

受動的掘削振動観測の長期空洞安定性評価のための活用に向けた試み

産業技術総合研究所	正会員	○相馬	宣和
産業技術総合研究所	非会員	及川	寧己
産業技術総合研究所	非会員	竹原	孝
東北大学	非会員	浅沼	宏

1. はじめに

本研究では、一回の調査開発行為で得られる地下情報を極大化することが有効であると考え、ボーリング掘削振動等の受動的計測に基づく簡便な地下構造評価手法を開発し、岩盤工学的手法や物理探査技術を補完して地下空洞安定性評価に利用することを検討している。本講演では、硬質岩盤内小トンネルにおいて実施されたボーリング掘削時の振動（掘削音）の観測の概要を述べ、掘削影響領域に注目して、反射や伝搬速度を利用した地下構造評価手法の実現可能性を検討した結果を報告する。

2. ボーリング掘削音観測の概要

掘削音の観測は、コア法（AE/DRA 法）による地下応力評価を目的とする、硬質岩盤内小トンネルにおける孔径約 76 mm、掘進長約 20 m、傾斜角約 30 度のコアボーリングを対象に行われた。観測には掘削孔から約 93 m 離れた鉛直の観測孔が利用され（図-1）、小型 3 軸弾性波検出器を状況に応じて複数の深度に設置し（図-2）、16 ビットの連続式デジタルレコーダーにサンプリング周波数 12 kHz で離散化してデータは記録された。掘削は 5 日間行われ、全部で 20 時間以上の掘削音データが得られている。また、掘削装置自体の振動も、掘削装置に取り付けた 2 個の加速度センサにて同時に記録されている。

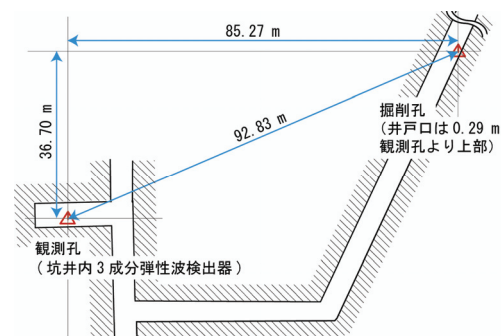


図-1 掘削孔と観測孔のレイアウト

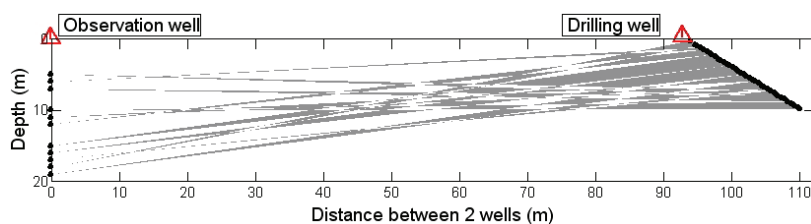


図-2 送受信点（黒点、観測点は左側）と想定伝播経路の関係

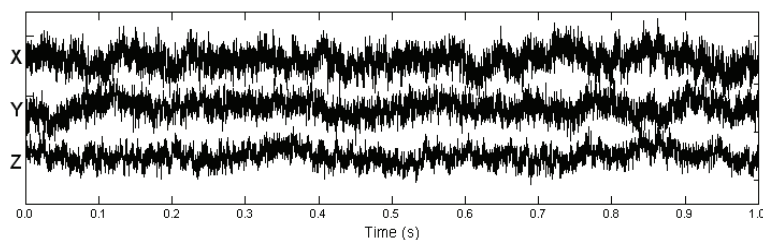


図-3 掘削音の3成分観測波形例

3. 掘削音データの特性評価

掘削音波形例を図-3に示す。掘削音は、ランダムノイズに似た白色ノイズ状の連続信号として得られる。今回の掘削音では、相関解析に悪影響を与える周期ノイズ成分の混入は大きくなかったが、観測器の孔壁への圧着状況の影響と考えられるAEが不定期に発生する場合があった。バックグラウンドノイズ（BGN）と掘削音

の上下動成分のパワースペクトルを図-4に示す。受信状態が良好な場合には20 dB近いSN比を示すものもあった。掘削音の卓越周波数は、データによるばらつきが大きいものの、概ね80-1100 Hzと考えられる。全体的には今回の掘削音は振幅レベルは極めて小さく、80-1100 Hzの平均SN比が1以下になるものが大半であった。図-5には3次元的な振動状態を表す3次元ホドグラムの例を示す。ホドグラム観察においてBGNとの比較を行うことにより、放出弾性波のモードを推定することができる。全体的に、掘削装置方向に対応する振動成分よりは、それにほぼ直交する振動成分のエネルギー増加が目立っており、SV波の放出が多いと考えるこ

キーワード 放射性廃棄物地層処分、空洞安定性、掘削影響領域、地下計測、弾性波

連絡先 〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 (独) 産業技術総合研究所 中央第7事業所
地圏資源環境研究部門 CO2 地中貯留研究グループ TEL 029-861-8254

とができる。

4. 掘削音による空洞周り構造評価の試み

これまで、地下空洞内の小規模ボーリング掘削音の反射波利用については一定の成果を挙げている¹⁾。ここでは、掘削音伝播速度について、活用可否に関する検討を行った。最初の試みとして、観測孔の弾性波検出器と掘削装置上の加速度センサとの相互相関解析を行い、最大ピーク位置からディレイを検出して岩盤物性に矛盾無い伝播速度が得られるか、また、求められる速度と伝播経路等に何らかの関係があるのかを調べた。

