

道路沿い地すべり区域の遠隔監視評価モニタリングシステムの構築と運用について

長崎大学工学部 学生会員 ○井下龍太郎
長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静

長崎大学大学院 学生会員 東 幸宏
正会員 李 博 非会員 森政信吾

1. はじめに

道路盛土・切土斜面を施工する際、現地周辺では地すべり変動が確認されることがある。その場合、現地からデータをリアルタイムで集録・分析し、そのデータをもとに地すべりの挙動を迅速に判断する必要がある¹⁾。データを処理する機関は遠隔地に位置する場合が多いため、現場のデータをリアルタイムで発信していくことも求められる。本研究では、現地で計測されたデータを集録・発信し、遠隔地にて解析・判断を行う総合的管理システムを開発する。本論文では、システムの構成とシステム内で用いられる斜面の安定解析の概要について説明する。

2. システムの概要

本システムの構成を図-1に示す。主に、現地の計測システムとデータの閲覧・解析を行う大学側のモニタリングシステムの2つにより構成される。現地と大学の2点間をインターネットを介して接続し、斜面に設置したセンサから得られるデータを現地のPC内に保存し、並行して大学側に伝送され保存・表示・危険度の判定などを行う。これらの処理は自動的かつ長期的に行う。

システム全体の構成と同様に、プログラムの構成も計測システムとモニタリングシステムとに分けて考える。図-2に、本システムのプログラムのフローチャートを示す。計測システムは、得られたデータの1時間あたりの平均値を1時間ごとに送信し、バックアップとして一定量のデータを一時的に保存する。ただし、得られたデータの数値が設定された閾値を超えた場合、送信回数は10分間の平均値を10分ごとに送信するように切り替える。現場で大きな変動が発生した場合、より細かくデータを集録・分析することが可能になる。大学側に設置されるモニタリングシステムは、計測システムから得られたデータをリアルタイムで表示し、事前解析によって得られた危険度指標の閾値を超えた場合、各関係機関へメール送信を行う。

本システムの最終目標は、遠隔モニタリングを実施している道路沿い地すべりの危険度についての評価・判断である。地すべり区域において実施された既往の地質調査や対策工事の情報を考慮した事前解析を行い、地すべりの危険度の指標となる数値情報を検討しておく必要がある。安定解析によって得られた数値情報をもとに閾値を設定し、危険度の判断に使用する。

また本システムは、仮想計測器ソフトウェア LabVIEW(National Instruments 社)を用いる。このソフトウェアの導入により、従来の専用計測器を使用せずPC上で自由度の高い計測システムを構成することが可能になり、計測システムの小型化・低予算化を実現することができる。図-3に、仮想計測器のインターフェースであるフロントパネルの例を示す。ダイヤルやスイッチ、グラフの画面などを各種表示・制御ツールを用いて、実物のような計測器・制御器をマウス操作でPC画面に仮想的に作成でき、遠隔地から計測器を制御することも可能である。

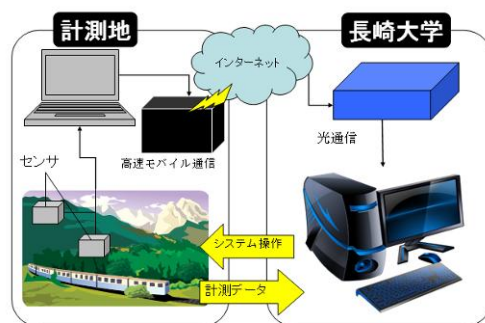


図-1 システムの概要

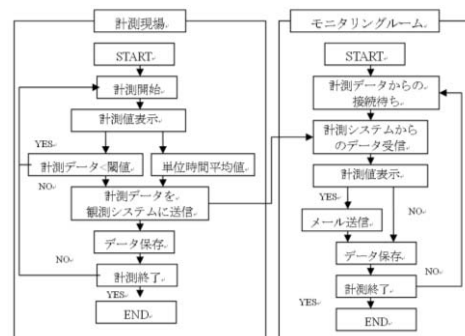


図-2 システムのフローチャート

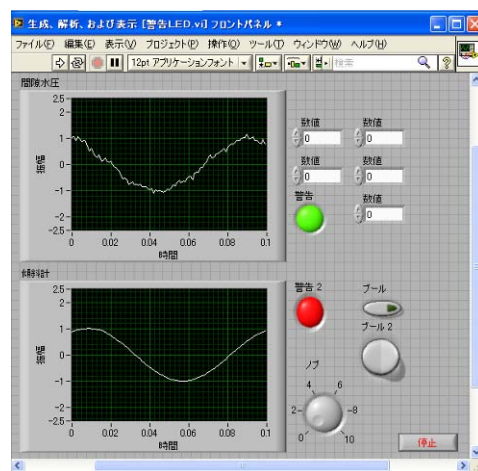


図-3 フロントパネルの例

3. 斜面の安定解析評価モデルについて

モニタリング対象となる斜面の安定評価の判断基準値となる閾値を決定するために、事前に安定解析を行う。斜面の安定解析は、地盤解析を目的とした差分法をベースに置く離散化解析手法である有限差分法と呼ばれる手法を用いる。(解析コード:FLAC3D)

