

AE（アコースティック・エミッション）を用いた支障物切削負荷検知技術の開発 —AEの適用性確認—

(株)大林組 正会員 ○今岡 洋輔 正会員 上田 潤
正会員 大前 慶恵 中本 淳

1. はじめに

近年、都市部のシールド工事では、シールドの通過に支障となる杭や土留め壁などを直接シールド機で切削する工事が増加している。また、想定していなかった支障物と遭遇する事例も散見されている。支障物切削時の切削負荷の増大や衝撃によりカッタービットおよびカッター駆動部が損傷すると、掘進不能になる恐れがある。そのため、障害物切削中の切削負荷や衝撃を抑制するためには、切削負荷を検知し、掘進管理へ反映する必要がある。

そこで、金属やコンクリート等の非破壊検査に使用される AE（アコースティック・エミッション、以下、AE と表記）技術に着目し、シールド掘削における代表的な支障物である金属やコンクリートが切削される際に発生する弾性波を検知し、切削負荷を評価する技術の開発に着手した。本稿では、支障物切削における AE 技術の適用性を検証するため実施した、実工事での直接発進に伴う立坑壁切削時の AE 計測結果を報告する。

2. AE の特性と適用範囲

AE は、材料の塑性変形や摩耗時に発生する高い周波数(60k~150kHz)をもつ音響信号として放出する現象であり、この音響信号を検出・評価する AE 技術により、材料のクラック等の発生や進行等を非破壊で把握することができる。

振動センサ・加速度センサなどの多くのセンサは、変形や摩耗により生じた振動などの 2 次的な現象を捉えるものであるが、AE センサは、変形や摩耗が発生した際の 1 次的現象を捉えることができるのが特徴である。

AE の周波数帯域は 10kHz~数 MHz と言われ、人の可聴域よりもはるかに高周波領域であり、金属やコンクリートが変形した際に発する音響信号の共振周波数と合致しているため、いち早く変形を捉えることができる（図-1）。AE の計測するパラメータは、最大振幅（き裂の深さ）およびエネルギー（き裂の大きさ）であるが、シールドの支障物切削においては、各パラメータから切削対象や、切削によるシールド機への負荷の大小を判断できると考える。

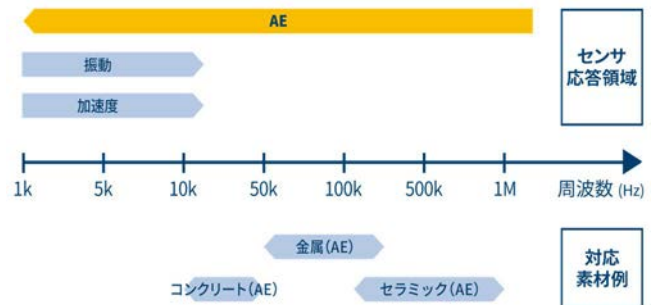


図-1 センサの共振周波数

3. 基礎実験（AE の適用性確認）

（1）目的

シールド機内部に設置した AE センサで、障害物切削により発せられる波形の検知が可能か。また、検知した波形から切削負荷の大小を評価することが可能か検証した。

（2）実験方法

立坑壁（コンクリート+FFU 材）を

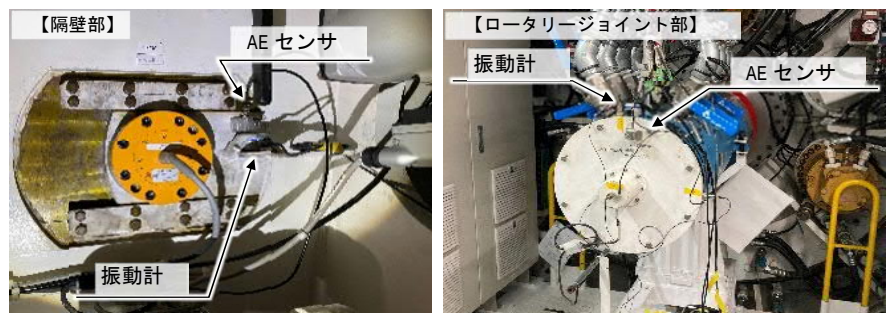


写真-1 AE センサおよび振動計設置状況

キーワード シールド、支障物、切削負荷検知、AE

連絡先 〒108-8503 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟

(株)大林組 TEL03-5769-1318

直接切削して発進するシールド工事（掘削外径 $\phi 12.13\text{m}$ ）において、AE 計測および振動計測を実施した。各センサは、シールド機隔壁部およびロータリージョイント部へ設置した（写真-1）。計測は、無負荷時、立坑壁切削時、地山掘削時の各区分とし、シールド発進後から連続的に計測を行った。AE センサは、共振周波数 60kHz 帯を使用し、センサ出力を 0.1 μs 毎にサンプリングし、10ms 毎に最大振幅およびエネルギーのパラメータに換算し記録する。

（3）実験結果

掘進データから、立坑壁切削時および地山切削時におけるカッタートルクの値は、立坑壁切削より地山掘削時の方が高い値を示しているのが分かる（図-2）。これは、切込み量が大きくなったため、カッタートルクが高くなったと考えられる。一方、AE 計測結果の最大振幅（図-3）やエネルギー（図-4）では、カッタートルクとは異なり立坑壁切削時の方が高い値を示している。これは、コンクリートや地山が切削される際の切削現象による波形を捉えたものであり、切削対象の強度に比例していると考えられる。振動計による計測結果では、立坑壁切削と地山掘削時での違いを確認することができなかった（図-5）。以上より、AE 計測値は、立坑壁掘削時と地山掘削時とで明確な違いを示していることから、支障物切削において AE 技術での検知は有効であると言える。

