

Ⅲ-48

モーメントテンソル解析を利用した空洞周辺地山のき裂進展評価

(株)大林組	正会員	○畑 浩二
〃	〃	吉岡尚也
〃	〃	木梨秀雄
〃	〃	藤原紀夫

1. はじめに

空洞掘削によって、周辺岩盤にはゆるみが生じることは定性的に理解されている。近年、このゆるみ領域を定量的に把握することによって適切な支保規模を提案でき、最終的には空洞の安定性を評価できるものとして種々の研究が行われている。そのなかで、石田ら¹⁾や稲葉ら²⁾は空洞掘削によって生じるゆるみ領域を、周辺地山で発生する微小破壊音(以下AEと記す)に着目して論じている。従来、AE法を利用した計測では発生数や振幅値もしくはエネルギーといったパラメータ解析が主流であり、発生数の経時変化や規模別頻度分布の勾配(m値もしくはb値)から破壊現象などを評価しているのが常であった。著者ら³⁾は、AE発生状況のみならず発生位置と生じたき裂の型(引張り型か、せん断型か)を把握することができれば、ゆるみ領域の定量的評価に役立たせることが可能になるものと考えた。本研究は、神岡鉱山地下実験場において、新設坑道の施工に際し発破直後からAE計測を実施し、ゆるみ現象の解明を試みたものである。

2. AE計測システムと計測方法

原位置で使用したAE計測システムを図-1に示す。このシステムは、AEセンサー、プリアンプ、AE計測装置および波形記録・解析装置からなる。AEセンサーは、共振周波数60kHzの周波数特性を有している。AEセンサーとプリアンプは内径76mmの鋼製パイプ(AEブースター)に収納し、防水処理を施した後所定の位置に取り付けた。

AE計測の概要を図-2に示す。計測領域を図中点線で示す新設坑道の掘削壁面からおおむね3×3×2m(図中黒塗り部)と考え、6基のAEブースターを配置した。新設坑道は、発破工法により掘進長さ約1mで掘削した。計測は、図に示すように発破後の切羽位置がAE-5chの埋設位置を基準に2m手前(Case-I)、1m手前(Case-II)および0m(Case-III)の位置となった時に実施した。計測時間は、発破直後から浮き石落とし作業が始まる間の約1時間である。

3. モーメントテンソル解析方法

大津⁴⁾は、AE波動解析に弾性波動論を導入し、モーメントテンソル解析によってAE発生機構としてのクラックの発生位置、種別(引張り型、せん断型)および運動方向を決定できることを提案している。モーメントテンソルは、1)式で示されるAE波動を理論解析する場合の基礎式の内、 $m_{pq}(y)$ で示される物理量であり2)式で定義されている。

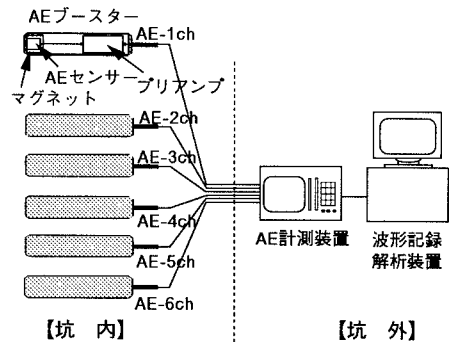


図-1 AE計測システム

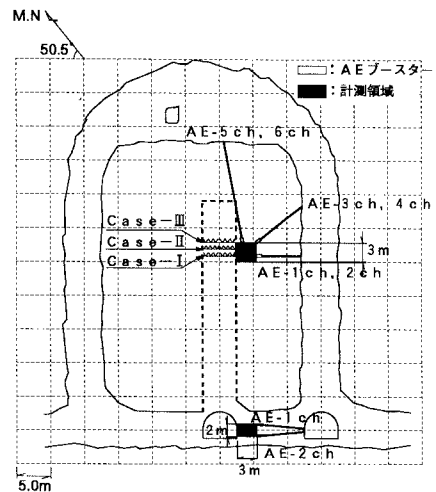


図-2 AE計測の概要

$$u_i(x,t) = \int_F G_{ip,q}(x,y,t) m_{pq}(y) * S(t) dS \dots\dots\dots 1)$$

$$m_{pq}(y) = C_{pqkj} b(y) l_j n_j \dots\dots\dots 2)$$

ここで、 $u_i(x,t)$ はAE波動、 $G_{ip,q}(x,y,t)$ はグリーン関数の空間微分、 $S(t)$ は発生時間関数、 $b(y)$ は運動の大きさ、 l_k は運動方向、 C_{pqkj} は弾性定数および n_j は面S上で定義された法線ベクトルである。

