

高レベル放射性廃棄物処分場の性能検証用計測システムの開発

4. プロトタイプ機器による透水係数算出の試み

鹿島建設(株) 正会員 ○瀬尾 昭治 鹿島建設(株) 正会員 戸井田 克
 鹿島建設(株) 正会員 田中 真弓 岡山大学 正会員 西垣 誠
 東海大学 非会員 大江 俊昭 (株) 東芝 非会員 佐藤 光吉

1. はじめに

筆者らは、極低流速の地下水の流向・流速を計測可能な機器の開発を実施中である。原位置性能検証試験を実施した計測装置(プロトタイプ)では、トレーサ投入ユニットを使用して、簡易的な透水係数算出が可能であることが確認されたため、その概要について以下に報告する。なお、本開発は経済産業省の「平成17年度革新的実用原子力技術開発費補助事業」の成果の一部である。

2. 原位置試験装置(プロトタイプ)の概要

開発中の流向・流速計測装置(図1参照)は地下1000m程度の環境下(水圧10MPa, 水温50°C)でも性能が発揮できることを想定しており、孔内の計測区間内温度・圧力を計測できるよう各センサを設置してある。表1には、圧力センサと温度センサの仕様を示す。トレーサ水投入は、分離タンクユニットで抽出・分離したトレーサ水を、トレーサ送水ライン・トレーサ排水ラインを使用して、孔内計測区間内に投入する。計測区間には2つの小型マトリクス超音波センサを計測位置に90度直交するよう配置し、そのセンサで超音波を発信し、計測区間内に浮遊するトレーサからの反射波を受信し、トレーサ挙動を計測する。

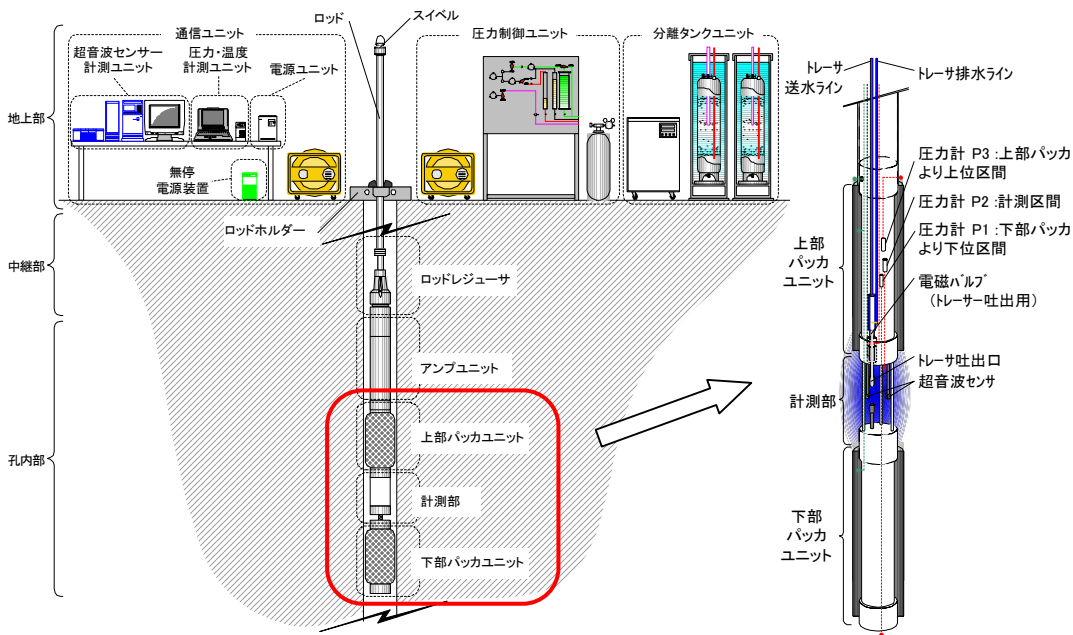


表1 圧力・温度センサの仕様

	仕様
圧力計 (絶対圧)	レンジ : 0~10.34MPa 精度 : ±0.1%(FS) 分解能 : 0.05MPa
温度センサ	レンジ : -20~259°C 精度 : ±0.1°C 分解能 : 0.05°C

図1 原位置試験装置概念図

3. プロトタイプ機器を用いた簡易透水試験

昨年度、新第三紀堆積岩分布地域である北海道幌延町の深度約550mのボーリング孔を用いて、プロトタイプの計測性能を検証するための原位置試験を実施した。その際、深度500~550mの裸孔部での計測実施時にトレーサ投入機構と圧力計測機能を活用して簡易的な透水試験を行い、透水係数の算出を試みた。具体的には、非定常型透水試験法のパルス試験のうち、安定水位(水圧)よりも高い水理インパクトを与える注水後の圧力回復試験を実施した。計測区間内への水理インパクトは、流向流速計測のためのトレーサ投入時のインパクトを利用しており、トレーサ送・排水ライン内の圧力を一定圧で加圧し、定められた量のトレーサ水を上部パッ

キーワード 流向流速計測, ボーリング孔, プロトタイプ, 透水係数

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-489-7081

カのみで計測区間を閉塞した約 50m の計測区間内に吐出させることにより与えた。トレーサ吐出のためにトレーサ送・排水ライン内は 0.7kg/cm²~1.8 kg/cm² で加圧し、電磁バルブ（トレーサ吐出用）を 251~263sec 間開放した。その後、電磁バルブ（トレーサ吐出用）を閉鎖し、水圧の回復過程を測定した。

