

斜面防災遠隔監視モニタリングシステムの実現場への適用

長崎大学工学部 正会員 棚橋由彦 長崎大学工学部 正会員 蔭 宇静
 三菱制御システム(株) 開登喜雄 日本地研(株) 正会員 佐藤秀文
 長崎大学工学部○学生員 前川正和

1. はじめに

長崎県では、他の地域に比べ山や起伏の激しい地形が多く存在し、第四紀層の上に柱状節理の発達した第三紀層玄武岩や板状節理の発達した安山岩が所々露出している。地形的にも直立に近く、岩盤斜面崩壊による大規模災害や落石等の発生が以前から懸念されている。そのため、岩盤斜面における崩壊機構の解明と安定性評価は、災害防止において重要な工学的課題となっている。

本研究では光ファイバひずみセンサを活用した「斜面防災遠隔監視モニタリングシステム」の構築をもとに、実現場（宮崎県日南市大字伊比井字 220 号線鶯巣地区）で行われている計測によりシステム機能を検証する。また、実現場のモデルを用いた数値解析結果と現場データを比較して、岩盤斜面の安定性評価および光ファイバセンサによる現場計測の効果的設置法の提案を試みる。

2. 斜面防災遠隔監視モニタリングシステムの概要

共同で開発した遠隔監視モニタリングシステムには新しいひずみ計測方法の一つである光ファイバセンサが用いられている。光ファイバは通常、通信用として用いられているが、光ファイバひずみ計測技術の進歩により連続的で長距離に亘るひずみ計測が可能となり斜面崩壊、落石の検知等に対するモニタリングへの応用が注目されている。この光ファイバにより計測した変位データは、電話回線を介し離れた場所（遠隔）で常時、収録・保存できる。また、変位速度がある規定値（2 mm/hour）を超えると近くの工事事務所等に警報を自動的に知らせる遠隔監視システムとなっている（図-1）。

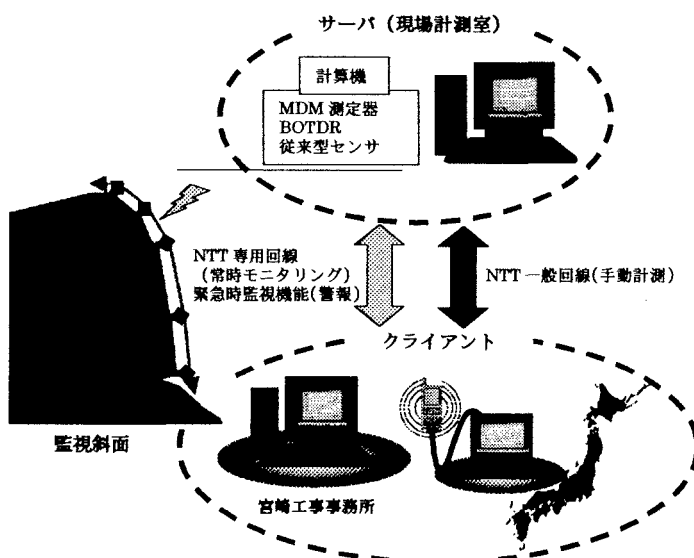


図-1 計測システムの構成

3. 実現場での計測結果と考察

図-2は、計測現場での一断面図と測点位置を示す。光ファイバで表層崩壊時（2001年6月22日）に測点1、3（図-2）で計測された変位データを図-4に示す。現場データからは表層崩壊に伴う変位の顕著な変化が読み取れた。また、

