

III-171 岩石の透水性に及ぼす温度と圧力の効果

大成建設機技術研究所 正会員 青木智幸 下茂道人
田中重明

1. はじめに

地下空間の有効利用を目標に、石油地下備蓄施設や、地熱開発、放射性廃棄物地層処分施設など、種々の建設計画が進められている。これらの施設の設計を行なう際には、高温高圧下の岩盤の透水性を評価する必要がある。そこで、今回、岩石の透水性に及ぼす温度及び圧力の効果について室内試験を行ない、いくつかの知見を得たのでここに報告する。

2. 実験

今回用いた岩石試料は白河凝灰質砂岩と三城目安山岩(共に福島県産)で、空隙率はそれぞれ18.0%及び15.2%であった。試験片は直径50mm高さ100mmに整形し、大気乾燥させてから中央部及び上下端より10mmの位置に温度ゲージを貼布した。次に温度ゲージの周囲をシリコンゴム塗布により被覆してから水中で減圧脱気することにより試料を飽和させた。最後に試験片を上下のポーラスメタル、エンドキャップと共にシリコンゴム塗布により被覆して試験に供した。

図-1に、高温高圧三軸試験装置¹⁾の概要を示す。4本のヒーターにより側圧を加える油を加熱することにより試料の温度を上昇させる構造になっている。

図-2にこの装置を用いた透水試験の概念図を示す。試験に当っては、まず所定の封圧を加えてから、圧気により水タンクに6kg/cm²の圧力を、二重管ビュレットに背圧として1kg/cm²の圧力を加え、水圧差5kg/cm²として透水させた。流出水量はビュレットの水頭変化として差圧計により検出し、タイムレコーダに記録した。この記録された直線の傾きより透水係数が計算される。透水係数は流出水量3cc以上の平均値として計算した。温度を上げる場合には、所定の封圧を加えてから、非定常熱応力が生じない様に40℃/hの速度で昇温させ、所定の温度に達してから1時間以上保ち温度の安定を確認してから透水させた。

図-3に試験条件の模式図を示す。まず、等方圧力(封圧)と透水係数の関係を明らかにするために常温の透水試験を行なった。これは、一本の試験片で、封圧を徐々に増加させて、各段階で透水係数を測定する方法を取った。次に、高温下の透水試験では、まず温度のみの効果を調べるために、封圧20kg/cm²一定で温度を徐々に上昇させて各段階で透水係数を測定し、次に温度90℃を保って封圧を徐々に上昇させ高温状態での封圧の