本透水試験結果の解析には Hvorslev の解析式（式（1）参照）を用いた。

$$k = \frac{(2Rw)^2 \cdot \ln(m \cdot L/r)}{8L(t_2 - t_1)} \cdot \ln(s_1/s_2) \quad \dots \text{式 (1)}$$

なお、k: 透水係数(m/sec), Rw: ピエゾメータ管内半径(今回の解析では仮想半径はピエゾメータ管内半径), r: 試錐孔の半径(m), m: 縦横方向の透水係数比(通常は 1), L: 測定区間長(m), t₁, t₂: 経過時間(sec), s₁, s₂: t₁, t₂における自然水位との水頭差(m) である。

また、本パルス試験では、柳澤ほか(1989)¹⁾ を参考に、ピエゾメータの管内半径を仮想半径 Rw と仮定して水理定数を求めた。仮想半径 Rw の計算式を式（2）に示す。

$$Rw = \sqrt{\left(\frac{Vw}{Ew} + \alpha\right) \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta H}} \quad \dots \text{式 (2)}$$

なお、Rw: 仮想半径(m), Vw: 閉鎖区間内の水の体積(m³)(原位置試験では、孔径φ100mm), Ew: 水の変形係数(=2.3×10⁻¹¹gf/m²), α: パッカの変形係数(m⁵/gf)(今回原位置試験で用いたパッカの変形係数は求められていないため、通常水理試験で使用されている類似パッカの値の変形係数 2.4E-13 m⁵/gf を使用), ΔP: 単位圧力 (=10000 gf/m²), ΔH: 単位水頭 (=0.01m) である。

計 5 回のトレーサ投入時の水理インパクトを利用した簡易透水試験を実施し、上記方法を用いた解析結果から、1.5~1.9E-10m/sec の透水係数を得ることができた。簡易透水試験時の圧力計測結果を図 2 に、図 2 の圧力値に基づいた解析結果例を図 3 に示す。

今回の原位置試験孔で実施されている既存の調査結果²⁾のうち、深度約 460~480m の区間で実施された透水試験結果での 10⁻⁹m/sec 程度という値と、今回プロトタイプで得られた上記の透水係数とは、深度依存性(深度が増大するにつれて透水係数は小さくなる)を考慮すると整合的であると考えられる。

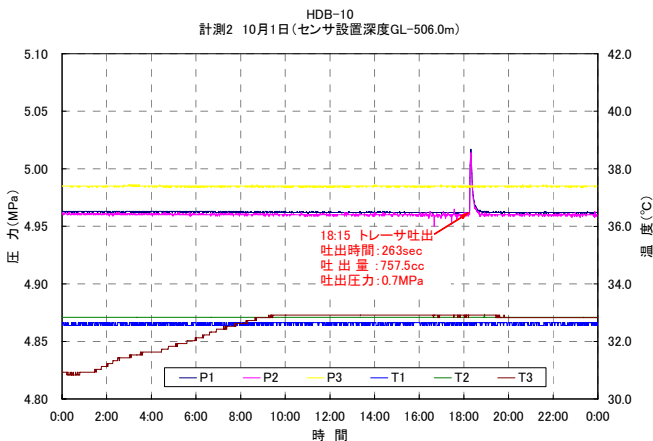


図 2 簡易透水試験結果例

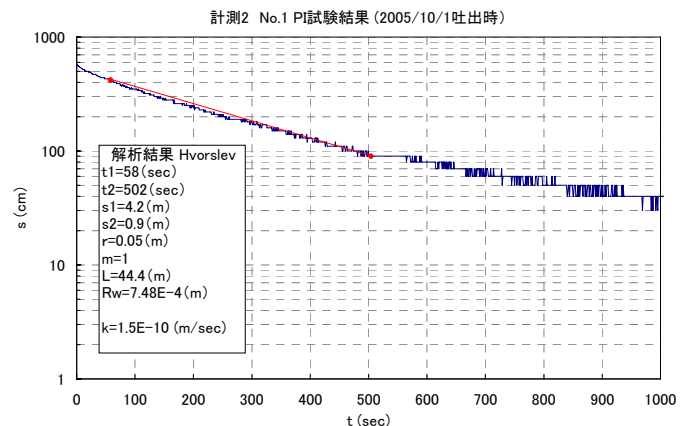


図 3 Hvorslev 式に基づく解析結果

4. おわりに

上記結果から、本計測装置で、簡易的ではあるが透水係数を求めることが可能であることが分かった。今後、さらに異なる地質環境条件下での計測を実施し、本手法の有効性を確認していきたい。

謝辞：昨年度の原位置試験実施にあたり、試験地点を提供くださった(独)日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センター殿と、共同研究として原位置試験を実施くださった大成基礎設計(株)殿に感謝します。

- 1) 柳澤ほか (1989)：新しい現場透水試験法（動燃式 JFT）の開発と測定例，土と基礎，37-7，pp.47-52
- 2) 核燃料サイクル開発機構 幌延深地層研究センター (2005)：幌延深地層研究計画 平成 16 年度調査研究成果報告，JNC TN5400 2005-001