4. 解析結果と考察

Case-I、IIおよびIIIにおける解析結果を図-3に示す。図は、水平面に投影したものであり、 $\leftrightarrow$ 印で引張り型き裂が、 $+$ 印でせん断型き裂が生じた位置をそれぞれ示す。引張り型き裂では $\leftrightarrow$ 印の方向がき裂の開口方向に一致し、せん断型のき裂ではクロスの一方向がすべりの方向を表す。その結果、Case-I、IIおよびIIIともにAEの発生位置は、掘削壁面の近傍から斜め前方に広がり、掘削されていない領域にまで及ぶ傾向にあることがわかった。さらに、各ケースにおいて発生したAEの集中する範囲は若干誤差はあるものの、切羽の進行に伴って前方に移動する特徴を得た。また、総じて引張り型き裂の方がせん断型き裂よりも多く、特に掘削壁面の近傍で引張り型き裂の発生が顕著であることが判明した。

一方、AE監視領域内のボーリング孔でボアホールスキャナーによる孔壁観察を行った結果（図-4参照）、主に鉱物脈とヘアークラックが卓越していることがわかった。観察された鉱物脈とヘアークラックの走向・傾斜とAEの発生分布方向には相関性が認められず、潜在き裂面に沿ってAEが発生したものと考えることから、本実験で得られたAE発生状況は応力再配分の一つの特徴を表しているものと思われる。

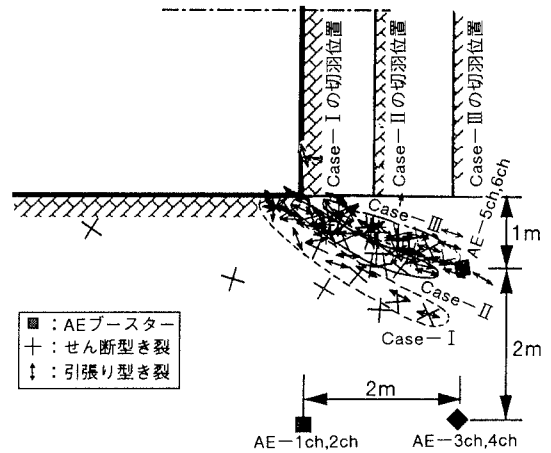


図-3 モーメントテンソル解析結果

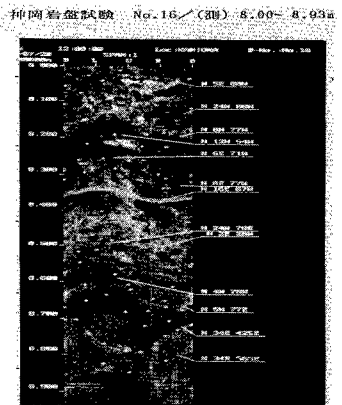


図-4 孔壁観察結果の一例

5. おわりに

本報告は、神岡鉱山地下実験場において、計測されたAEから応力再配分が周辺地山へ及ぼす影響の解明を試みたものである。ここでは、従来行われてきたパラメータ解析の他にモーメントテンソル解析を実施し、空洞掘削に伴い発生するAEの特徴を把握することができた。き裂幅の変化が把握できていない現状では詳しい議論はできないが、ゆるみ域を潜在き裂の進展や新たなき裂の発生する領域と仮定すると、掘削壁面から2m程度までが空洞掘削によって影響を受けた範囲と考えられる。

今後は、AE計測の近傍で実施した応力変化測定および3次元ジョイント変位計によるき裂挙動の結果と比較し、ゆるみ領域の総合評価を行うとともに、AEによるゆるみ域評価手法の確立を目指したい。

参考文献

- 1) 石田 毅、金川 忠、土山茂希、百瀬洋一：高周波AE測定による地下発電所空洞掘削時岩盤挙動の観測、第24回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.311～315、1992。
- 2) 稲葉武史、志水俊仁、戸井田 克、青木謙治：AE計測による岩盤空洞周辺のゆるみ域の評価、第25回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.181～185、1993。
- 3) 畑 浩二、吉岡尚也、木梨秀雄、藤原紀夫：AE計測に基づいた空洞掘削時のき裂進展解析、第26回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.306～310、1995。
- 4) 大津政康：AE波形のモーメントテンソル逆解析による地下亀裂および地震源の進展予測法の研究、平成4年度科学研究費補助金研究成果報告書、03805040、1993。