3.1 斜面モデル

本研究でモニタリング対象となっている斜面の地盤(平面ひずみ状態)は、地盤深部から表層部への順に、風化片岩層、強風化片岩層、旧表土、盛土、超軽量盛土(EPS 工法)からなり、超軽量盛土の上部に道路が設置されている。対象斜面の CAD データにより作成した斜面の解析モデルを図-4 に示す。境界条件に関しては、上端を非拘束状態、下端をピン境界、左右両端をローラー境界とした。解析に用いる各種物性値を表-1 に示す。物性値は、事前に現地にて実施された地質調査や対策工事の情報を基に設定した。

3.2 解析結果

図-5 にせん断ひずみ分布図を、図-6 に変位コンター図を示す。図-5 より、帯状のせん断ひずみが発生しており、すべり面が形成されていることを示唆する。図-6 より、図-5 で予測されるすべり面の上部において大きな変位が発生している。図-5 と図-6 を合わせると、すべり面の位置や地すべりのボリュームなどの情報を得ることができる。

3.3 閾値の決定方法

本システムでは、前節の解析結果に基づき閾値を決定する。例として、水位計の場合を考える。地下水位が予測されるすべり面まで上昇したとき、地下水の影響で土塊の自重が増加する

と共に土のせん断強度が低下するため、地すべり発生の危険性は高くなる。従って、予測されるすべり面の深さを地下水位の閾値とする。図-6 の変位コンター図よりすべり面は地下 11.0m の地点で発生すると考えられ、閾値を 11.0m と設定できる。閾値を超えるとシステムは警報状態となり各関係機関へ刑法を発信するとともに、計測の時間間隔が短縮されより詳細に斜面の状況を監視する。水位計と同様に他の計測器の閾値も、解析結果と比較しながら閾値を決定していく。

4. おわりに

本研究では、道路沿い地すべり地の遠隔監視評価モニタリングシステムの構築と運用を目的として、システムの概要を示し、対象斜面の安定評価基準を決定するための事前解析を行った。この事前解析によって閾値を決定するためのシステムの基盤を完成させる。現在、モニタリング対象の斜面を視察して、使用するセンサなどの設置形式等について検討している段階である。今後の展望として、本論文で示した数値解析結果や現地の斜面の状況、周辺環境を考慮して、本システムの現場での運用を目指す。

参考文献

- 1) 岡本隆,松浦純生,浅野志穂,松山康治:通信技術を利用した地すべりの総合管理手法の開発,応用地質 42(6),p386-393,2002

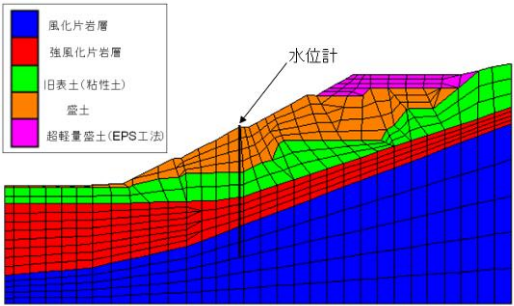


図-4 斜面モデル概要

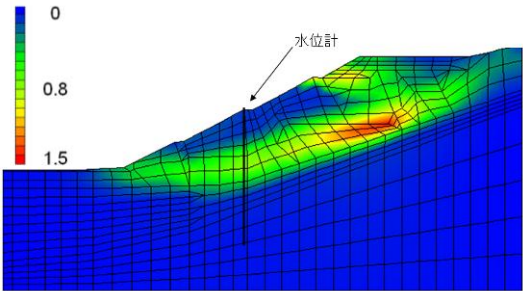


図-5 せん断ひずみ分布図

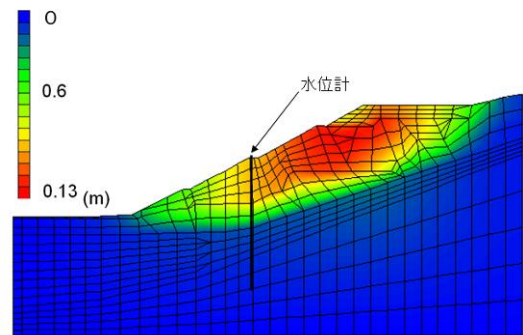


図-6 変位コンター図

表-1 入力物性値

土質	単位体積重量 γ (kN/m ³)	変形係数 E (MPa)	引張強度 σ_t (kPa)	粘着力 c (kPa)	内部摩擦角 ϕ (deg)	ポアソン比 ν
盛土 (礫質土)	20.8	43.7	2.9	9	26.18	0.40
旧表土 (粘性土)	18.7	6.3	2.8	9	25.25	0.40
強風化片岩 (礫質)	22.9	80	17.3	50	30	0.35
風化片岩 (軟岩)	25.0	150	34.6	100	30	0.35