

## 人工破断面を持つ花崗岩の透水係数の測定：破断面の形状と透水性の関係

## Permeability measurement of whole and jointed Granite: the effect of surface roughness

# 溝口 一生[1], 嶋本 利彦[2]

# Kazuo Mizoguchi[1], Toshihiko Shimamoto[2]

[1] 京大・理・地球惑星, [2] 京大・院・理・地鉱

[1] Earth and Planetary Sci., Kyoto Univ, [2] Dept. of Geol. &amp; Mineral., Graduate School of Science, Kyoto Univ.

本研究では, 常温高压下においてさまざまな形状を持つ人工的な破断面の透水係数を測定した. 実験の結果(1) 透水係数は圧力の増加に伴って減少していく(2) 破断面が粗いほど同じ圧力での透水係数は高い傾向を示す(3) 圧力が増加するに従い破断面の粗さによる透水係数の違いは大きくなる, ということがわかった. 圧力が高くなればなるほど, すなわち地下深部になればなるほど, 表面粗さが破断面の透水性を決める重要な要因となると考えられる.

地殻内にはさまざまなスケールを持った破断面 (Fracutre) が発達しており, 岩石の強度や電気抵抗, 弾性波速度, 特に透水性に大きな影響を与える. 破断面沿いの透水性 (Fracture permeability) は, 廃棄物の地層処理や堆積盆など油田地帯の石油シール問題など地殻内の流体循環を考える上で非常に重要である. 岩盤中の破断面分布とその透水性の関係は多くの研究がなされているが, 基礎的データとして一本の破断面を持つ透水特性も明らかにする必要がある. そこで本講演では室内透水実験により人工的に作られた破断面の形状と透水性の関係を調べた.

実験試料は以下の手順で用意した. まず平面研削盤を用いて平らな面を持つ花崗岩ブロック (産地不明) を作る, 次に岩石ブロックの平面同士を合わせて岩石を固定し, その接合面を含んだ部分からコアリングマシーンで円柱状の試料を作る. 最後にその接合面を #400 (40  $\mu\text{m}$ ), #1200 (13  $\mu\text{m}$ ), #3000 (5  $\mu\text{m}$ ), #6000 (2  $\mu\text{m}$ ) のカーボランダムで研磨を行ない, さまざまな粗さの破断面を持つ試料を作製した. 測定は京都大学の高温高压透水試験機を用いて常温高压下で行なった, 透水係数の測定法は間隙圧振動法を採用した. この方法は, 試料の片側の間隙圧を周期的に振動させて, もう一方で間隙圧の変化を測定して透水係数を求める方法である (Kranz ほか, 1990; Fischer, 1992; Fischer and Paterson, 1992). 実験は間隙圧を 20 MPa で一定として, 200 MPa 以下の封圧下で有効圧  $P_e$  (= 封圧 - 間隙圧) をサイクルさせて透水係数の測定をおこなった.

それぞれの粗さを持った破断面および破断面を持たない花崗岩の透水係数は,

#400	$10^{-16} \sim 10^{-14} \text{ m}^2$ ( $P_e = 10 \sim 180 \text{ MPa}$ )
#1200	$10^{-17} \sim 10^{-14} \text{ m}^2$ ( $P_e = 10 \sim 180 \text{ MPa}$ )
#3000	$10^{-18} \sim 10^{-14} \text{ m}^2$ ( $P_e = 10 \sim 180 \text{ MPa}$ )
#6000	$10^{-19} \sim 10^{-15} \text{ m}^2$ ( $P_e = 10 \sim 180 \text{ MPa}$ )
破断面なし	$10^{-20} \sim 10^{-18} \text{ m}^2$ ( $P_e = 10 \sim 90 \text{ MPa}$ )

となった. 破断面を含まない花崗岩の透水係数は破断面を持つ花崗岩より 1 ~ 3 桁以上低く, 破断面が岩石の透水性を左右していると言える. 実験結果から, 破断面を含む花崗岩の透水係数は有効圧の増加に伴って低下する, 同じ有効圧で比べると破断面が粗くなるにつれて透水係数は高くなる. さらには粗さによる透水係数の違いは有効圧が高くなるほど大きくなっていく, ということがわかった.

破断面の初期粗さが透水性に大きく影響を与えており, #400 と #6000 の破断面の透水係数は有効圧 50MPa において一桁の違いであったのが, 有効圧 180MPa において約 3 桁の違いを示した. このことから地下浅部では比較的破断面の粗さの影響は小さく, 一方地下深部では粗さの影響は大きい, という実際の地下における破断面の透水特性を推測することができる. ただしこの実験での破断面の粗さとは何かを考える必要があり, 単純に天然における破断面の片側の凸凹から求められる粗さではなく, あくまでも破断面の両壁を合わせたとき噛み合う部分 (整合部) と噛み合わない部分 (不整合部), その後者の粗さが透水性に関係してくる. 今後は花崗岩だけでなく砂岩など多孔質な岩石を使って岩種による破断面の透水特性の違いを調べると共に, 破断面上のアスペリティの接触問題から圧力による破断面の透水性変化を解析する予定である.