

第 部門 高拘束圧下における亀裂性新第三紀堆積岩の透水特性に関する研究

京都大学工学部	学生員	○松本 拓真
京都大学大学院工学研究科	正会員	大西 有三
京都大学大学院工学研究科	正会員	西山 哲
京都大学大学院工学研究科	正会員	上原 真一
京都大学大学院工学研究科	正会員	矢野 隆夫

1.背景と目的

CO₂の地中貯留や高レベル放射性廃棄物の地層処分などさまざまな問題において地下水が物質移行の媒体として働き、様々な問題を引き起こす可能性がある。そのため、地下の透水特性を推定することは重要な課題である。現在一般的に行われている原位置透水試験や物理探査などの手法に対して、露頭試料を用いた室内試験により地下深部の透水特性を推定できれば、より迅速かつ安価に広範囲の透水特性を評価できるようになると考えられる¹⁾。

そこで本研究では、岩石の透水特性を議論する上で重要となってくる亀裂に着目し、条件によっては亀裂が透水特性に与える影響が少ないと注目されている新第三紀堆積岩のボーリングコア試料を用いて人工亀裂供試体を作成し、室内透水試験を行って亀裂部の透水特性への影響度について検討した。また、原位置試験と比較することで、露頭試料を用いた室内試験による地下深部の透水特性推定手法についても検討を行った。

2.室内試験

日本原子力研究開発機構(JAEA)の幌延深地層研究センターで掘削されたボーリングコア試料を用いて高拘束圧下での定差圧透水試験を行った。

(1) 試料

幌延深地層研究センターでは様々な調査や試験が行われており、データがそろっているため、より詳しく試験結果との比較検証が行える。また、露頭試料を用いた室内試験による推定手法の適用性を検証する上で、露頭試料は風化・浸食などの影響を受けている可能性があり、議論が複雑になることが考えられるので、より原位置の状態に近いと考えられるボーリングコア試料を用いた。供試体を作る際、できるだけ亀裂のない箇所を選んで作成し、亀裂による透水特性への影響度を調べるため、ダイヤモンドカッターで人工亀裂供試体も作成した(図1)。また、層の違いによる影響を調べるため、3種類の層の試料についてそれぞれ供試体を作成した(表1)。

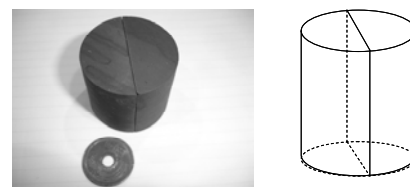


図1 人工亀裂供試

表1 供試体

	勇知層	声問層	稚内層
岩質	砂岩	珪藻質泥岩	硬質頁岩
採取深度	283m	133m	607m

(2) 室内試験の手順

(1)で作成した供試体を容器内三軸高圧透水試験装置に設置し、定差圧透水試験を行った。その際、供試体側面にシリコンシーラントを塗り、熱収縮チューブを被せて間隙流体が縦方向のみに流れるようにした。本試験は飽和透水試験なので、間隙流体には脱気した蒸留水を用い、間隙流体内に空気が入らないように炭酸置換法を用いてシステム内を水で満たした。

試験手順は、拘束圧を 0.5 から 80MPa の間で変化させて与え、各拘束圧下で供試体の上流側に最大 2MPa の間隙圧を加え、下流側を大気圧とすることで圧力勾配を与えて透水し、下流側での流量を計測した。この時、流量ははかりで計測し、計測結果よりダルシー則から透水係数を算出した。

各層の基岩部と人工亀裂の供試体についてこの手順で室内透水試験を行った。

(3) 計測結果と考察

各層の供試体の計測結果を図2～図4に示す。エラーバーは各拘束圧下で計測された測定値の最大値と最小値をプロットした。ただし、同じ拘束圧下で1度しか測定を行えなかったものに関してはグラフ上で白抜きにした。三つの層の基岩部の透水係数は、加圧過程では低い拘束圧で緩やかに減少し、拘束圧が高くなってくると減少の度合いが大きくなった。また、減圧過程では80MPaでの透水係数からあまり変化しないというヒステリシスを示した。

