

## 地下深部の圧力環境を表現可能な岩石の定水位型透水試験装置の開発

鳥取大学 学術研究院 工学系部門 正会員 ○河野 勝宣  
 鳥取大学 工学部 坂田 琴美  
 鳥取大学 大学院 浅野 匡希  
 鳥取大学 学術研究院 工学系部門 正会員 小野 祐輔  
 鳥取大学 学術研究院 工学系部門 フェロー会員 西村 強

### 1. はじめに

LPG 長期備蓄, CCS, HLW 地層処分といった地下空間利用の大規模プロジェクトの場として地下深部の岩盤層が考えられており, 岩盤の透水性を理解することは極めて重要である. 室内試験による岩石の透水性評価には定水位法, 変水位法, トランジェントパルス法, フローポンプ法などが用いられる. ただし, インタクトな岩石で代表される低透水性岩石には定水位法は不適であり, ほとんど実施されていない. 定水位法は, 実験手順が比較的単純で, かつ, その他の手法に比べて装置が安価である利点がある. そこで, 本研究では独自の定水位型透水試験装置 (図-1) の開発を試みた. 本装置は, 封圧と透水圧 (動水勾配) が自由に設定でき, かつ, 透水量を分析天びんで計測する仕組みである. 本発表では, 本装置を用いてインタクトな稲田花崗岩供試体 (直径 50 mm, 長さ 40 mm) の透水係数を測定し, 既往の研究<sup>1)</sup>と比較した結果を報告する.

### 2. 定水位型透水試験方法

試験 (図-1) は, エアコンプレッサーおよび加圧容器を用いて供試体下部端面に一定の透水圧で通水 (蒸留水) して行った. この時, 水圧ポンプを用いて供試体側面にポリオレフィン製の熱収縮チューブを介して一定の水圧 (封圧) を与えている. ただし, 供試体側面と熱収縮チューブの隙間から水漏れを防ぐため透水圧は封圧より小さい値に設定した. 供試体は水浸減圧容器を用いて脱気し, 飽和状態とした. 透水量は分析天びん (分解能 0.1 mg) を用いて, 60 秒間隔でコンピュータにより計測した. なお, 分析天びんで計測される透水量は蒸発により刻々と減少する. この減少分はデータ整理の段階で透水量に加算することで, 蒸発量も考慮している. 測定時間は, 初めて透水量を確認してから 24 時間以上測定した. 透水係数  $k (= QL/hAt, Q: 透水量, L: 供試体高さ, h: 水位差, A: 供試体の断面積, t: 測定時間)$  は Darcy 則が成り立つと仮定して算出した. 水位差は加圧容器内の圧力 (0.45 MPa) として計算した. これは,  $h \approx 4591.8 \text{ cm}$  に相当する.

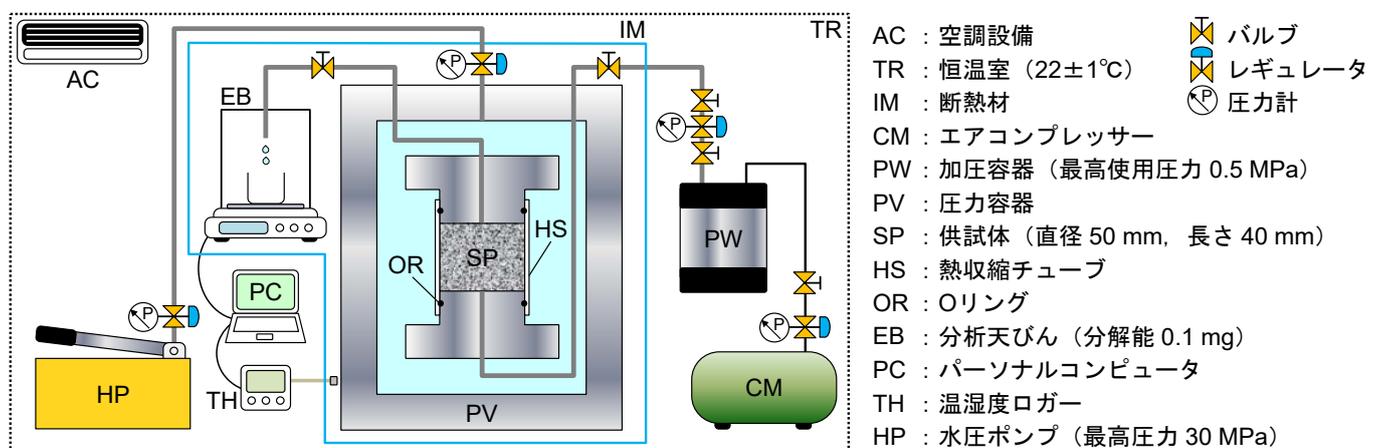


図-1 岩石の定水位型透水試験システムの概略図

キーワード 定水位型透水試験, 地下深部, 透水係数, 岩石, 稲田花崗岩

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101番地 鳥取大学 TEL: 0857-31-5755

