

音響トモグラフィ法を用いた硬質岩盤中における水みち探査の試み

Experiments for exploring flow pass in hard rocks by acoustic tomography

窪田 健二^{1*}, 鈴木 浩一¹, 榎原 淳一², 山田 知秀²

Kenji Kubota^{1*}, Koichi Suzuki¹, Jun'ichi Sakakibara², Tomohide Yamada²

¹電力中央研究所, ²JFEシビル

¹CRIEPI, ²JFE Civil

花崗岩をはじめとする硬質な岩盤は、高レベル放射性廃棄物を地層処分する対象となりうる。岩盤中に割れ目が存在すると、その部分が水みちとなることで、人工バリアから漏出した放射性核種が地下水を輸送媒体として移行することが想定される。従って、岩盤中における地下水の移行特性を把握することや、水みちとなる割れ目の幾何形状、分布位置を可視化することが非常に重要となる。

物理探査法を用いることで、割れ目を可視化できる可能性がある。しかし、割れ目が存在したとしても、弾性波速度や電気比抵抗の物性値が周囲の岩盤と異なる領域はごくわずかと予想されることや、幅の狭い割れ目の検知のためには高密度で測定する必要性が想定されることから、従来の物理探査法の精度では、割れ目の分布位置を検知することは極めて困難とされていた。一方、割れ目を弾性波が伝播する過程において、振幅は大きく減衰すると予想される。音響トモグラフィ法は、地盤を伝わるP波速度だけでなく、波動の振幅情報（減衰率断面）を測定できるとともに、数十kHzといった高周波数帯での測定ができることから、割れ目の分布位置を把握できる可能性がある。そこで、花崗岩ブロックを用いた室内試験、割れ目の分布する花崗岩サイトにおける原位置試験を通じて、音響トモグラフィ法による水みちとなる割れ目探査の適用可能性について検討を行った。

室内試験は、古第三系の花崗岩（茨城県真壁産）を直方体に成形して2体のブロックを積み重ね、ブロック間にスペーサーを挟んで幅0.5mmのすき間を作ることで割れ目を模擬した。また、割れ目内には蒸留水を充填させた。割れ目を貫通するような2本の鉛直孔（孔間距離1.78m）の中に発振・受信センサーをそれぞれ設置した。発振・受信間隔は0.1mとし、発振周波数を10、20、30、40、50kHzとしてそれぞれ測定した。測定・解析の結果、P波速度断面では、割れ目部分・岩盤部分共に4.7km/s程度の速度を示し、両者の間にほとんど速度差が生じていなかったが、減衰率断面では割れ目の部分において周囲より高減衰となっていた。特に、発振周波数20kHz、30kHzの場合においては減衰がより顕著となっていた。これは、割れ目をP波が伝播して行く過程において、伝播時間はほとんど変化しないのに対し、振幅は減衰を生じ、減衰率の断面として可視化した場合に割れ目の位置を把握できる可能性を示したと思われる。

原位置試験は、スイスのグリムゼルテストサイト（GTS）と呼ばれる、花崗岩が分布するサイトにおいて実施した。音響トモグラフィの測定は、試験坑道内において掘削した3本のボーリング孔（それぞれ孔長30m、孔径0.086m）を用いて、2断面分の測定を行った。孔間距離はそれぞれ約1.5mであり、発振・受信間隔はそれぞれ0.2m（一部では0.1m）とした。なお、試験サイトの花崗岩中には割れ目が多く分布しており、ボーリング調査、トレーサー試験、孔間透水試験等により、割れ目の分布や透水特性、地下水の移行特性に関する調査を行っている。トモグラフィの2次元解析では、測定に用いた孔同士で3次的にねじれが生じていたことや、速度異方性を示す測定結果となっていたことから、孔の配置と異方性を考慮して解析を行った。測定・解析の結

果、室内試験の結果と同様、P波速度断面よりも減衰率断面の方が割れ目の存在する部分においてより顕著に変化が生じる結果となった。

以上より、割れ目の検知には波動の振幅減衰を測定することが有効である可能性が示された。今後は、割れ目の検出に適切な測定条件や検出限界等について理論的、定量的に解釈する必要があると思われる。また、原位置試験の結果で示されたように、異方性のある岩盤においては異方性を考慮した上で解析を行う必要があるとともに、実際には割れ目は3次元的に分布しているため、3次元で測定・解析を行う必要があると考えられる。そこで、割れ目の3次元的な分布を可視化できる可能性について検討を行いたいと考えている。

なお、本研究は経済産業省受託研究「岩盤中物質移行特性評価技術高度化調査」の成果の一部である。

キーワード:地層処分,硬質岩盤,水みち,物理探査,音響トモグラフィ,振幅減衰

Keywords: High-level nuclear wastes disposal, Hard rocks, Groundwater flow pass way, Geophysical exploration, Acoustic tomography, Amplitude attenuation