

III-186

花崗岩の熱履歴に伴う構造変化と透水性に関する実験的研究

榎大林組 技術研究所 平間 邦興 丸山 誠
同 上 桑原 徹 ○ 鈴木 健一郎

1. はじめに

放射性廃棄物の地層処分, 地熱開発, 地下原子力発電所の建設等のプロジェクトの計画にあたり, 岩盤の力学的及び水理学的挙動を把握するためには, 熱の影響を考慮することが必要となる。本研究では, 熱の影響が, 熱源近傍の岩盤の構造特性に変化を与え, その結果として透水性状や変形性状に変化を与えるものと考えた。ただし, ここでいう構造の変化とは, 熱応力による微小クラックの伸展, 開口に起因するものである。地下水の存在によって, 熱水による変質や蒸気圧による構造の変化も考えねばならないが, ここでは, 乾燥試料の加熱に伴う水理・力学的性状の変化に注目している。更に単純化のために, 加熱温度を一定とし, 熱履歴の影響のみを考えることとした。すなわち, 一定温度で, 異なる熱履歴を受けた岩石に対して, ①弾性波速度の測定, ②透水試験, ③顕微鏡写真による微小クラックの観察を行ない, それらの関係について検討を行なった。以下にその概要について述べる。

2. 実験及び観察

実験に用いた試料は, 笠間産の黒雲母花崗岩である。岩塊より同一方向に円柱供試体を採取し, 加熱炉(MAX1000℃)にて温度320℃に保ち7日, 20日, 40日間の加熱(加熱速度2℃/min)を行ない, それぞれ試験に供した。まず弾性波速度 V_p を測定し, 次に一様流型の透水試験機を用い, 周圧10kgf/cm², 浸透圧5kgf/cm²の条件で試験を行なった。その後, 各円柱供試体より, 直交する3方向から顕微鏡観察用の薄片を作製した。(この時, 円柱端面に平行な面については全て一致しているが, 他2面については, 一致していない。) 偏光顕微鏡により, 写真を撮り, 発生した微小クラックをデジタイザーにてトレースする。その後, データをマイコンにより統計処理を行なった。

3. 実験結果及び考察

図-1に結果をまとめた。横軸に加熱日数を取り, 縦軸に非加熱試料の値で無次元化した弾性波速度($\bigcirc$ 印)と透水係数($\triangle$ 印)をとっている。(常温の試料 $V_p^{(int)}=4.45\text{ km/s}$, $\kappa^{(int)}=1.27\times10^{-9}\text{ cm/sec}$) 7日と20日の弾性波速度については, 7本の試料の試験結果の範囲を示してある。 $\bigcirc$ 印は透水試験に供したそのものの試料の値を示している。図より明らかなように加熱期間が長いほど弾性波速度は減少し, 透水性は向上している。40日加熱のものは新鮮なものと比べて弾性波速度は1/2に, 透水性は6倍近くになっている。次にこれらの試料の微小クラックの発達状況を調べるために行なった顕微鏡観察の結果について述べる。写真1~3が20日間加熱試料の直交3断面の顕微鏡写真であり, 図2~4が対応する微小クラックのトレースである。円柱軸を含む断面2と3において, 比較的軸と平行な方向を持つクラックが多いことがわかる。まずこれらの写真上においてクラックの長さとの関係を調べた。図5にその結果を示す。縦軸が写真上で測定された開口幅で, 横軸がやはり写真上でクラックの長さである。図中の長さを約1/7倍することで実際の大きさがわかるが, 開口幅は数マイクロ程度である。加熱期間7日と20日の断面での測定結果では, 両者の区別はなく, ほぼ線型な関係がみられる。したがって, 熱履歴による構造の変化は, クラック

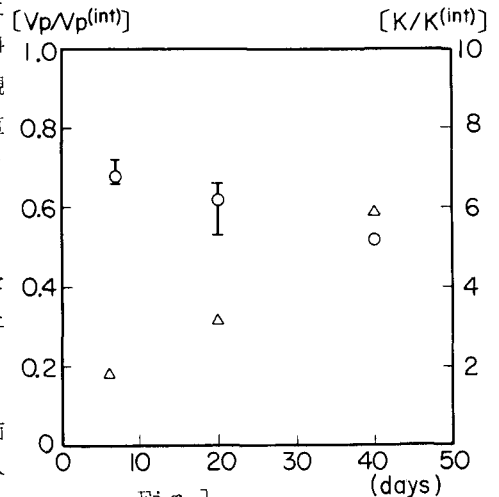


Fig.1

の伸展と開口の両者に存在しており、違いの生ずる原因はクラックの発生頻度によることがわかる。図-7

は7日加熱の直交3断面におけるクラックの長さの頻度分布であり、図-6は20日間のそれである。これらを比較すると、明らかに加熱期間が長い方がクラックの頻度が多いことがわかる。さてこれらのデータをもとにして、等方性という仮定で、3次元のクラックテンソルの決定を試みた。詳細は文献^{(1),(2)}に譲るとして、結果を表1に示す。 F_0 は2階のクラックテンソルの第一不変量

