

高精度弾性波測定システムを利用した地下水流動変化の原位置計測

(国研) 日本原子力研究開発機構 正会員 ○松井 裕哉

西松建設(株) 正会員 石山 宏二, 正会員 吉野 修, 正会員 引間 亮一

(株) 地層科学研究所 正会員 佐ノ木 哲, 非会員 林 邦彦, 非会員 高橋 昌弘, 正会員 里 優

1. はじめに

岩盤の弾性的性質は、岩盤を構成する基質部、空隙、またその空隙内の含水状況等により変化するが、これらの変化を非破壊で捉える手法の1つに弾性波測定が挙げられる。石山ら¹⁾は、この観点で超磁歪震源を利用した高精度弾性波探査システム開発を行ってきたが、今回そのシステムを日本原子力研究開発機構が実施している再冠水試験²⁾の現場近くに設置し、地下水流動場の変化の把握という観点から適用性を検討した。なお、本計測は、日本原子力研究開発機構と西松建設の共同研究で行い、実作業等は地層科学研究所の支援を受けている。

2. 実施概要

図1に原位置測定レイアウトを示す。再冠水試験²⁾では、止水壁より奥側の冠水坑道内を原位置地下水で冠水させ、それに伴う周辺地質環境の回復状況を観測していた。本計測では、冠水坑道の全排水に伴う周辺岩盤中の水理場変化を把握するため、既設水圧観測孔(12MI33孔区間6, 5, 4)と斜坑間の区間(幅2m程度)のエリアを計測対象とした。全排水に伴う変化は連続的かつ急激に生じると想定されたため、サイン波の連続起震を行い、かつ狭い区間で有意な観測結果を得つつ近傍に設置された地震計への干渉を避けるため、発振周波数は10kHzとした。原位置計測の使用計測器類のスペックは、既報¹⁾を参照されたい。

3. 計測の状況とデータ処理

本計測は、冠水坑道からの全排水開始(9/4)直前に機器の設置・調整を終え、全排水完了(10/4)後2ヶ月実施した。計測した波形データの例を図2に示す。現場で発生するノイズ等により一収録時のスタッキング回数を増やすことはできなかったため、今回は試行錯誤的に200回のスタッキングを1サイクルとし、それを重ね合わせて処理することで20万回のスタッキング処理を施す処理を行った。これにより、起振しているサイン波と対比可能なレベルの波形が得られかつ最も遠い受振点3で10kHzの周波数の卓越が確認できるレベルとなった。以降の処理では図2に100kHzのローパスフィルターをかけている。なお、ハンマリングで計測した対象領域の弾性波速度は約5.8km/sであり、再冠水試験前の調査等で得られた健岩部の速度検層結果³⁾とほぼ同等であった。

