

III-527 空洞掘削時の微小破壊音(AE)モニタリングにおけるノイズ除去方法について

鹿島建設技術研究所 正会員 ○戸井田 克、腰塚 憲一、青木 謙治

1. はじめに

原油備蓄、圧縮空気貯蔵及び天然ガス貯蔵等の岩盤を対象とした地下空間利用においては、複数空洞が併設がされるが、これらの施設では貯蔵用空洞間の岩盤ピラー部に対する力学的安定性の確認が設計・施工上必要である。特に、空洞掘削に伴って周辺岩盤に発生する緩み域の進展状況を建設中及び建設後にわたって精度良く把握することが重要と考えられる。筆者らは、微小破壊音(アコースティック・エミッション)を岩盤の緩み検知に適用するために、これまで室内・原位置試験並びにトンネル掘削時の計測を行ない、本手法の空洞掘削時の緩み検知手法としての実用化について検討を重ねてきた。その結果、空洞周辺岩盤の複数点での経時計測結果から、AE(アコースティック・エミッション)頻度、m値及びAEエネルギーを主体とする判定を行なうことにより、岩盤中の緩み進展状況を把握できるとの見通しが得られた。¹⁾

今回は、これまでに得られた知見に基づいて考案したAEモニタリング・システムの概要を紹介すると共に、将来的なAEの多点・長期計測の実施上重要となるAE処理・解析上のノイズ(発破振動や削孔音)除去方法について、2地点での空洞掘削時のAE計測に基づいた検討結果を報告する。

2. AE計測におけるノイズ除去の重要性

図-1は、これまでの研究結果に基づいて筆者らが考案したAE計測システムの概略フローを示したものであり、このシステムは、①12点の計測データを同時に処理し、m値及びAEエネルギーをリアルタイムで算出できる、②パーソナル・コンピュータをコントローラーにした原位置計測用の比較的ポータブルなシステムである、という特徴がある。

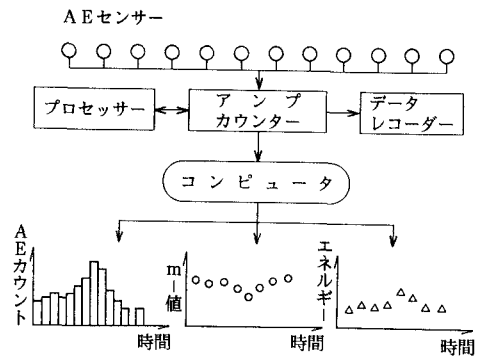


図-1 計測システム概略フロー図

上記のモニタリング・システムでは12点同時計測が可能であるが、将来的には、さらに多くの測定点での長期間にわたる原位置計測を行なう可能性が大きい。したがって、膨大な数のデータをリアルタイム処理するためには、AE解析にとって不要なノイズの除去を原位置計測時に精度良く行なうことが必要となる。具体的なノイズ源としては、空洞掘削作業に伴う発破振動、発破やロックボルトのための削孔音並びに電源系統に起因するノイズ等が考えられる。筆者らは、これらの中で発破振動及び削孔音が、発生頻度が多く、周波数帯域がAEに近いためにAE解析にとって最も障害となると考え、岩質の異なる2地点での空洞掘削時の計測結果からこれらのノイズをより簡便に除去する方法について検討した。

原位置でのAE計測は、流紋岩並びに花崗閃緑岩の岩盤で同じ周波数特性の測定系を用いて実施した。計測状況は2地点共に図-2に示す通りであり、今回の解析対象は空洞の切羽の接近前に複数回にわたって観測された発破振動、削孔音及びAEである。

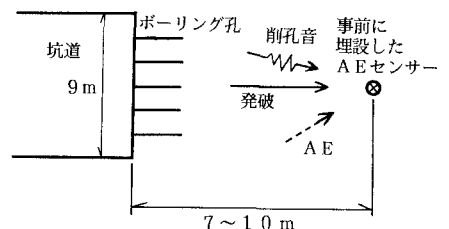


図-2 計測状況模式図(平面図)

3. 計測、解析結果

図-3は、花崗閃緑岩サイトにおける計測結果から発破振動、削孔音並びにこれらの振動が発生していない時のAEについて発生頻度、卓越周波数及びm値を算出して比較した一例であり、これらから以下のことがわかった。

①発生頻度については、発破振動や削孔音がAEよりも100倍程度大きくなり、特に、削孔音の場合は、この現象

が発破振動よりも長時間持続する。したがって、発破振動や削孔音の識別、除去のためには通常よりも短い発生頻度値を算出し、100以上の値が1回だけの場合及びこれが長時間（30分）以上継続する場合のデータを解析時に除外すれば良い。

