試体における亀裂の接触率と透水係数の関係を示している。

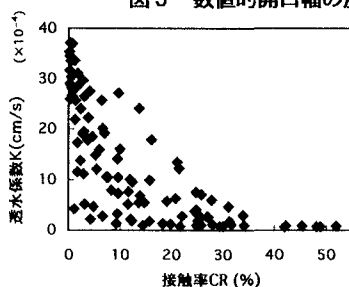


図6 接触率と透水係数の関係

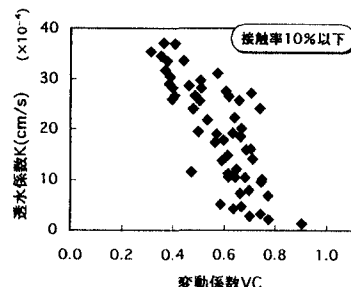


図7 変動係数と透水係数の関係

この図より、接触率が増加するにしたがい透水係数が減少していることが確認できる。しかし、接触率が低い範囲ではばらつきが見られ、接触状態が透水性に及ぼす影響は小さいものと考えられる。したがって、亀裂の透水特性に及ぼす影響は、接触率が低い範囲では、亀裂の開口部分による影響が大きいものと思われる。ここで、亀裂開口部分を一つの数値で表すため、数値的開口幅分布の変動係数を用いた。図-7は、接触率が10%以下における数値的開口幅度数分布の変動係数と透水係数の関係を示している。この図より、変動係数が増加すると透水係数が減少する様な関係が確認できる。

5. まとめ 本研究により、拘束圧下にある花崗岩の亀裂の透水特性は、亀裂面同士の接触率と亀裂開口幅の分布状態の影響を相乗的に受けることが明らかとなった。

参考文献

- 1) Elliot G.M., Brown E.T., Boodt P.I. & J.A. Hudson : Hydromechanical behaviour of joints in the Cammenellis granite. Proc. Int. Symp. on Fandamental of Rock joints, pp.249-258,1985.