

瑞浪超深地層研究所を中心とした東濃における深地層の科学研究- 深層ボーリング孔を用いた岩盤の水理特性評価技術の開発 -

Hydrogeologic investigations at a deep borehole, Mizunami Underground Research Laboratory

藤田 有二[1]; 竹内 真司[1]

Yuji Fujita[1]; Shinji Takeuchi[1]

[1] JNC 東濃

[1] JNC Tono

はじめに

亀裂性岩盤の水理特性を把握するためには、地下水流動に影響を与える可能性のある不連続構造や割れ目帯などの透水性の構造（水みち）の抽出とその特性の把握が重要である。そのためボーリング孔において効率的に透水性の構造を抽出し、水理特性を把握する技術を開発することが必要である。本稿では、瑞浪超深地層研究用地を含むサイトスケールでの繰り返しアプローチの中で開発し、実施している水理特性の評価技術について紹介する。

水理特性評価技術の開発

透水性構造の抽出技術

水みち抽出技術開発の一環として、電気伝導度検層の適用試験を実施した。電気伝導度検層とは、孔内の地下水をイオン交換水に置き換えた後に、揚水をしながら孔内水の電気伝導度の変化を連続的に計測し、その時間変化の違いにより水みちを抽出する検層である。電気伝導度検層は海外では前例があるが国内では実施例がなく、割れ目が多いとされる我が国の岩盤への適用性については未知であった。そこで、電気伝導度検層と各種のフローメーター検層や温度検層を併せて実施することで、各検層の透水性構造の検出精度を比較し、その適用範囲を評価した。

水理試験方法の改良

地下水流動を規制する不連続構造や割れ目帯ならびに母岩など、幅広い透水性を有する地下深部の岩盤の水理特性を効率的に把握するために、1本のボーリング孔を利用した一連の水理試験技術として、試験装置の改良、試験方法ならびに水理特性の評価方法を開発した。

従来、低透水性岩盤を測定対象としていた試験装置に関しては、 10^{-4} (m^2/s) 程度の高透水性の岩盤のデータを適切に評価する上で重要な、装置の配管系に起因する圧力損失を低減するため、内部配管の直線化と配管径の拡大化を実施した。さらに揚水試験において透水性の適切な評価を行うための方策として、孔内貯留を低減するためにポンプ上部にパッカーを取り付け、試験区間および連結する試験管内を閉鎖系として揚水が可能な構造とした。また試験管内にロッドを差込み、これを回転させて揚水する形式のポンプを採用することで、同様に閉鎖系での試験が可能な構造とした。

試験手順については岩盤の透水性に相応した試験手法を効率的に選定するために、複数の試験を組み合わせた“シーケンシャル試験法”を構築した。シーケンシャル試験はボーリング孔周辺への影響範囲が相対的に小さいパルス試験から開始し、スラグ試験、揚水試験と段階的に影響範囲が大きな試験方法を連続的に組み合わせて実施する方法である。

得られた水理試験データから信頼性のある水理パラメータを導くためには、取得された時系列データの中から解析に供するデータを適切に抽出する必要がある。そこで、揚水試験や回復試験などの評価に圧力変化の時間微分（デリバティブ）プロットを採用することにした。

現場での適用性の評価

構築した一連の水理試験技術を掘削長約 1300m のボーリング孔を用いた調査に適用し、その有効性について検討した。

透水性構造の抽出

本孔で実施した検層の結果を比較すると、電気伝導度検層では 10^{-8} (m^2/s) 以上の透水性を持つ水みちが約 50 箇所確認されたのに対して、他の検層では主要な水みちのみが数箇所確認された。このことから、電気伝導度検層は他の検層よりも透水性の低い水みちまで抽出できる有効な手法であると考えられる。一方で主要な水みちのみを抽出するためには揚水過程におけるフローメーター検層が有効な手法と考えられる。

水理試験

改良した水理試験装置を用いて試験を実施した結果、 10^{-4} (m^2/s) 以上の高透水性の不連続構造の水理特性を適切に把握できることが確認できた。また孔内貯留を低減できるポンプを使用した揚水試験では、早期に水圧の安定が確認され、試験装置の有効性が確認された。さらにシーケンシャル試験の結果、岩盤の透水性に応じた適切な試験手法が選択でき、低透水性から高透水性まで広範囲の岩盤の水理特性を良好に把握できることが確認された。

また得られた試験データに対してデリバティブ・プロットを適用した結果、透水性を評価するための適切な時間領域のデータが選定でき、本手法の有効性が確認された。またこのデリバティブ・プロットを試験中の圧力変化とともにリアルタイムで確認することで、試験終了などの判断が容易となり、本手法が迅速に信頼性のある水理特性を把握する有効な方法であることが確認できた。

上記に示した一連の技術を適用することにより、詳細な水みちの抽出、ならびに水みちと母岩の水理特性を合理的に把握するための技術の有効性が確認された。