

Rock burst の発生機構に関する研究

京都大学工学部 正員 丹羽義次 同 正員 小林昭一
 同 正員 福井卓雄 同 正員 大津政康
 京都大学大学院 学生員 大森啓至

1. はじめに

「Rock burst」とは、地下で開削された空洞の周囲の岩が急激かつ、爆発的に破壊して飛散する現象である。従来から鉱山関係者の間で重要な問題としてとりあげられ、その発生機構について研究がなされてきたが、まだ十分に解明されていないのが実情である。土木工事も最近では地下深部にまで及ぶようになり、現に大清水トンネル工事で経験されているように、大きな地圧を受ける脆性度の高い硬岩地帯でこの問題が重要視されることは確実である。本研究は、現地観測に基づいたモデル実験を実施し、Rock burstの破壊モードを検証して、その発生機構を解明しようとするものである。

2. Rock burstモデル実験

Rock burstは、その急激なエネルギー解放及び岩の薄片の飛散する現地での破壊状況からして、フラックの生じた岩盤の二次的構造の局所的な産屈現象であると推察された。従って実験室において同様の現象を再現し、微小破壊に伴う応力波があるAE（アコースティック・エミッション）を計測することによって、その破壊機構を明らかにしようとして試みた。

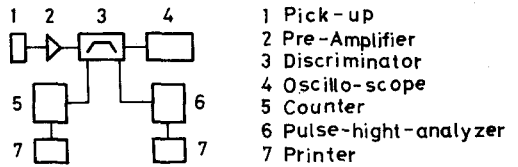


Fig 1 AE計測装置図

① モデルセメント・モルタルを用いてその配合比を変えて強度ならびに脆性度の異なるものを作製した。その際に現実の地下開削により生ずる応力集中を再現するために、1軸圧縮用モデルとして直方体側面に半円形切り欠きのあるものと、多軸圧縮用モデルとして円孔が立方体中央に貫通するもの及びトンネル切羽状に中心部まで達するものと考えた。

② 実験方法—載荷は荷重を数段階のレベルに分けて行ない、各レベルで微小破壊がある程度安定するまで荷重を一定値に保った。計測は応力集中の高いとみられる位置でAE頻度と平均的なひずみについて行ったが、その装置はFig 1のとおりである。ピックアップから入った信号を全体が50dB増幅し、これをディスクリミネーターによって

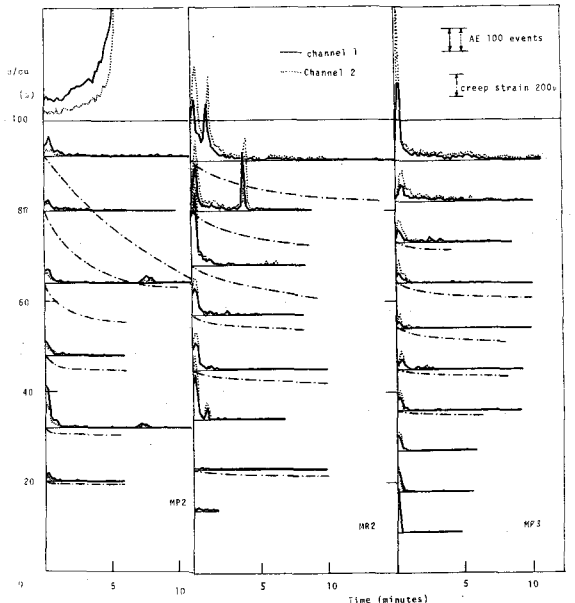


Fig 2 1軸圧縮モデルにおけるAE頻度-770アンプ

電圧波高が 50~60 mV と越えるものについて一定時間間隔で頻度および波高別頻度を計測した。

③実験結果及び考察—Fig2, Fig3はそれぞれ1軸圧縮モデル, 3軸圧縮で円孔の貫通するモデルにおける各荷重レベルでのAE頻度とクリープひずみ増分を対照させたものである。この結果から荷重レベルが上がるとともにAE頻度が増えたと共にその減衰が速くなり、微小クラックの結合により破壊が断続的に進行していることが知られる。また、その破壊モードは応力集中の高い円孔表面の非常に薄い小片の剝離状態となって現われた。これは局部的な微小破壊が円孔周辺に集中多発して、その微小クラックが最大圧縮応力の方向と思われる円周に沿う方向へ成長伝播した結果、産層のような破壊モードを示したものと考えられる。なお脆性度の低い1軸圧縮用のMP2において、モデル全体がクリープ破壊に至ったこと、及び3軸圧縮用で高強度のモデルほど剝離現象が顕著に生じたことは、実際のRock burstが脆性度の高い硬岩に生じやすいことによく対応する。

3. Rock burstの誘発要因

実験結果より、高応力下の脆性度の高い岩盤中に空洞を開削すると、その表面の岩が剝離するモードで破壊することが確かめられたが、この破壊を誘発し、激しさに影響を与えるものに、岩盤の非均質性、切羽形状などによる応力集中及び変形状態が考えられる。これについてFEMで簡単な解析を行ったところ、切羽がより硬質な岩盤に進入した場合や空洞付近に軟質な層が存在する場合等は空洞周辺の変形が一部分で大きくなり、高い応力集中を生じている部分に対して産層のような破壊を促進しやすいことが知られた。同様に切羽形状に関しても、トンネル軸に直角な引立面をもつ切羽より、円形切羽にすると切羽より後退した位置での主応力差が小さくなり、側壁面からのRock burstに対しては有利と考えられる。ただし、切羽面の応力集中は高くなり、切羽からのRock burstの可能性は大きくなることに注意する必要がある。

4. おわりに

以上を総合すると、Rock burstは空洞壁面付近の応力集中域におけるクラックの発達に伴う産層のような剝離現象であると言える。従ってその条件が存在して危険性がうかがえるような場合については、常に切羽近くまで支保工とかショット・クリート等により補強する対策を講じる必要がある。

なお、他の実験例等の詳細は当日発表することにする。

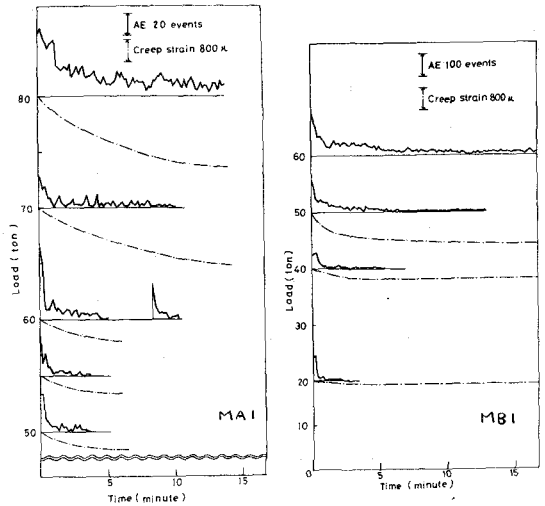


Fig.3 3軸圧縮モデルにおけるAE頻度-クリープひずみ図 (MAI-高脆性)