次に、立坑掘削時の AE 計測値について最大振幅とエネルギーの散布図（x 軸:エネルギー, y 軸:最大振幅）を図-6 に示す。この結果より、切削時における相関関係があることを確認できる。

計測時の切削速度がほぼ一定であることから、AE 計測値の大小と切削負荷の大小との関係まで把握することはできなかった。

4. おわりに

今回の基礎実験において、シールド工事における AE 技術の適用性を確認することができた。今後は、各素材に対する要素実験を行い、切削する素材（コンクリートや鉄等）の違いや切削速度の違いによる AE 波の把握し、支障物切削負荷評価技術を確立する。

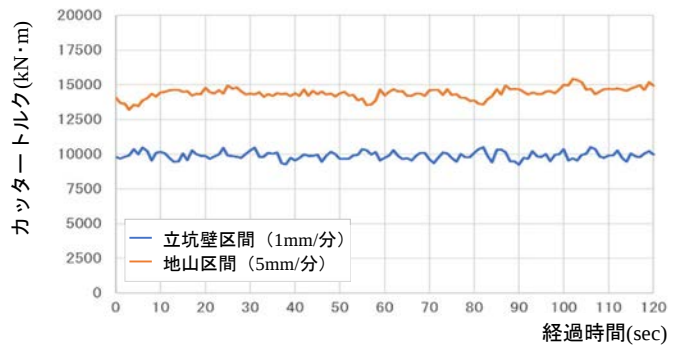


図-2 カッタートルク比較

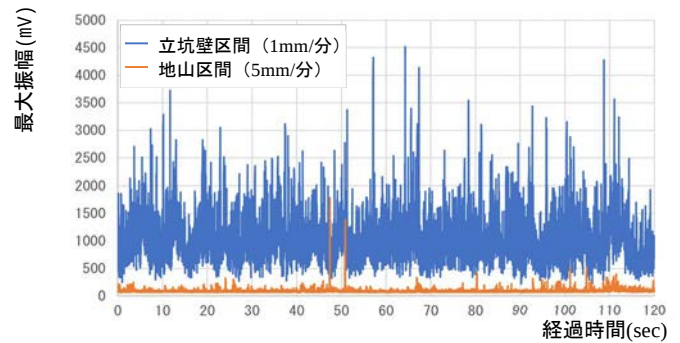


図-3 AE 計測結果（最大振幅）

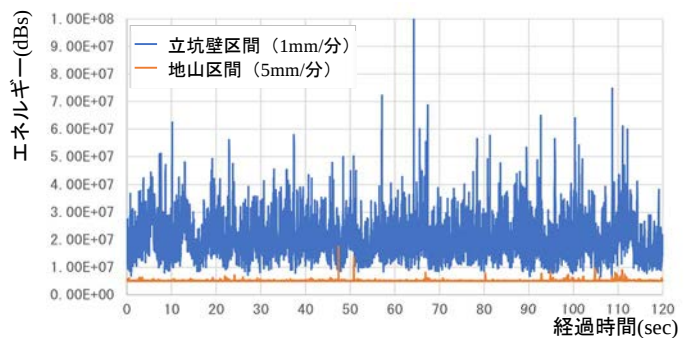


図-4 AE 計測結果（エネルギー）

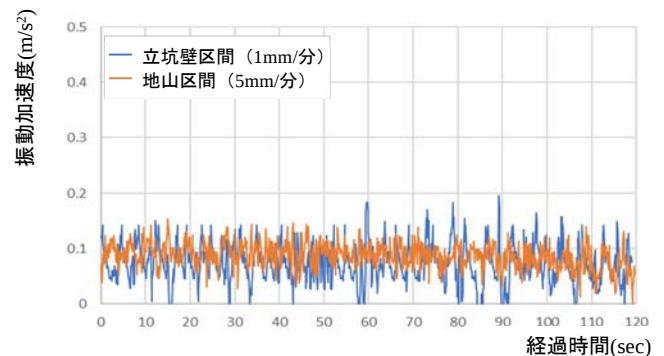


図-5 振動計測結果

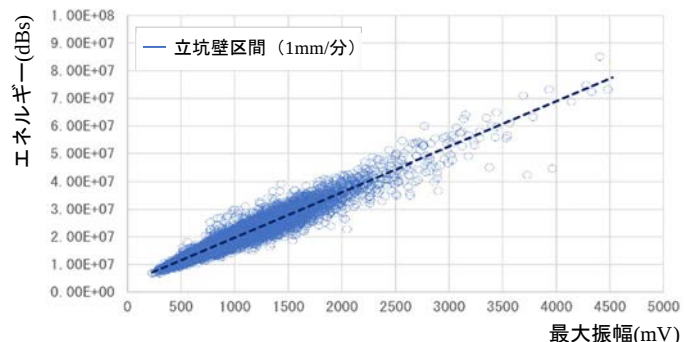


図-6 最大振幅-エネルギーの相関図（隔壁部）