

VI-193 A E法を用いたシールド工事の切羽監視システムの開発

（株）フジタ 正会員 ○和久昭正 秩父顕美

同 上 正会員 小林収 澄川薫 和気輝幸

1. はじめに

シールドトンネル工法における施工管理では、切羽の管理が最も重要であることは論を待たない。特に切羽での土質性状の把握はシールド運転管理上不可欠の要素である。従来、切羽地質は排土された土砂を見て判断しているが、必ずしも満足できる結果が得られていないのが現状である。このため、電磁波、電気比抵抗、ファイバースコープなどを利用した研究開発が各方面で積極的に行なわれている。

本システムは、非破壊検査手法の一つであるA E（アコースティックエミッション）法を用いて、掘進中の切羽での掘削状況をモニタリングすることを目的として開発したものである。これまでに4ヶ所のシールド現場に適用し、切羽地質の把握などに関して良好な結果を得ることができた。本文では、システムの概要と適用例について報告する。

2. 開発の目的

近年のシールド工法は密閉式のシールドが主流であるため、シールド機の機構上切羽地山を直接目視することができない。このような密閉式のシールド工法を採用した場合には次のような問題点がある。

- a) 切羽地山の土質性状の判定が直接的にできないため、シールド掘進管理において、土質の変化にリアルタイムに対応できない。
- b) 大きな転石、流木などの障害物に遭遇した場合、切羽の状況が判別できない。
- c) カッタビットの破損、摩耗、故障状況が把握できないために、適切な交換時期の判断ができない。

このような問題点を解決するため、本システムでは音を聞き、その音の特性の変化から破壊状況などを調べるA E法に着目し開発を行なった。音の計測は他の電磁波などに較べると装置が簡単で、コストも安価である。さらに、オーディオ装置を利用して耳で聞こえるシステムにすれば、複雑な解析を行なわなくても簡単に理解でき、掘削状況をリアルタイムに把握できるというメリットを持っている。

3. システム概要

（1）計測の原理

シールド機内において掘削中に発生する音を計測する場合、問題となるのはマシンの稼動による騒音が非常に大きいことである。実際に機内では掘削中約90 dB程度の音が発生している。図-1はシールド機内で発生する音を分類したものである。通常、A E計測ではセンサを固体の表面に取り付けて波動を受信するので、固体伝播音のみが計測の対象となる。このうち、本システムで必要とする地山の掘削音はフィルタなどを利用することによって、取り出すことが可能である。

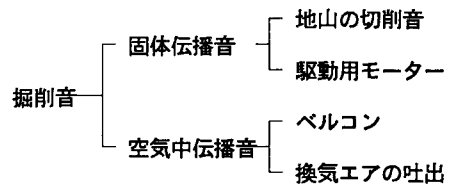


図-1 シールド機内で発生する音の分類

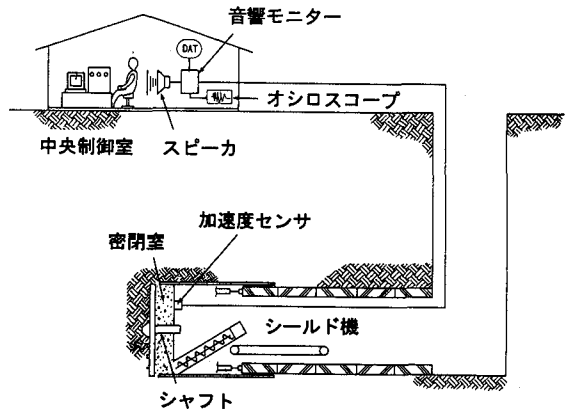


図-2 シールド工事における音響診断の計測状況図

（2）計測方法

図-2に計測状況図を示す。本システムは、運転の障害にならない位置、例えば隔壁の内側などにマグネットを用いて取り付けられた加速度センサと、地上の中央制御室に設置するスピーカ内臓の音響モニタ装置で構成される。