表-1

	7日加熱	20日加熱
F_0	1.4	4.8
$2P_{ij}/3$	4.3×10^{-9}	2.7×10^{-8}

でクラックの 相対密度を表わすもので、弾性波速度の変化を説明できる。

しかし、この程度の大きさでは、多孔質媒体としてモデル化すること
は不適であり、開口量を考慮した第2種クラックテンソル P_{ij} から推
定される透水係数は非常に大きなものとなってしまう。推定値が大きくなる他の理由として、クラックの連
続性が乏しい為、特定の水径ができてしまうこと等が考えられる。したがって、微小クラックに関する透水

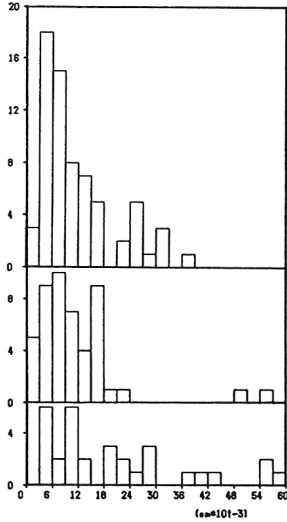


Fig.6

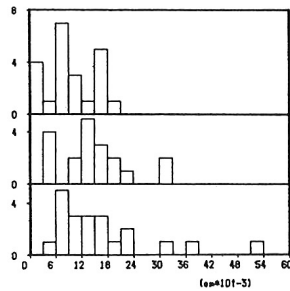


Fig.7

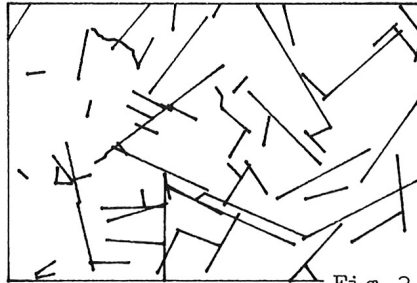


Fig.2

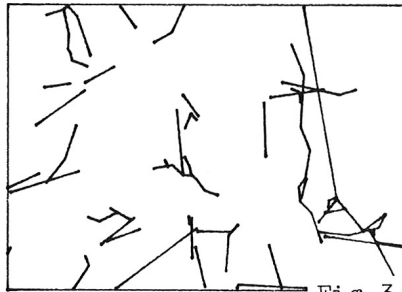


Fig.3

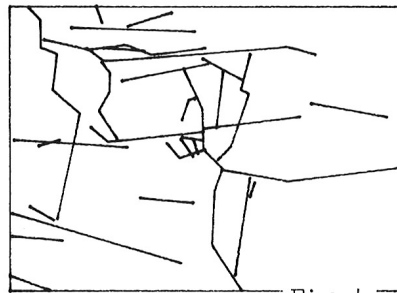


Fig.4

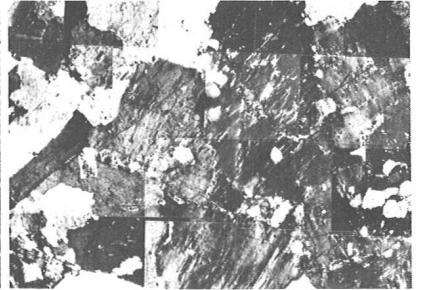


Photo.1



Photo.2



Photo.3

性を議論する場合は、特定の水径に限って考えていかなければ
ないことが明らかとなった。一方、弾性波速度の変化について
は、新鮮な岩石中の微小クラックの密度変化により議論が可
能である事が確認された。

(参考文献)

- (1) 金谷；“岩盤中のクラック分布の表面観察による測定法”
第6回岩の力学国内シンポジウム講演論文集(1984)
pp115 to 120
- (2) 小田他；“クラックテンソルによる岩盤透水係数の評価”
同上 pp121 to 125

Fig.5