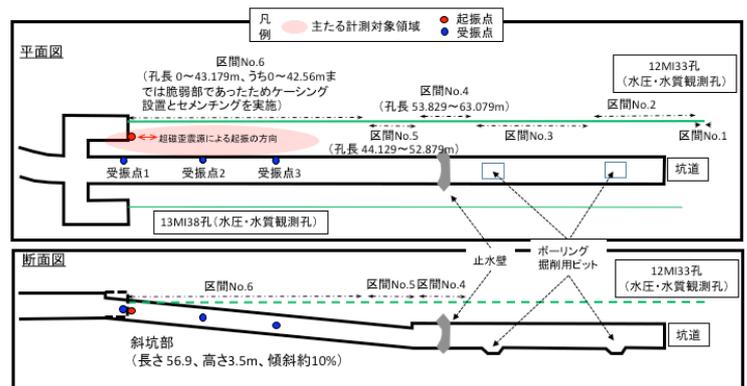


図1 計測レイアウト

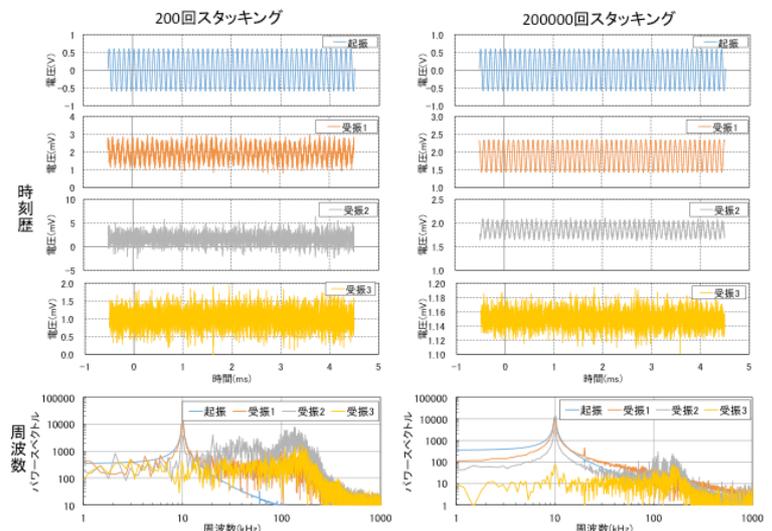


図2 データ処理方法の違いによる影響

キーワード：高精度弾性波測定，地下水流動変化，原位置計測

連絡先：〒509-6132 岐阜県瑞浪市明世町山野内 1-64 日本原子力研究開発機構 TEL0572-66-2244

4. 測定結果のまとめと水圧モニタリングデータとの比較に基づく解釈

既往の同種の研究⁴⁾では、土岐花崗岩の含水率の高まった部分でP波速度が増大した可能性があること、結晶質岩を対象とした岩手県釜石鉱山での研究事例⁵⁾は、DTT(Differential Travel Time, 初動到達時間)も岩盤の飽和度変化に伴い変化する可能性があることが指摘されている。これらを踏まえ、今回の測定結果を初期からの弾性波の位相差変化として整理し、それと12MI33孔の水圧観測データと比較したものが図3である。区間6(P6)は全排水後急激な水圧変動を示しているが、区間4,5(P4, P5)は相対的に変化が小さく、数十mの間で水理地質構造的な違いがあることが想定される。一方、両者の水圧変動程度の違いはあるが、冠水坑道の全排水に伴う水圧変化と呼応する形で、受振点1と

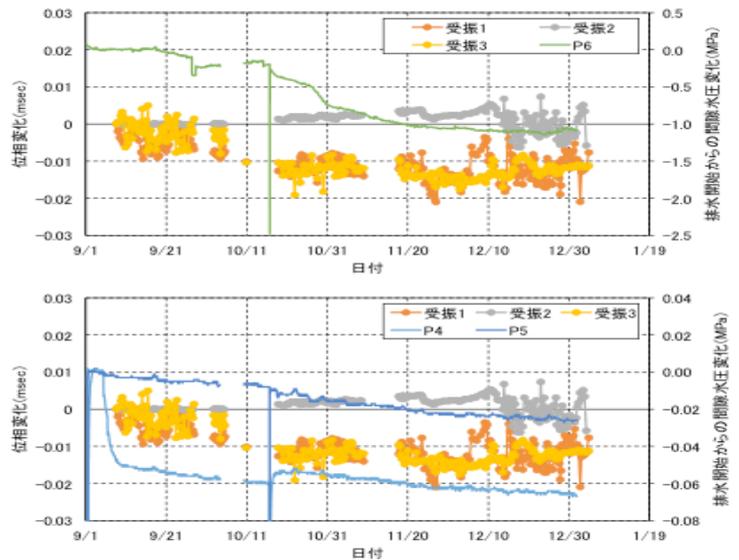


図3 求められた起振・受信点の波形位相差の変化と全排水に伴う間隙水圧変化

受振点3では初期からの位相差の変化はマイナス、つまりP波速度が相対的に速くなる一方、受振点2では、位相差の変化がプラスつまりP波速度が相対的に遅くなる結果が得られた。現場の状況変化とし、受振点2は機器設置時よりも地下水が多く流出している反面、受振点1は減少していることも観察されていることから、既往の研究同様、P波速度は岩盤中の飽和度変化で変化し、その結果、測定波形の位相差も相対的に変化していったと考えられる。より詳細なデータ解析は今後行っていくが、このような地下水流動場の変化は、明らかに冠水坑道の全排水により生じたものであることから、高精度で弾性波速度変化を計測することにより岩盤の力学的な性質の変化のみならず地下水流動場の変化も把握できる見通しが得られたと考えている。

5. 今後の予定

今回の計測結果等に基づき、本計測システムを長距離(数100m)の原位置計測として配置・適用する計画を考えており、それにより得られるデータの解釈・解析方法の検討を進め、最終的には地表からのモニタリング技術としての適用性評価を行う予定である。

6. 謝辞

本文計測の実施にあたっては、瑞浪超深地層研究所研究坑道掘削工事の大林・大成・安藤ハザマ特定建設工事共同企業体の多大なご協力をいただいた。また機材搬入出は、瑞浪超深地層研究所研究坑道掘削工事の清水・鹿島・前田特定建設工事共同企業体の多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 石山ら：長距離高精度弾性波測定システムにおける発振源としての超磁歪素子の特性評価，土木学会第72回年次学術講演会，2017
- 2) 西尾ら：平成29年度 東濃地科学センター 地層科学研究 情報・意見交換会資料集，pp. 3-4およびpp. 43-46，2017
- 3) 露口ら：深度500m研究アクセス北坑道における先行ボーリング調査報告書(12MI27号孔，12MI33号孔)，JAEA Technology 2013-044，pp. 36-38，2013
- 4) 東濃地震科学研究所：平成28年度 東濃地震科学研究所事業報告書，pp. 21-22，2017
- 5) 経済産業省資源エネルギー庁：平成26年度地層処分技術調査等事業処分システム評価確証技術開発，pp. 4-34-4-39，2015