

岩石の透過率測定を目的としたトランジェントパルス試験装置の開発

愛媛大学大学院 学生会員 ○住本幸哉

正会員 安原英明

正会員 木下尚樹

keyword : Rock, Transient pulse test, Permeability

1. はじめに

地下岩盤は、剛性、耐久性、遮蔽性など様々な特徴を持ち、それらを生かした地下空間の開発が進められている。とりわけ、エネルギー分野において、高レベル放射性廃棄物の地層処分や燃料地下備蓄などが例に挙げられる。地下岩盤を開発するにあたり、安全性や性能を評価するために施設周辺岩盤の水理学特性を把握する必要がある。岩石の透水試験にはトランジェントパルス試験が多く用いられており、難透水性岩石を短時間かつ高精度に測定できる利点を持っている。そこで、本研究では、トランジェントパルス試験装置を開発し、試験により透過率を求めた。また、フロースルー透水試験を実施し得られた透過率を比較することで、トランジェントパルス試験の有効性を評価した。

2. トランジェントパルス試験

本研究では、ベレア砂岩および不連続面を有する花崗岩供試体を用いて試験を実施した。各供試体における実験条件を表1に示す。また、開発した試験装置の模式図を図1に示す。開発した試験装置は主に、最大 40 MPa の拘束圧を作用可能な圧力セル、圧力セルの上・下流側に設置した貯留槽・水圧計測器、データロガーで構成されている。

本研究では、Brace et al¹⁾が提案した解法を用いて透過率を評価した。試験方法は、供試体の両端に、岩石の空隙体積に対して十分に大きい体積を持つ貯留槽を設置し、上流・下流側の各貯留槽と供試体内に初期圧力を作用させる。その後、一方の貯留槽にパルス圧を作用させると、高压側から低压側へと圧力伝播が生じ、一定時間後には平衡状態に達する。このとき得られる圧力変化は指数関数的になり、式(1)、(2)で表現される。経過時間における圧力変化を対数グラフに取り、得られた直線の傾き α を式(2)に代入することにより透過率 k を算出する。

$$P_1 - P_f = \Delta P \cdot \frac{V_2}{V_1 + V_2} \cdot \exp(-\alpha t) \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{kA}{\mu \beta L} \cdot \frac{V_1 + V_2}{V_1 V_2} \quad (2)$$

ここで、 P_1 ：高压側貯留槽の圧力 [Pa]、 V_1 ：高压側貯留槽の容積 [m³]、 V_2 ：低压側貯留槽の容積 [m³]、 P_f ：圧力の収束値 [Pa]、 ΔP ：パルス圧 [Pa]、 α ： $P_1 - P_f$

表1 実験条件

供試体	温度 [°C]	拘束圧 [MPa]	初期圧力 [kPa]	パルス圧 [kPa]
Sandstone	20	3	500,700,900	50,70,90
Granite	20	3	900	90

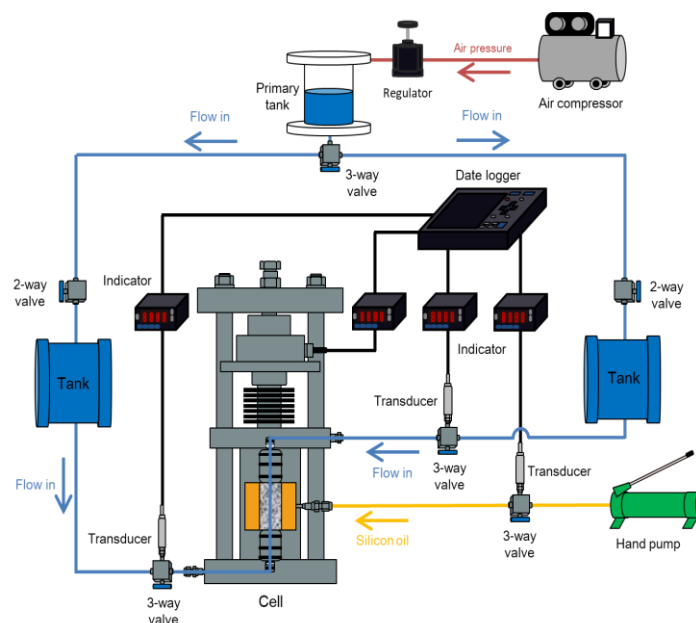


図1 トランジェントパルス試験装置

の時間 t に対する傾き, A : 供試体の断面積 [m^2], L : 供試体の長さ [m], μ : 流体の粘性係数 [Pa s], k : 透過率 [m^2], β : 流体の圧縮率 [Pa^{-1}]である.

