

VI-182

異常音を利用したディスクカッターの健全度診断

(株)フジタ 正会員 ○秩父顕美 和久昭正 北山大
同 上 正会員 小林収 澄川薫 和気輝幸

1. まえがき

岩盤層を含む地盤でのシールド工事では、一般にディスクカッターを装備した岩盤対応型のシールドマシンが利用される。このタイプのマシンを用いた場合、ビットの摩耗や損傷に伴うカッターの交換時期の判断が工事を進める上で非常に重要となる。従来、カッターの交換時期は最外周のカッターの転送距離と掘削地盤の岩質から、摩耗限界に達する掘進距離を求めて推定していた。しかし実際には掘削する地盤が必ずしも一様でないために、摩耗量が計算値と一致しないことが多く、交換時期の判断が非常に難しい問題となっている。

このような問題を解決するために、シールド掘進時に発生する掘削音を利用してカッターの損傷や交換時期を推定する方法について検討を行なった。本文では、カッター異常を示す音(異常音)の検出方法とその適用結果について報告する。

2. 音響診断

一般に、稼動中に発生するAEや高周波異常音を計測し、設備や機器の異常を診断する方法は音響診断と呼ばれ、設備診断の分野では回転機械や軸受損傷などの診断技術として既に実用化されている¹⁾。この方法の特長としては、稼動中の設備に対して適用可能であること、音を発生する全ての現象を対象とし利用範囲が広いこと、可聴音帯域の音を計測し人間の聴覚による判断が可能であることなどが挙げられる。今回適用を試みたカッターの健全度診断は、このような音響診断技術をシールド工事に応用したものである。

3. 検討事例

(1) 工事概要: 検討したシールド工事の地質概要の一部を図-1に示す。この工事では掘削する地盤が粘性土層から岩盤層まで複雑に変化していることから、ディスクカッターを装備した岩盤対応型のシールドマシンが採用された。異常音によるカッターの診断は、図中に示す273リングと467リングの区間において行なった。273リングにおいてカッターを点検・交換したが約200リングを掘削する間にカッターの損傷が激しく、467リングで点検した際にはほぼ半数が修理不能なまでに損傷していた。掘削音の計測方法については別に報告²⁾しているので省略する。

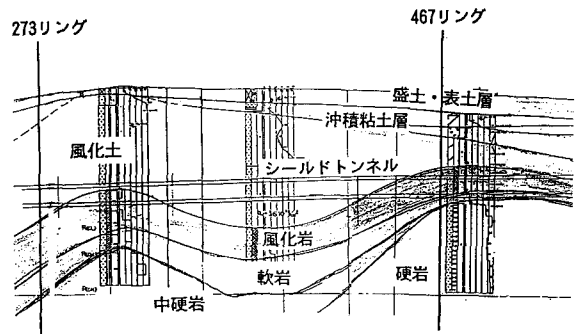


図-1 シールド工事の地質概要図

(2) 異常音の特性: カッターの損傷に伴う異常音発生の原因は、この区間のうち岩盤層を掘削している時の音を繰返し聞いて推定した。その結果、カッターの損傷に伴う異常音には次の2通りあることが判別できた。

- 1) カッターの回転が一時的または完全に停止した状態で、岩盤を引っかくように切削している時の音
- 2) カッターが損傷して掘削時に機械にかかる負荷が大きいため、シールド機械自身が振動している音

このような異常音の特性を調べるために、耳で聞いて異常と判断した時の信号を無作為に抽出し、周波数分析を行なった。図-2は各異常音に対する代表的な信号波形と周波数分析の結果を示したものである。比較のために、カッターが健全な状態で掘削している時の音についても示した。

図から異常音のスペクトル分布は非常に特徴的であることが分かる。すなわち、カッターが正常に回転して岩盤を切削している時の音は広帯域のスペクトルを有するが、機械的に異常がある時の音は狭帯域にスペクトルのピークを持ち、同様な形状をした信号がある一定時間以上持続すると言う特徴を持っている。

さらに異常音の発生原因によってスペクトルのピークの位置が異なり、回転が停止した場合には1200Hz前後、機械振動の場合には450Hz前後にピークの位置がある。このようなピーク位置の差が耳で聞くと異なった音に聞こえる原因である。サンプリングされた他の信号もスペクトルのピークレベルは異なるが、ほぼ同じような傾向を示している。