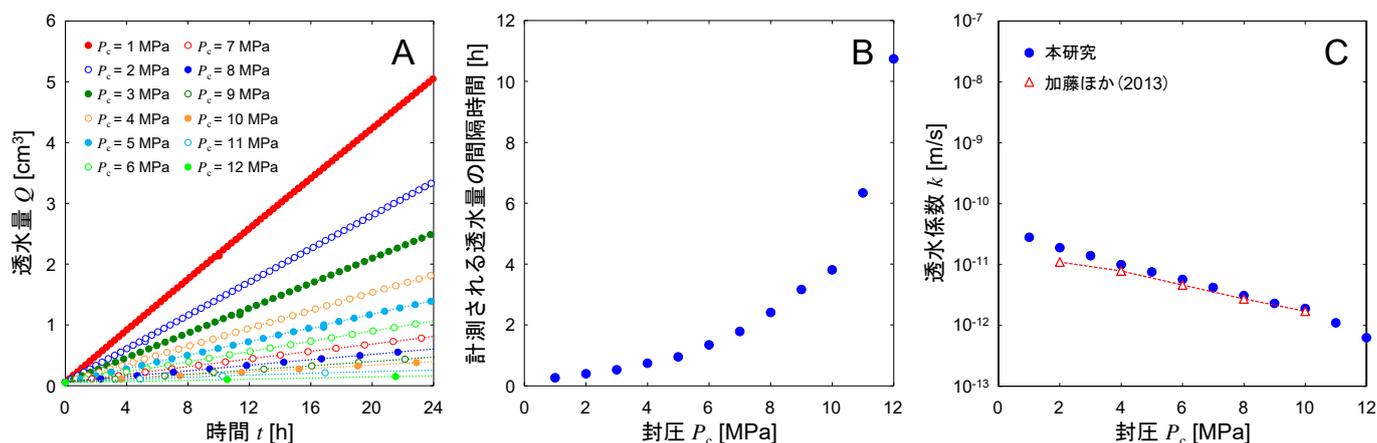


図-2 透水試験結果 (A: 各封圧における時間と透水量との関係, B: 封圧と計測される透水量の間隔時間との関係, C: 封圧と透水係数との関係)

### 3. 透水試験結果および考察

封圧 1~12 MPa における稲田花崗岩供試体の透水試験結果を図-2 に示す。図-2A は、計測時間 24 時間における透水量の時間変化を示している。いずれの封圧においても透水量の傾きはほぼ直線的であることから、試験時間の経過による透水係数に変化がないことが確認できる。また、封圧が大きくなるにつれて透水量の傾きは小さくなるのがわかる。分析天びん上の計量カップに落ちる 1 回の透水量はほとんど変わらないので、透水量の傾きが小さいということは、つまり、計量カップに落ちる透水量の間隔時間が長いことを意味する。この間隔時間は、図-2B からわかるように、封圧が大きくなるにつれて指数関数的に大きくなる。

図-2C は、各封圧における透水係数(●)を示している。封圧 1~12 MPa における稲田花崗岩の透水係数は  $2.8 \times 10^{-11} \sim 6.3 \times 10^{-13}$  m/s の範囲であった。封圧が大きくなるにつれて透水係数も小さくなる傾向が観察された。このような傾向は既往の研究結果<sup>1)3)</sup>とも同様である。これは、供試体内部の微小な潜在クラック(花崗岩であれば、主に石英、斜長石、黒雲母等の鉱物粒子の粒界)が封圧の増加に伴い閉塞<sup>4)</sup>されたことが理由であると考えられる。また、図-2C にはトランジェントパルス法による稲田花崗岩供試体の透水係数(△)(封圧 2~10 MPa)<sup>1)</sup>も示している。この研究結果<sup>1)</sup>と比較すると、封圧の増加に伴う透水係数の低下傾向が類似していること、さらに、透水係数の値がほぼ同程度であることがわかる。透水係数の差は最大でも  $8.0 \times 10^{-12}$  m/s (封圧 2 MPa) であった。したがって、本研究で開発した定水位型の透水試験装置でも、確立された信頼性の高いトランジェントパルス法と同様にインタクトな岩石で代表される低透水性岩石の透水性を評価することが可能であることが示された。

### 4. 今後の課題

種々のインタクトな岩石や亀裂を含む岩石についても本装置を用いた透水試験を実施して、多くの既往の研究結果と比較することで、より詳細に考察を行う必要がある。今後さらに、実験データを収集・蓄積し、本装置の有用性について詳細に検討する予定である。

#### 引用文献

- 1) 加藤昌治, 高橋 学, 金子勝比古: トランジェントパルス法を用いた低透水性岩石の水利定数の高精度評価, *Journal of MMIJ*, Vol.129, No.7, pp.472-478, 2013.
- 2) 高橋 学, 平田実雄, 小出 仁: 稲田花崗岩の透水係数に及ぼす封圧および間隙水圧の影響について, *応用地質*, Vol.31, No.3, pp.105-114, 1990.
- 3) 張 銘, 竹田幹郎, 江崎哲郎, 高橋 学, 遠藤秀典: 拘束圧および異方性が岩石の透水・透気係数に及ぼす影響, *資源と素材*, Vol.117, No.12, pp.941-946, 2001.
- 4) Walsh, J.B., Brace, W.F.: The effect of pressure on porosity and the transport properties of rock, *Journal of Geophysical Research*, Vol.89, pp.9425-9431, 1984.