試験により得られた各供試体における透過率 k を図 2 に示す. いずれの供試体においても透過率 k が約 1 オーダー内に収まった結果が得られた.

3. フロースルー透水試験

トランジェントパルス試験の有効性を評価するため, フロースルー透水試験を実施した. 試験の模式図を図 3 に示す. また, トランジェントパルス試験と比較を行うため, 透水差圧をパルス圧と同じ値とした. 試験により得られた透水流量 Q を式(3)に代入することにより透過率 k を算出した.

$$k = \frac{\mu QL}{A\Delta P} \quad (3)$$

ここで, Q : 透水流量 [m^3], ΔP : 透水差圧 [Pa]である.

4. 透過率の比較

トランジェントパルス試験とフロースルー透水試験で得られた透過率を各供試体で比較した (図 4). いずれの供試体においても, 透過率の差異が約 1 オーダー内に収まっており, 概ね一致傾向にある. しかし, 詳細に見るとトランジェントパルス試験で得られた透過率の値が小さく, ベレア砂岩において顕著である.

5. おわりに

本研究では, トランジェントパルス試験の装置の開発を行い, 試験を実施し透過率を求めた. 試験を実施すると指数関数的に圧力変化が発生し, 透過率を算出することができた. また, フロースルー透水試験を実施し, 透過率を比較することでトランジェントパルス試験の有効性の評価を行った. 透過率の差異は, 各供試体において約 1 オーダー内に収まっていることが確認できた. しかし, トランジェントパルス試験により得られた透過率の値が小さくなるという傾向が見られた. 今後は, 透過率の値が一致しない原因を解明する. また難透水性岩石を用いたトランジェントパルス試験を実施し, データを蓄積する必要がある.

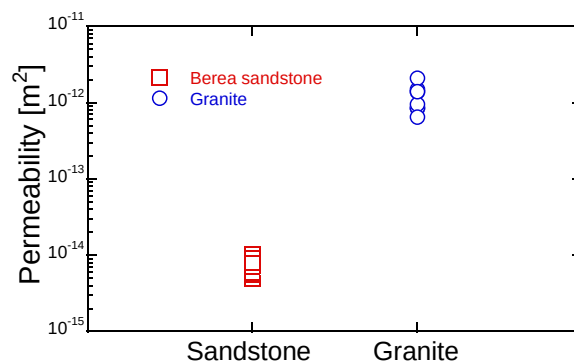


図 2 各供試体における透過率

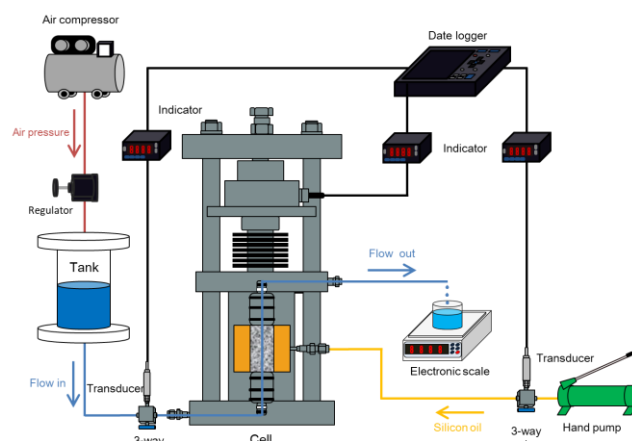


図 3 フロースルー透水試験装置

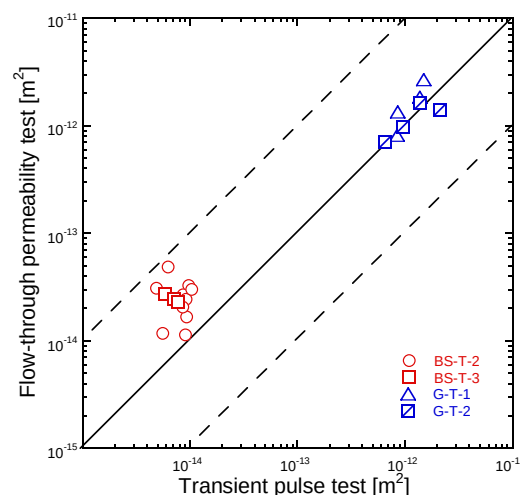


図 4 透過率の比較

参考文献

- 1) W.F.Brace, J.B.Walsh, W.T.Frangos : Permeability of Granite under High Pressure, journal of Geophysical Research, vol.73, pp.2225-2236, 1968.