それぞれの層について基岩部と人工亀裂を比較してみると、低圧域では亀裂の影響から人工亀裂の方が透水係数の値が大きいが、拘束圧が上がるにつれてその差はだんだん小さくなっていき、やがてある拘束圧で透水係数の差はほとんどなくなった。また、その拘束圧は、岩石によって異なる値を示した(表2)。

すなわち、層によって亀裂の影響の度合いは違うと言える。原因としては、岩層によって堆積物が異なることや堆積過程における過去の応力履歴が異なることなどが挙げられる。これらの違いにより、岩石の間隙率や固結度などが異なり、亀裂部が流路とならずに基岩部とほぼ同じ透水係数となる拘束圧の大きさに違いを与えていると思われる。

3.原位置試験との比較

原位置透水試験の結果は勇知層が200～250mの深さで約 $10^{-9} \sim 10^{-10}$ m/s、声問層が230～280mで約 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ m/s、稚内層が550～700mで約 $10^{-10} \sim 10^{-11}$ m/sなどと、本研究の室内試験と同程度の透水係数を示している²⁾。また、声問層で0～100m、稚内層では600～700mより深い位置で、亀裂部と基岩部の透水係数にほとんど差がないという結果が得られている。この結果は室内試験の結果と整合性のある結果であるといえる。よって、室内透水試験により原位置透水試験と同様の結果が得られるということや亀裂部の透水係数への影響度が室内試験から評価できるということが言える。

4.結論

亀裂部の透水特性への影響度は岩層によって異なり、新第三紀堆積岩においては表2にあるような結果となった。また、原位置試験との比較によって、室内試験から亀裂部の影響度や透水特性について評価できることが分かった。

今後の課題としては、亀裂面の表面形状が透水特性に与える影響度の違いや、岩石のどのような物性が亀裂部の透水特性に関わってくるのかなどを調べる必要があるものと思われる。これらの課題をクリアにすることは、露頭試料による地下深部の透水特性推定手法を確立する上で、非常に有益なことである。

参考文献

- 1) 谷川 亘・嶋本利彦: 室内実験による地下深部の浸透率構造の推定 - 足柄層群を例として - 地質学雑誌 第113巻 第1号 27
- 32 2007年1月
- 2) 幌延深地層研究計画平成15年度調査研究成果報告書 深地層研究センター 平成16年6月

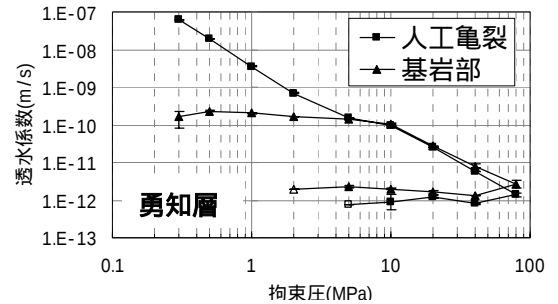


図2 透水試験結果(勇知層)

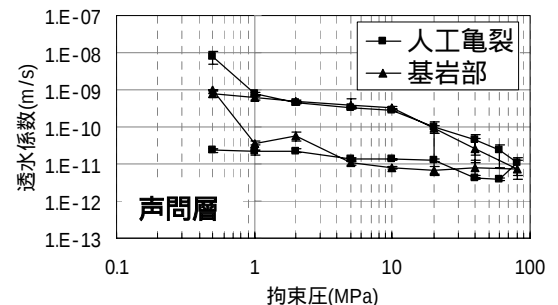


図3 透水試験結果(声問層)

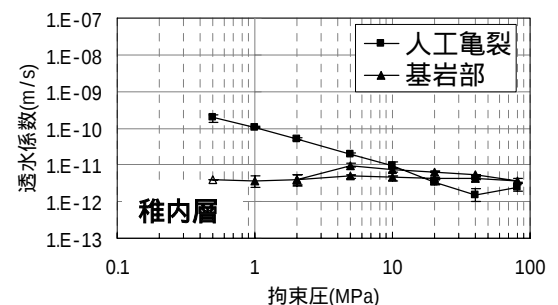


図4 透水試験結果(稚内層)

表2 亀裂部の影響のなくなる条件

	勇知層	声問層	稚内層
拘束圧	5MPa	1MPa	10MPa
概算深度	280m	70m	670m