図-6 は、掘削装置上のセンサの掘削軸方向成分と観測孔内検出器の上下動成分との、相互相関解析の例である。本例では、ディレイ-0.033 s より伝播速度 3350.58 m/s と計算されている。伝播速度推定結果は、SN 比が悪い場合には信頼し難い値になることも多かったが、 $SN > 1.5$ に限定すると平均値 3367.2 m/s となり、前述のように SV 波が主要放出モードと考えた際に、一般的な硬質岩盤物性に極端に矛盾しない値が得られていることが分かる。

全ての $SN > 1.5$ の掘削音データについて伝播速度を算出し、掘削ビット位置との関係を調べた(図-7)。算出結果にばらつきは大きい、掘削深度の浅い箇所では弾性波速度が遅く、深度 3~4 m 付近で速度が速めになる傾向がある。掘削孔の周辺には比較的大きな空洞があることから、掘削影響領域の影響が S 波伝播速度に反映されている可能性がある。また、地下応力再配分の変化状況との関連も考えられる。簡便なボーリング掘削音観測から岩盤の弾性波伝播速度の算出が可能であり、何らかの地下空洞の影響に対応した変化を有している可能性があることが分かった。

5. まとめと今後

簡便な 1 点観測で取得されたコアボーリング掘削からの掘削音を用い、伝播速度の算出に成功して掘削影響領域周辺の構造評価に活用する可能性を示すことが出来た。今後は、反射等も含めて掘削音解析手法をさらに検討すると共に、原位置応力評価研究等とも比較検討し、長期空洞安定性評価における利用法等を検討していく予定である。

謝辞

本研究の掘削音データの室内解析は、原子力委員会の評価に基づき文部科学省原子力試験研究費により実施された。関係各位に謝意を表する。

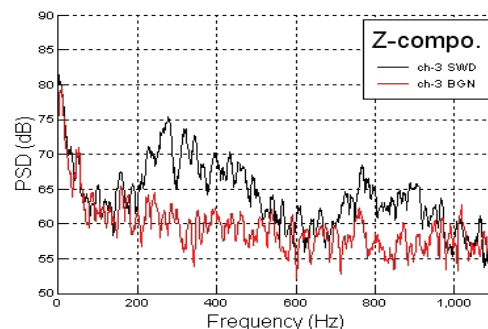


図-4 掘削音のパワースペクトル。(Z成分. 黒:掘削時, 赤: BGN時.)

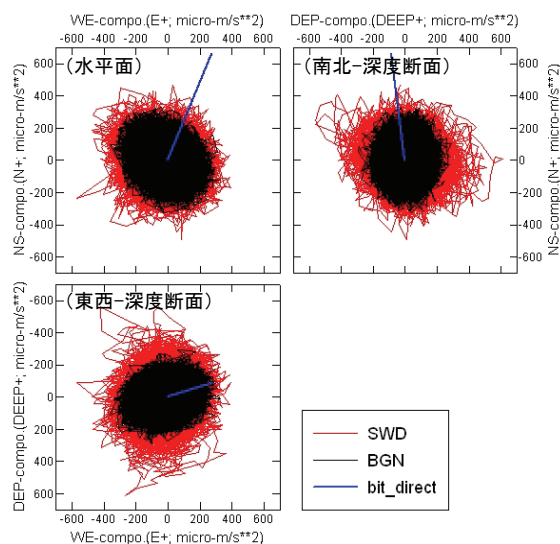


図-5 掘削音の3次元ホドグラム。(黒:掘削時, 赤: BGN時, 青:掘削装置方向.)

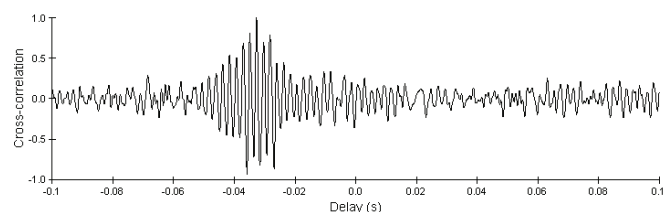


図-6 観測孔と掘削装置上センサとの相互相関の例。(負ディレイは観測孔の信号の遅れを意味する.)

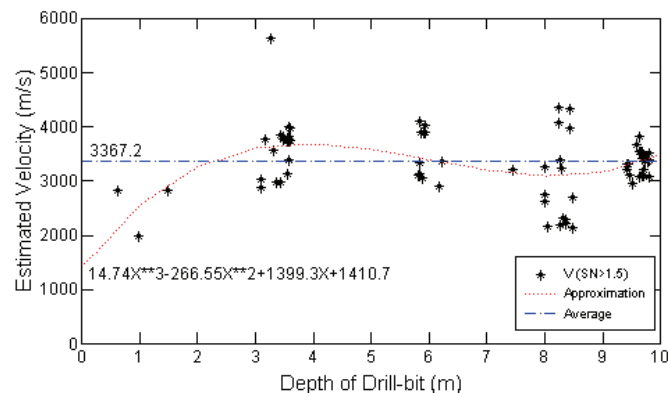


図-7 $SN > 1.5$ の掘削音 86 データにおける掘削ビット深度と推定された伝播速度の関係。(赤点線:近似曲線, 青鎖線:平均値.)

1) 相馬宣和・大野哲二・中島貴弘・中間茂雄・浅沼宏 (2007): 地下空洞内での掘削振動の多成分信号処理法と周辺地下構造推定法の検討, 土木学会論文集, C63-4, pp. 1020-1034.