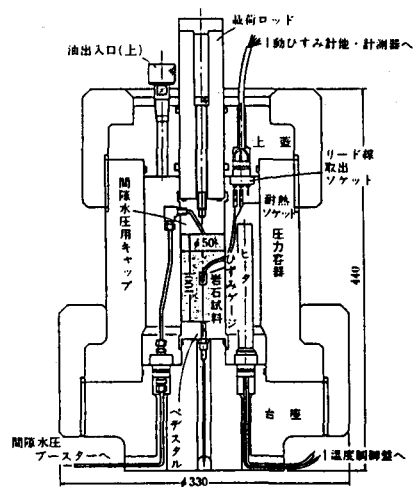


図-1 高温高圧三軸試験装置

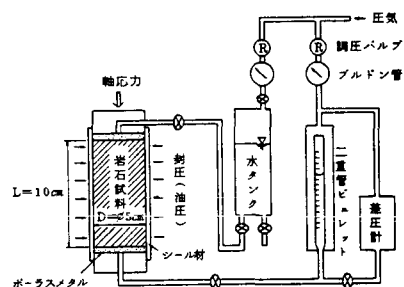


図-2 透水試験の概念図

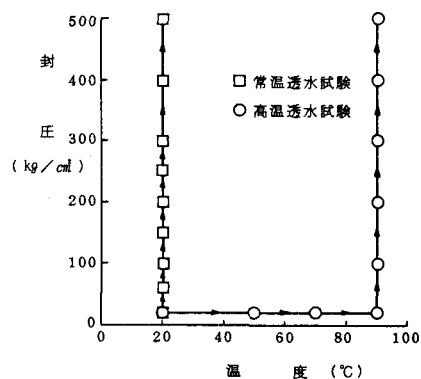


図-3 試験条件

透水性に及ぼす効果を調べた。

3. 結果と考察

図-4～図-7に試験結果を示す。今回の実験では温度の異なる場合の岩石固有の透水性の変化を調べることが目的としているため、温度による水の粘性変化は除いて考えなければならない。従って、透水係数は L^2 の次元を持つdarcyでまとめた。また、本実験において加熱したのは三軸圧力容器内部のみであり、流出量を計測するピュレット近傍では水温は完全に常温に戻っている。従って、温度差による水の体積収縮を考慮しなければならないが、幸いにも温度による水の密度変化は小さい²⁾ので特に補正は行っていない。試験中の試験片表面の温度分布は中央部90℃の場合、上下で約10℃の温度差が生じた。これは、台座側に熱が逃げるため試料下部の温度が上昇しにくいためである。今後、断熱材等を工夫する必要がある。

図-4及び図-5に、封圧20kg/cmにおける温度と透水係数の関係を示したが、これを見ると、両岩種共20～90℃の範囲で、温度による透水係数の変化はほとんどないと言える。但し、水の粘度は20～90℃で1/3程になるので実際の透水量は3倍程になっていることに注意しなければならない。図中、白抜きの点は常温透水試験結果を示しており、常温でのデータのばらつきは比較的小さい。

一方、封圧と透水係数の関係（図-6、図-7）を見ると、両岩種共、封圧の増加に伴い透水係数が小さくなる傾向が見られる。この傾向は、常温と90℃で特に有意な差は見られない。また、透水係数の変化はせいぜい1/2であり、比較的小さいと言えよう。

4. おわりに

今回使用した岩石試料は比較的多孔質で水に対しても化学的に安定なものであった。しかし、岩種による特質や、長期的な透水係数の評価に関しては、鉱物粒子の溶解沈澱に伴う空隙閉塞など様々な問題を含んでいる。³⁾今回の実験を第一ステップとして、更に研究を進める予定である。

参考文献

- 1) 青木、他：岩石の高温・高圧三軸試験装置、大成建設技術研究所報、第19号、235-243、1987
- 2) 理科年表：東京天文台編、丸善株式会社、1987
- 3) Casse, F. J., et al: The Effect of Temperature and Confining Pressure on Single-Phase Flow in Consolidated Rocks, Journal of Pet. Tech. Vol. 31, No. 8, 1051-1059, 1979

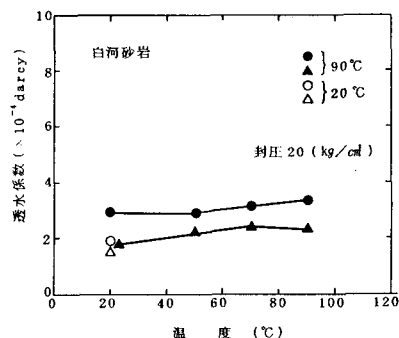


図-4 温度と透水係数の関係（白河凝灰質砂岩）

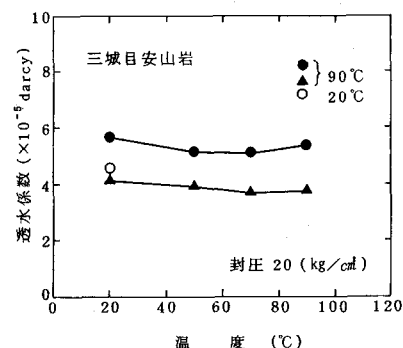


図-5 温度と透水係数の関係（三城目安山岩）

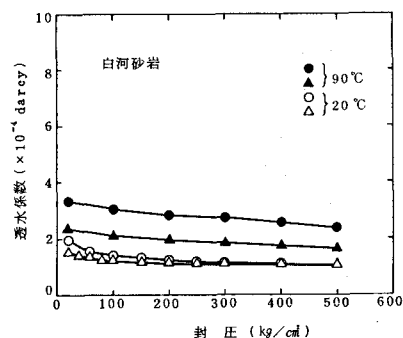


図-6 封圧と透水係数の関係（白河凝灰質砂岩）

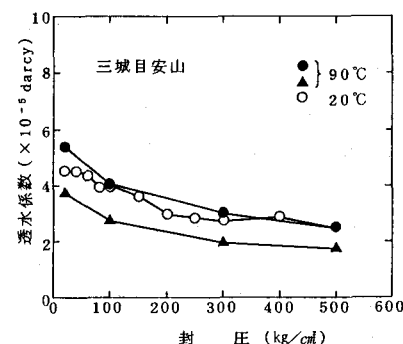


図-7 封圧と透水係数の関係（三城目安山岩）