（3）検出方法： 上述したように異常音は狭帯域にスペクトルのピークを持つという特徴があるため、狭帯域と広帯域の2種類のバンドパスフィルタを用いて検出することが可能である、すなわち、各フィルタの平均出力振幅値の比（狭帯域／広帯域）が、一定時間以上連続して一定レベル以上であれば異常であると判断できる。

（4）検出結果： 異常音の検出方法の妥当性を検証するために、カッタが停止した状態で掘削している時の異常音（1200Hz）について、振幅値の比0.4以上、持続時間200ms以上と異常音判定基準を設定し、その発生回数を求めた結果を図-3に示す。異常音の検出は主に岩盤層を掘削中に録音したテープを用い、各リングでの掘削時間のうち最初の30分間について行なった。

比較的カッタが健全であると考えられる前半の岩盤層掘削時(295-327)では大半が10回以下であるが、後半の岩盤層掘削時(421-461)では多い場合50回以上検出され、前半に対して異常音の発生頻度が高いことが分かる。この結果より、421リング付近より回転が徐々に停止し、偏摩耗の発生が顕著になり始めたものと推定できる。

4. まとめ

シールド掘削音からカッタの健全度を定量的に評価する方法について検討した結果、異常音の発生回数とカッタの損傷の間に相関関係のあることが判明した。しかし、カッタの交換時期をより適切に予測するためには、狭帯域の周波数、振幅比、信号の持続時間などの設定方法をさらに検討する必要がある。

【参考文献】 1)非破壊検査協会、「アコースティックエミッション」、2)和久他、「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」、土木学会第49回年次学術講演会、投稿中

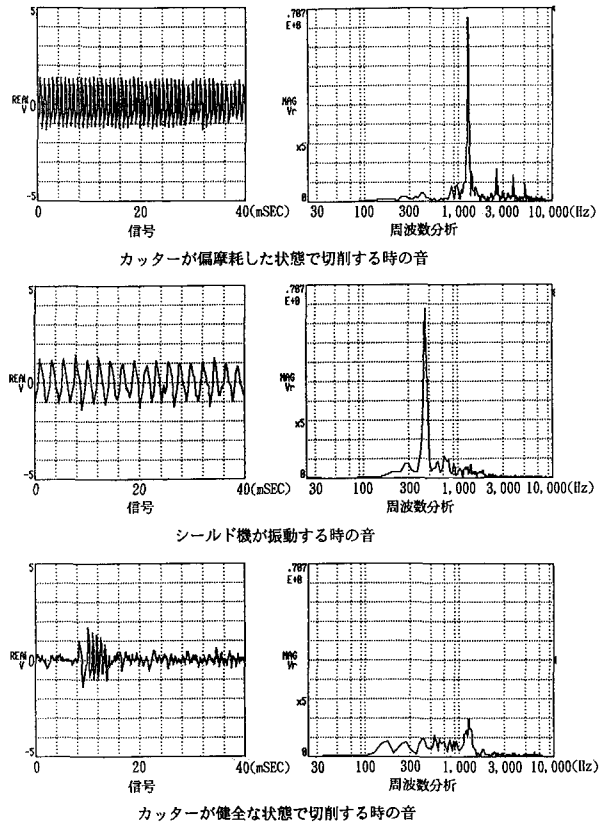


図-2 代表的な掘削音の周波数分析結果

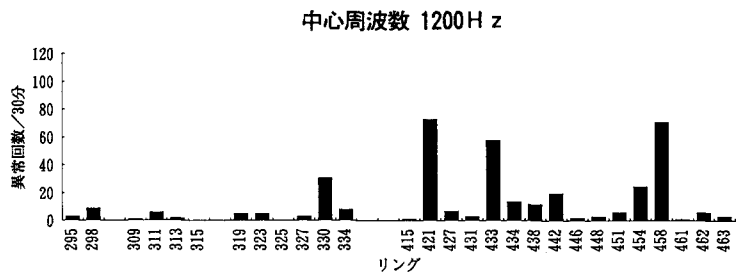


図-3 カッタ異常音の検出結果