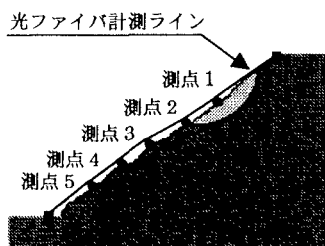


図-2 光ファイバセンサの設置断面

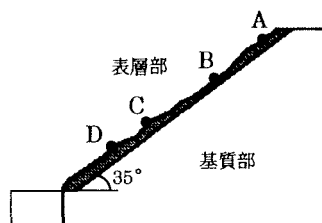


図-3 解析モデル

図中に併せて示した累積降水量との関係からも事前予測が可能であると考えられる。しかし、光ファイバセンサ計測は測点間のひずみ変化であるので、2 測点が同時にすべり出すと相対変位が生じないため、崩壊発生の可能性と発生箇所を正確に判断できない恐れがある。そこで、本研究では斜面の変形挙動の予測に基づいて光ファイバセンサの合理的設置法を検討するために、光ファイバひずみ計測が行われている実現場の表層崩壊部をモデル化する。様々な地山の条件が表現でき、また破壊の進展解析も可能な拡張個別要素法 (EDEM) を用いて数値シミュレーションによる斜面変形挙動の予測を行う。解析結果より得られた絶対変位の変化と現場データを比較検討することで斜面の安定性および計測器の効果的設置場所を評価し、斜面の面的変位の変化傾向から地山の状況や崩壊の兆候を予測する。

解析モデルを図-3 に示す。基質部と表層部に分け、各々の地山の状況に応じて物性値を与える。また、このモデルでは外的要因（風雨、地震等）による岩盤斜面の挙動変化も評価することができる。

実現場斜面の表層崩壊に影響を与えた最も重要な外的要因の一つとして降雨があげられる。基礎的解析として降雨による地下水位の上昇に伴って粘着力が低下することを考慮した。地山のすべり破壊域の進展と変位ベクトルの解析結果を図-5 に示す。塑性域と変位ベクトルが集中している地点では表層崩壊が懸念される。図-6 は斜面上の既知点 (A～D) (図-3) の計算ステップ毎の絶対変位の変化を示す。塑性域内にある C、D 点の絶対変位の変化は大きいためすべり破壊の可能性は高いが、A、B 点では変位が収束している。このように解析的評価に基づけば、斜面の変形挙動を的確に把握するために光ファイバセンサを効果的に設置できると考えられる。

4. おわりに

解析により既知点の変位変化を調べることで、事前に効果的な設置場所を決める判断になると実証できた。本研究は、一般的なモデルを用いたため他の現場にも同様に適用することが可能である。今後は、様々な境界条件と地山特性を反映した解析的予測評価を詳細に行い、監視斜面の要素データの入力でセンサの設置位置や監視密度等の決定を支援する技術確立していく。

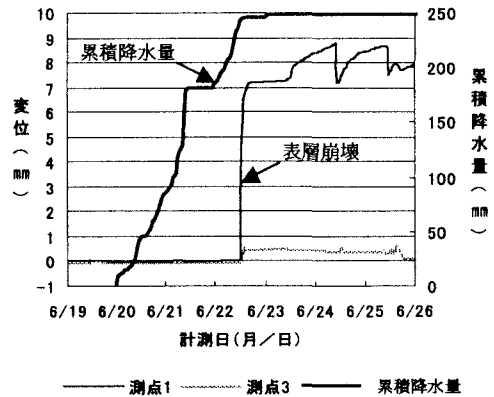
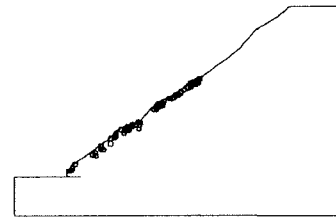
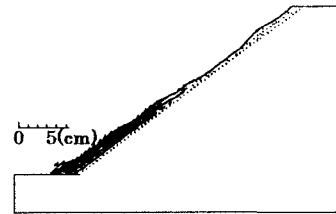


図-4 現場計測（表層崩壊時：6月22日）



(a) 塑性域の広がり



(b) 変位ベクトル

図-5 粘着力低下による斜面の表層崩壊

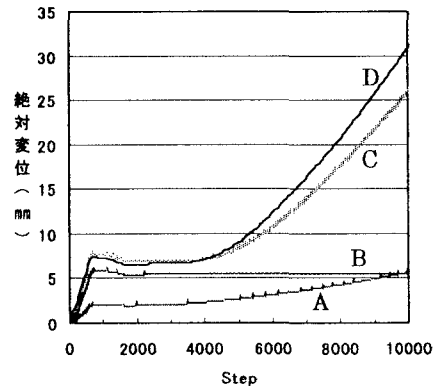


図-6 各点の絶対変位の変化