

概要調査の段階におけるボーリング調査の実証（その2）

ー 大深度ボーリング孔で実施した脆弱層を対象とする水理試験 ー

(株)ダイヤコンサルタント 正会員 ○森川佳太 岩竹 要 山下 正
 (株)鹿島建設 フェロー会員 瀬尾昭治 正会員 石橋正祐紀 三好貴子
 (一財)電力中央研究所 正会員 長谷川琢磨 岡本駿一
 原子力発電環境整備機構 國丸貴紀 西尾 光

1. はじめに

膨潤性を有し破砕質で脆弱な岩盤を対象とするボーリング調査では、掘削泥水を使用したボーリング孔の掘削が必要となることから、掘削後に実施する単孔式水理試験（以下、水理試験）では掘削泥水の影響の考慮や掘削泥水除去による孔壁崩壊リスク等、試験方法の合理化を図る必要がある。本稿ではこれらのリスクを回避した試験事例として、脆弱な地層である葉山層群（泥岩）中を 720m まで掘削したボーリング孔（詳細は別稿（その1）参照）で実施した水理試験について紹介する。

2. 水理試験装置

水理試験装置は、孔内装置、水理試験ロッド、地上装置で構成される（図-1）。孔内装置はパッカー、フィルター、セーフティジョイント、センサユニット、メインバルブから構成され、総重量は約 0.4t、適用孔径は $\phi 140\sim 250\text{mm}$ 、深度 2,000m まで試験が可能な装置であり、岩盤の透水性に応じた最適な試験手法が選択できるシーケンシャル水理試験¹⁾を実施することができる。同図に示す水圧計 P1～P3 のほか 3 か所（計 6 か所）に高精度圧力計と温度計を配置しており、試験データを高精度に計測することが可能である。

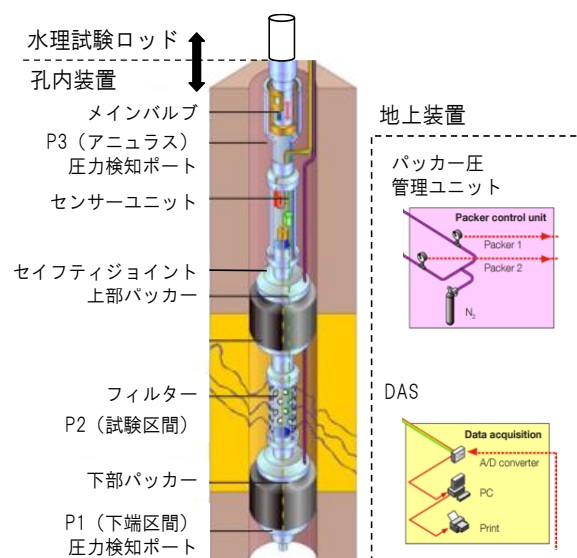


図-1 水理試験装置の概念図
 (https://www.solexperts.com 一部加筆)

3. 実施内容

水理試験は深度 720m のボーリング孔のうち、孔口から深度 29m までと深度 420m～550m の 130m 区間を除く 565m 区間を対象に、全 21 区間で実施した。

(1) 水理試験の実施フロー

図-2 に水理試験の実施フローを示す。水理試験装置を所定深度まで挿入したのち、孔内洗浄を行う。次にパッカー拡張により間隙水圧測定に移行し、間隙水圧が平衡になったことを確認した後、図-2 に従い水理試験を行った。

(2) 孔内洗浄

掘削には K 系シリケート泥水²⁾が用いられており、孔壁にはケイ酸塩のゲル化・付着による被膜が形成されている。孔内洗浄では、濃度 3% の KOH 溶液（洗浄水）による被膜の剥離を行ったのち、粘土鉱物の水和膨張抑制などの孔壁崩壊リスク低減として、試験区間中の溶液を濃度 3.5% の K_2CO_3 溶

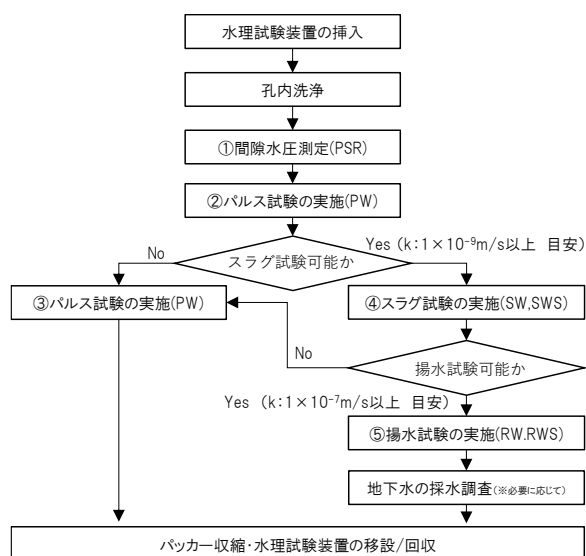


図-2 水理試験の実施フロー

キーワード ボーリング調査, 実証研究, 葉山層群, 泥岩, シーケンシャル水理試験

連絡先 〒331-0811 埼玉県さいたま市北区吉野町 2-272-3 (株)ダイヤコンサルタント GE 事業本部 TEL048-654-3132

液（置換水）に入れ替えた。またボーリングコア性状から孔壁崩壊のリスクが高いと思われる区間では、孔内を洗浄せずに水理試験を実施した。

(3) 水理試験

図-3に水理試験時の圧力履歴の一例を示す。この試験区間ではパルス試験、スラグ試験、スラグ回復試験を行っており、理論式に基づく解析（以下、現場解析）により透水係数を $7.9 \times 10^{-10} \text{m/s}$ と算出した。水理試験中は、水圧計 P2（試験区間）のほか、P1（下位区間）、P3（アニュラス）で圧力測定を行っており、試験時の圧力計 P1 や P3 の挙動は、後に実施する詳細解析（詳細は別稿（その3）参照）等の検討資料として使用した。

