

西松建設株式会社 正会員 石山 宏二
西松建設株式会社 正会員 稲葉 力

1. はじめに

近年、高い岩盤応力のもとで硬質岩盤中に空洞を掘削するために、空洞壁面周辺において、応力集中に起因する山はねが発生するケースが多くなっている。

土被りを考慮した連続体弾性論に基づく空洞周辺の応力集中のみでは、山はねの発生機構について破壊基準を満足するような説明ができないことから、潜在割れ目に作用する岩盤応力によって岩盤の安定性を評価したい¹⁾。

ここでは、山はね区間で実施したAE計測結果について、切羽に対する相対的なAE発生分布を示すとともに、AEパラメータと切羽観察状況および実施した対策工との関係を示し、山はねの予知に対するAE計測の有用性を示す。

2. AE発生分布

Fig.1に示すように石英閃緑岩からなる硬質岩盤を掘削中の本坑に対し、4個の加速度計が切羽を挟むように、供用中の避難坑側壁から1m奥の岩盤内に20m間隔で配置された。なお切羽の進行に合わせて加速度計は再配置された。計測は、切羽付近が最も不安定な状態の発破直後からずり出しが終ってこそく作業を行うまでの約2時間である^{2), 3)}。

切羽中央から震源標定位置までの距離 r と切羽面からの角度 θ の関係はFig.2に示すようである。切羽から約10m程前方および $\theta = 0^\circ$ 付近の切羽面内近傍にAEが集中しているのがわかる。 $\theta = 0^\circ$ 周辺は、加速度計に近く距離減衰が小さいため、小さなAEが位置標定されたものと考えられる。また、切羽前方の離れた地点、あるいは後方においてもAEは発生している。これは岩盤中に存在する潜在割れ目に影響を受けた結果と考えられる。切羽後方においてもAEが発生する事から、対策工の必要性が伺える。

3. 対策工に対するAEパラメータ

Fig.3は山はね区間200mにおける切羽毎の累積イベント、累積リングダウンカウントである。切羽の状況はTable.1に示すよ

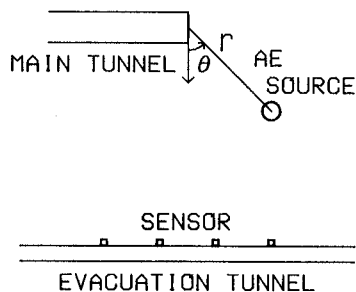


Fig.1 AEセンサー配置図

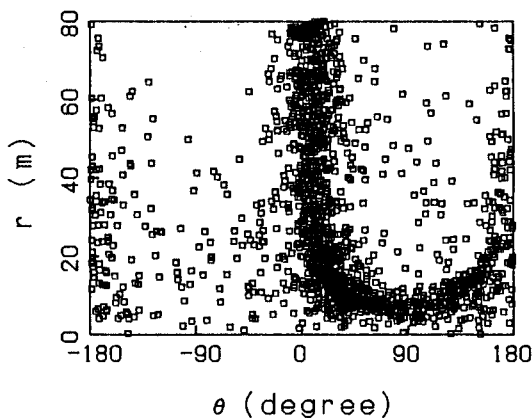


Fig.2 震源に対する切羽中央からの距離 r および切羽面からの角度 θ の関係

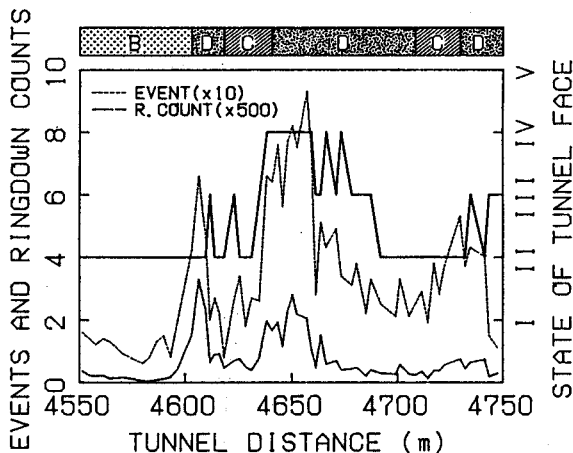


Fig.3 切羽進行に伴う切羽毎の累積イベント、累積リングダウンカウントおよび切羽状況ならびに実施支保パターン

うに5段階に分類した。また、切羽状況およびAE発生を考慮して実施した山はね対策工はTable.2のようである。Aを標準とし、B~Dが山はね対策支保パターンである。状況に応じて、増しボルト、増し吹き、金網工が追加された。AEパラメータの増加によって約10m手前の切羽から山はね発生の危険を察知でき、対策工を実施することができたことがわかる。これは、Fig.2に示した結果と調和的である。

