

AEによる岩盤斜面の挙動モニタリング(その2)

(株)奥村組 技術研究所	正員○篠原茂
北海道開発土木研究所	正員 池田憲二
北海道開発土木研究所	正員 日下部祐基
国土交通省 北海道開発局	正員 中井健司
(株)間組 トンネル統括部	正員 笠 博義
川崎地質(株)情報企画管理室	正員 中田文雄

1. まえがき

筆者らは1998～2000年度において「岩盤斜面の挙動計測とその安定性の分析・評価に基づいた管理方法に関する共同研究」¹⁾²⁾を実施した。本研究の内容は、国道229号沿線の雷電トンネル終点、刀掛覆道および刀掛トンネル終点の3箇所の岩盤斜面を対象として、「通常AE」と「低周波AE」という2種類のAE計測を組合わせた岩盤斜面の挙動モニタリングである。通常AEの計測結果については、蓮井他³⁾で報告し、ここでは低周波AEに係わる計測方法と計測結果について、刀掛覆道斜面の事例を中心に報告する。

2. 低周波AEの考え方

本研究においては、比較的低い周波数帯域(10Hz～1kHz)のAEのことを低周波AE(Acoustic Emission)と定義した。この計測の目的は、斜面全体を対象にした広域空間の挙動評価を行うことであるが、岩盤斜面の総合的な安定性評価については、同時計測した通常AEの結果と組合わせて検討した。なお、岩体の周波数特性の変化に着目して、斜面の安定性評価を試みる方法も実施しており、それについては現在分析中である。

3. 低周波AEの計測方法

低周波AEの計測は雷電トンネル終点斜面と刀掛覆道斜面、及び刀掛トンネル終点斜面の3箇所で実施した。刀掛覆道を除く両斜面については、紙面の都合上別の機会に報告したい。

3.1 センサ配置

刀掛覆道斜面の低周波AEセンサ等の配置を図-1に示す。対象斜面全体の挙動を把握するために、岩体の上部と下部にそれぞれ3点の低周波AEセンサを設置した。各センサは穿孔機を使用してGL-2mに設置した。

AEセンサー以外ではボーリング孔内にケーブルセンサを設置したが、ケーブルセンサの周波数帯域と、低周波AEの周波数帯域は接近していることから、同一計測システムでケーブルセンサの計測を実施した。

3.2 計測方法

低周波AEセンサには岩盤全体の振幅減衰と伝播速度を考慮して、共振周波数14HzのMC型速度地震計を採用した。周波数特性は、14Hz～1kHzの範囲で平坦な応答特性を有している。

低周波AE計測のブロックダイアグラムを図-2に示す。AEセンサからの電気信号をAE計測ユニットの増幅器で80dB増幅し、1kHzのローパスフィルタを通した後、トリガ部を経由し

て監視ユニットへ導き、内蔵されたAD変換器によりデジタル波形に変換して、ハードディスクに記録・保存した。監視ユニットは、イーサネットを経由してデータサーバに接続した。

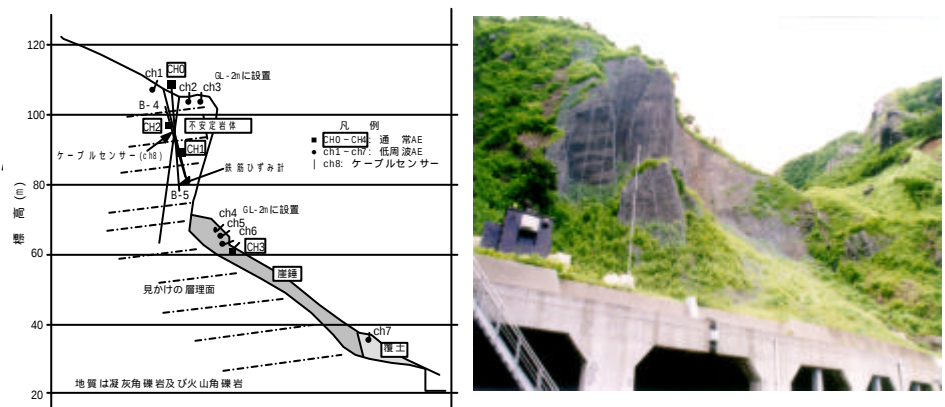


図-1 刀掛覆道斜面のAEセンサ設置状況(左：断面図 右：対象岩体)

キーワード： 低周波AE, Acoustic Emission, 岩盤斜面, モニタリング, 崩壊予知

茨城県つくば市大字大砂387 TEL：0298-65-1784 FAX：0298-65-0782

4. 低周波AE計測結果

4.1 波形例

低周波AE計測システムでは、亀裂から発生するAEと崩落した小岩体が斜面に衝突する際に発生する衝撃振動のいずれをも検出することができる。岩塊が岩体頂部で剥離し、自由落下して斜面へ衝突した時に発生した波形事例を図-3に示す。約2.2秒という自由落下時間から、計算上の落下高は約23mとなった。