4. 実施工における適用例

これまでに本システムを適用したシールド工事の中から、地盤の土質性状の変化が著しかった現場での例について説明する。

（1）工事概要

当工事は総延長1389m、外径2,140mmの下水道管渠布設のためのシールド工事である。工事区間の地質は粘性土層から風化岩層、中硬岩層と広範囲に渡っている。また、風化岩層にはかなり硬い岩芯が存在していることが、計画時に判明していた。このため、カッターフェイスにディスクカッタを配置した岩盤対応型泥漿式シールド工法が採用された。図-3に地質概要図の一部を示す。

（2）適用結果と考察

図-4は土質性状の異なる地盤において計測した、掘削音の代表的な信号波形を示したものである。切羽の土質性状の違いにより、音の信号波形は明瞭に異なっていることが分かる。粘性土層では切削する音が小さいためシールド機が回転する音のみが聞こえるが、砂礫層では「パチパチ」という音、転石との遭遇時には突発的な音が聞こえる。また硬岩層では破碎する時のエネルギーが大きく、周波数の高い音がする。

本システムでは、スピーカから流れる音とオシロスコープ上の波形から切羽の状況を判断しているため、聞く人によって微妙な土質の変化に対する判断には若干の差異があることは否めない。しかし、シールド機の運転方法を変える必要があるほどの地山の変化に対しては、大部分の人が共通した認識のもとに切羽の状況を把握できることが分かり、本システムの有用性が確認された。

5. おわりに

以上、AE手法を用いたシールド工事の音響診断システムの概要とその適用例について述べた。現在は、オペレータが掘進中の音を聞いて掘進状況を判断し、運転操作に役立てている状況である。今まで切羽の監視ができないために手探りの状態で掘進していたことを考えると、それだけでも格段の進歩である。

今後は、計測した音に含まれる様々な情報を自動的に抽出する手法を開発し、シールド機の自動運転システムにおいて利用可能なシステムとしていく予定である。

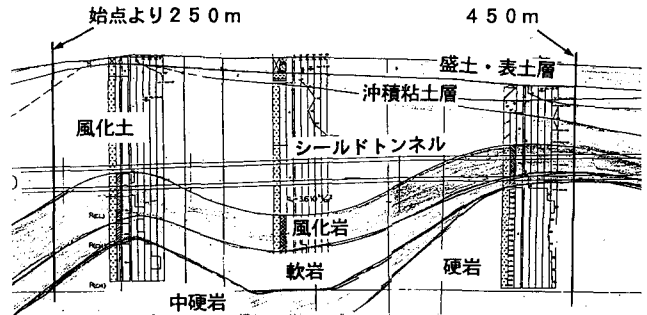


図-3 シールド地質概要図

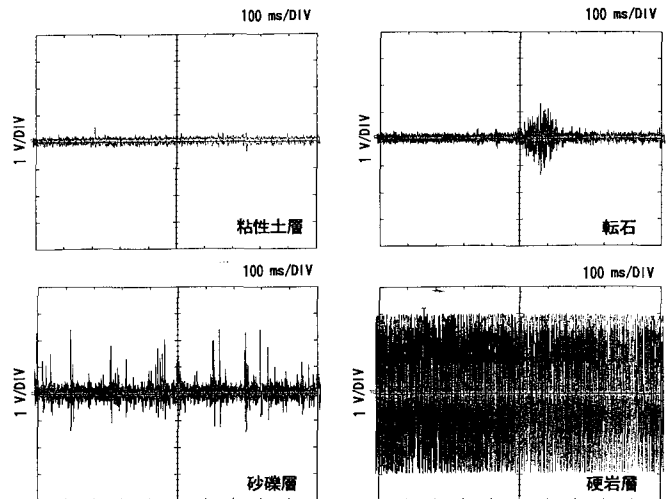


図-4 各種地盤における掘削音の代表的な信号波形