Fig.4は実施した対策工と切羽毎の累積イベントおよび累積リングダウンカウントの平均値ならびに標準偏差である。対策工のレベルが上がるにつれ偏差が大きくなっている。これは対策工のレベルを下げる際の判断が容易でなく、数切羽様子を見てレベルを下げた結果である。またレベルが上がるにつれ、AEイベントに対するリングダウンカウント比が大きくなっている。これは、継続時間の長い大規模なAEが、高レベル対策工を実施した際に多く発生していると考えられることができる。したがって、山はね発生の危険性に対する評価が適切であった事がわかる。

山はねは、TD.4650m前後で吹付けおよびボルト打設時に切羽および避難坑側側壁で発生した。しかし、2、3m小片が飛石した程度であった。

また、対策工毎の切羽状況の頻度分布はFig.5のようである。鏡吹付けを行うC、Dの対策工を実施する回数が多い。

4. まとめ

山はねを予知するために、AE計測が実施された。その結果、AEパラメータの増加によって約10m手前の切羽で山はね発生の危険性が予知された。また、パラメータの発生数によって、対策工のレベルを適切に選択する事ができたと考える。

参考文献

- 1) Hirata, A., Ishiyama, K., Taga, N. and Kameoka, Y.: AE monitoring and rock stress measurement in rock burst site. 7th ISRM, 1991.
- 2) 多賀 他: 関越トンネル掘削にともなうAE活動, 第21回岩盤力学に関するシンポジウム, 1989.
- 3) 多賀 他: 関越トンネルにおけるAE特性, 第22回岩盤力学に関するシンポジウム, 1990.

Table.1 山はねに対する切羽の状況

Grade	State of tunnel face
I	No rock noise
II	Only small rock noise
III	A little large rock noise
IV	Many large rock noise
V	Rock burst

Table.2 実施支保パターン (A:標準, B~D:山はね対策工)

Support Class	Round (m)	Location	Rock Bolt Length(m) x No.	Bolt etc (m)	Shotcrete Thickness(cm)	SFRC Thickness(cm)
A	2.5	Wall Face	3 x 11	2.5	5	-
B	2.5	Wall Face	3 x 13	2.0	-	5
C	2.5	Wall Face	3 x 13	2.0	5	5
D	1.5	Wall Face	3 x 13 4 x 22	1.0	- 5	7 -

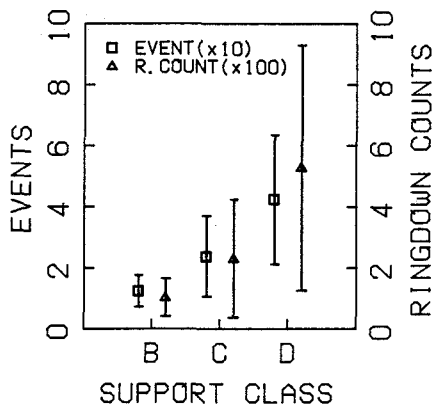


Fig.4 各対策工実施時の累積イベント, 累積リングダウンカウントの平均値および標準偏差

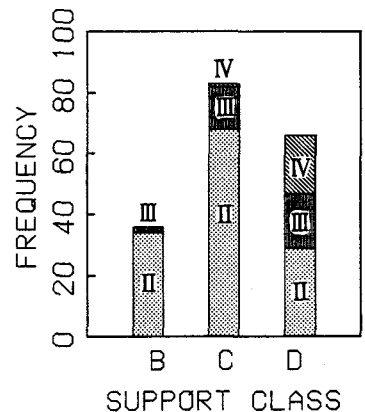


Fig.5 対策工毎の切羽状況頻度分布