②卓越周波数は、発破振動や削孔音の振源エネルギーの違いからも予測されるように、発破振動が最も小さく、削孔音、A Eの順に大きくなっている。したがって、ノイズの識別、除去のためには測定・解析時に卓越周波数 400KHz のロウカット・フィルタリングを行なえば良い。

③最小二乗法によって算出した m 値は、発破振動の場合が削孔音やA Eよりも小さく、 m 値を算出する際の回帰直線とデータの残差平方和 R はA Eよりも削孔音の方が大きい。したがって、ノイズの識別、除去のためには、 m 値が小さいデータ及び残差平方和 R の大きいデータを解析対象としないことが必要である。

図-4は、流紋岩サイトと花崗閃緑岩サイトにおけるA Eの卓越周波数の経時変化の一例であり、花崗閃緑岩サイトの方が高い周波数のA Eが発生する傾向にある。また、2つのA E計測地点で別途実施した地質観察や弾性波測定の結果から、花崗閃緑岩サイトの方がR Q Dや地山の弾性波速度が大きく、先在する微小亀裂が少ないことから、高い周波数のA Eが発生しており、既往の室内での岩石試験を用いた研究²⁾と同様の結果が得られた。

4. まとめ

本論文では、これまでの研究結果に基づいて整備した

12ch同時計測が可能なA Eモニタリング・システムの概要を紹介すると共に、本システムを利用した2地点での空洞掘削時の計測結果から、A E解析におけるノイズ除去手法について検討した。その結果、短時間の発生頻度、卓越周波数並びに最小二乗法による m 値及びその残差平方和という指標の組み合わせによって、発破振動や削孔音を識別することができる見通しを得た。また、計測地点の岩質によって発生するA Eの卓越周波数が異なることも確認できた。したがって、実際の大規模空洞においても、埋設したA Eセンサーを利用して発破振動や削孔音を事前計測し、計測地点ごとに、これらの振動の卓越周波数、発生頻度値、 m 値及びその残差に基づいてA E計測のフィルタリングをより迅速かつ簡便に行なえろと考え、モニタリング用ソフトの改良を進めている。

参考文献

- 1) AOKI, K. et al : In situ Investigation of Loosened Zone around Deep Underground Openings by Acoustic Emission Monitoring Technique, Proceedings of ISRM-SPE International Symposium, pp. 313 ~319, 1989.
- 2) 勝山邦久, 佐藤嘉晃 : 脆性材料のA E源波形の計測に関する研究、採鉱と保安、Vol. 33 No. 10 pp. 10~16, 1987

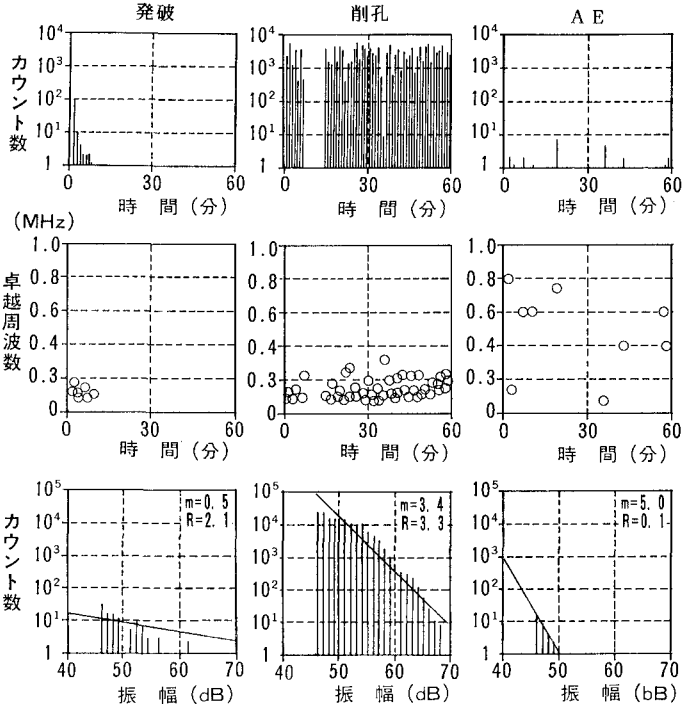


図-3 花崗閃緑岩サイトの計測結果

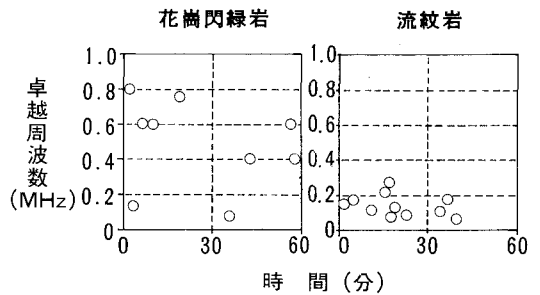


図-4 各サイトにおけるA E卓越周波数の比較