4. 水理試験結果と考察

柱状図および現場解析結果を図-4に示す。深度 29m～390m は葉山層群の泥岩を主体としており、透水係数は $1.5 \times 10^{-11} \sim 1.4 \times 10^{-9} \text{m/s}$ であった。深度 390m～420m と深度 540m 以深は、細粒凝灰岩と凝灰質砂岩を多く挟在しており、透水係数は $2.2 \times 10^{-10} \sim 1.6 \times 10^{-9} \text{m/s}$ と、上位の泥岩に比べ大きい透水性を有していることが分かる。

また、孔壁が比較的良好である2区間（深度 299.3m～329.3m、深度 601.5～631.5m）を対象に、泥水環境下で行った水理試験により取得した透水係数の妥当性について検討を実施した。具体的には、当該区間で泥水環境下と清水環境下、それぞれで水理試験を実施し透水係数を評価した。その結果、図-5に示すとおり、両区間のそれぞれの透水係数は概ね同程度の値を示す。これは、泥水環境下でも試験が成立することを示していると考えられ、孔壁崩壊リスクが想定される状況において孔内洗浄を回避しても適切な情報が取得できる可能性を示唆するものと推察される。

5. おわりに

孔壁崩壊リスクの高い脆弱な岩盤に対し、孔壁崩壊を回避して水理パラメータを取得できる方法の事例と共に泥水環境下における水理試験の結果の確からしさを示した。本稿で示した水理試験結果については、詳細な解析により取得した各種パラメータの不確実性の幅を含めた評価を実施している（詳細は別稿（その3）参照）。

参考文献

- 1) 竹内ほか, 地下水学会誌, vol49, No 1, pp17-32, 2007.
- 2) 今井ほか, 全地連「技術フォーラム 2017」旭川, 32, 2017.

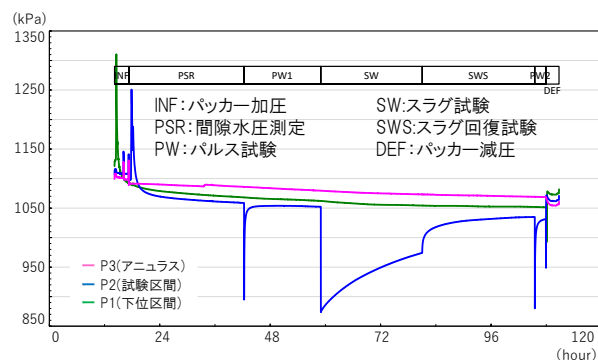


図-3 水理試験時の圧力履歴

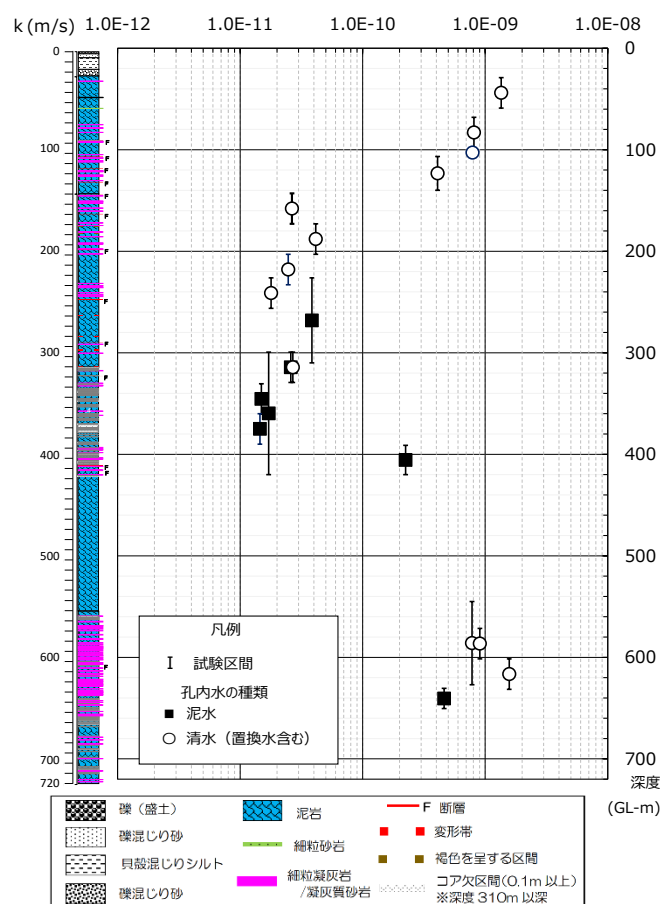


図-4 柱状図および水理試験解析結果

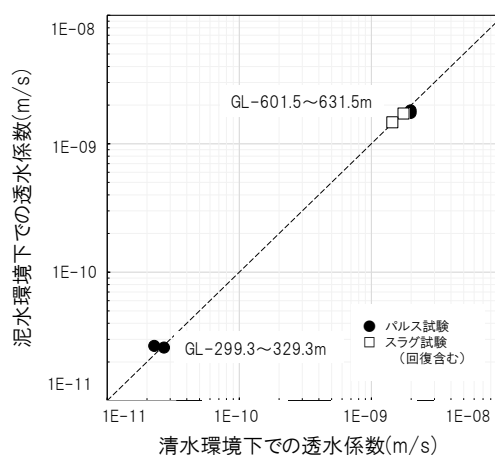


図-5 孔内水の違いによる透水係数の比較