4.2 集中豪雨時の挙動

図-4は、集中豪雨時に得られた低周波AEのヒット数である。比較のために、通常AE、ケーブルセンサとひずみなどの計測結果も併記した。7月31日と8月2日に発生した集中豪雨では、下部岩体の低周波AEセンサ、ボーリングB-4孔内の通常AEセンサ、さらに同孔のケーブルセンサが揃って多量のAEを検出した。時間差はあるが、上部岩体の低周波AEセンサもAEを検出している。岩体に設置した伸縮計とボーリングB-5孔内の鉄筋ひずみ計(亀裂近傍のみ)でも変動が検出されていることから、対象岩体に豪雨によって応力集中が発生した可能性が考えられる。

4.3 低周波AEのAE源

AE源の評定は、3次元座標を使用するテーブルックアップ法⁴⁾を採用した。計算上の立体ブロックは1辺の長さが30mでメッシュの間隔は1mとした。いずれの対象斜面でも、最も残差が小さくなる速度値は1.4km/s前後が多く、この速度値から判断すると対象岩体には亀裂が多いことが推定される。なお、岩体速度の異方性は考慮しなかった。

図-5は、図-3の岩塊が衝突した位置を標定した結果である。落下時間から推定した落下高(約23m)と、標定計算から求めた位置(比高差)はほぼ一致した。

5. あとがき

国道229号沿線の3箇所の岩盤斜面で実施した低周波AE計測の結果、累積雨量が約300mmの集中豪雨時に発生した岩盤斜面の挙動の前兆であるAEを、比較的早期から検出することができたと考えられる。

今後は、斜面の安定性評価と斜面の管理指標の作成を目的として、既に計測されたAEデータをより詳細に分析・評価を行う予定である。

参考文献

- 1) 池田憲二, 日下部裕基, 中井健司, 塩野康浩: 岩盤斜面のAE計測手法, 土木学会北海道支部年次技術研究発表会, No.56, 2000年
- 2) 池田憲二, 中井健司, 日下部裕基, 蓮井昭則, 寺田道直, 中田文雄: AEによる岩盤斜面の計測方法と安定性評価に関する研究, 土木学会北海道支部年次技術研究発表会, No.57, 2001年
- 3) 池田憲二, 日下部裕基, 蓮井昭則, 寺田道直, 中田文雄: AEによる岩盤斜面の挙動モニタリング(1), 第56回学術講演会講演概要集, 土木学会, 2001年
- 4) 建設省土木研究所: AEによる斜面動態計測システムに関する共同研究報告書, No.228, 1999年

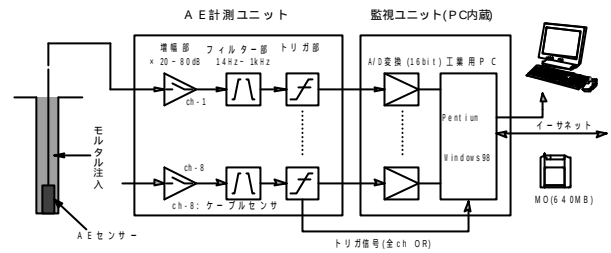


図-2 低周波AE計測のブロックダイアグラム

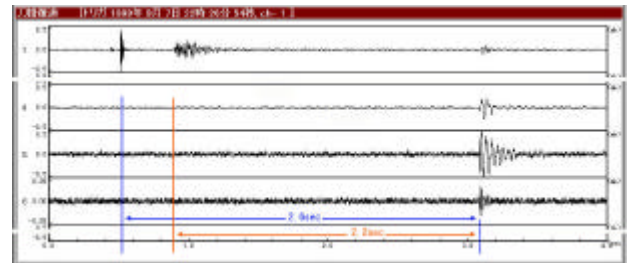


図-3 低周波AEの波形例

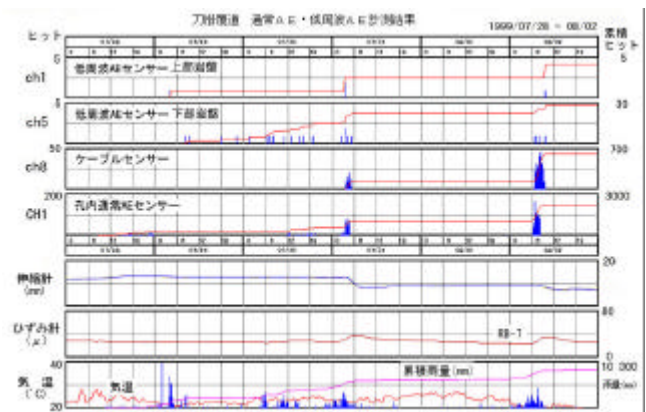


図-4 豪雨時の低周波AEの挙動

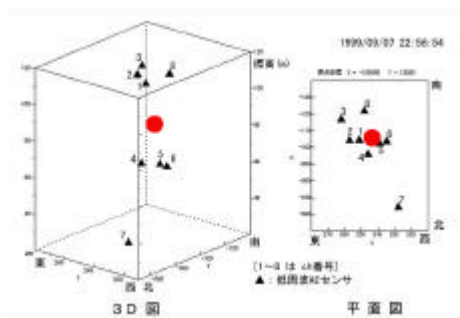


図-5 低周波AE源の標定結果例