

道路沿い地すべり区域における遠隔モニタリングシステムの構築と実応用

長崎大学工学部 学生会員 ○志田侑士郎 長崎大学大学院 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 正会員 李 博 杉本知史 非会員 森政信吾

1 背景と目的

近年, 異常気象が多発しており, 地すべりや土砂災害が引き起こされ, 日本各地で大きな被害が生じている. 特に軟弱地盤に建設された道路盛土や切り土斜面では, 地すべりの発生が危惧されている場所が多数存在している. したがって, そのような現場から, 変位計や水位計等のデータを遠隔地にある関係機関までリアルタイムに送信し, そのデータを元にいち早く現場の挙動を把握し, 危険度を判断するシステムが求められている. 本研究は, 現場で計測されたデータを集録・発信し, 遠隔地にて解析・評価を行う総合的管理システムの開発と実応用を目的としている.

2 システムの概要

本システムは, 傾斜計, 水位計, 荷重計, 温度計を, 対象とする斜面に設置し, 刻々と変化する斜面のデータを集録する (図-1). これらの計測器により, 斜面内のすべり面付近の変位, 地下水位, 土留めアンカー工のアンカー張力の経時変化を得ることができる. 計測器から得られたデータは, 現地の自動計測システムのメモリ内に保存され, 10 分間の平均値が遠隔地の関係機関へ送信される. これらの処理は自動的かつ長期的に行われる. 図-2 にシステムのフローを示す.

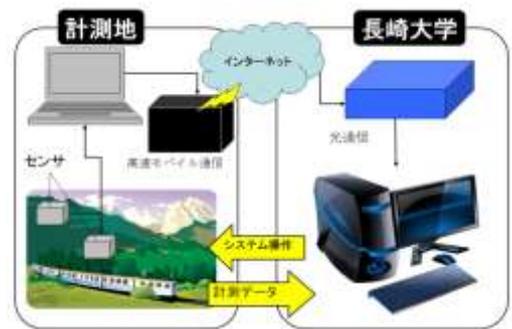


図-1 システム概要



図-2 システムのフローチャート

3 計測システムの構成

3.1 ハードウェア構成

本システムでは, LabVIEW のリアルタイムコントローラ付シャーシ NI cRIO-9076 を計測装置として用いる. この装置は, ネットワーク経由で計測プログラムを書き換えることができるという特徴を有している. 現地のネットワークにVPN接続すれば, 遠隔地からでも計測プログラムの書き換えが可能である. 本体には, 最大4つのモジュールを接続することが可能であり, NI9237のフルブリッジモジュールを2台使用する. NI9237には1台あたり4ゲージひずみゲージ式センサを4ch分接続することが可能であるので, 2台の2軸式傾斜計でそれぞれ2ch, 水位計と荷重計でそれぞれ1chを使用する.

3.2 ソフトウェア構成

本システムの開発言語は, National Instruments 社の LabVIEW 2012 である. LabVIEW で開発するプログラムは, プログラミングを行うブロックダイアグラムと, データ集録および解析処理を視覚的に表現できるフロントパネルからなる. C 言語や BASIC 言語などのテキスト形式のプログラミングとは異なり, G 言語と呼ばれるグラフィカルプログラム言語を使用する. 基本的な関数や解析用の関数がパッケージ化されており, 様々なデータ処理を示すアイコンをフローチャート形

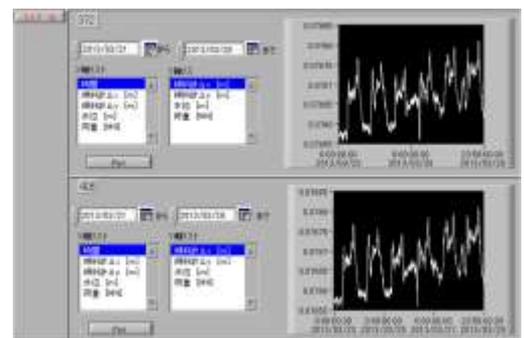


図-3 フロントパネルの例

基本的な関数や解析用の関数がパッケージ化されており, 様々なデータ処理を示すアイコンをフローチャート形

式で結線して、視覚的に分かりやすいプログラムを作成することができる。この G 言語で作成されたプログラムは VI (Virtual Instrument) と呼ばれる。図-3 に開発システムのフロントパネルの一例を示す。

4 対象現場の概要

本研究で対象としている斜面は、地すべり防止区域内に位置している。道路施工前には地すべりが発生していなかったが、盛土により地すべりが発生する危険性が高いとされ、対策工としてアンカー工、集水井、集水ボーリング工が計画・配置された。しかし、再開した盛土の施工中に斜面の変形が観測され、さらに対策工が追加され盛土が完成した。今後も地すべりが懸念されるため、長期的監視が必要とされている。図-4 に対象現場の断面図、図-5 に対象現場の平面図の概略を示す。想定すべり面を挟むように、上部に傾斜計 1、下部に傾斜計 2 が設置されている。

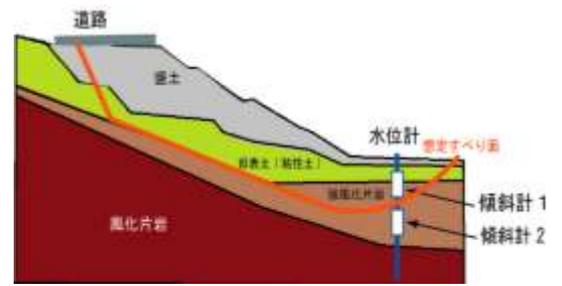


図-4 対象現場の断面図

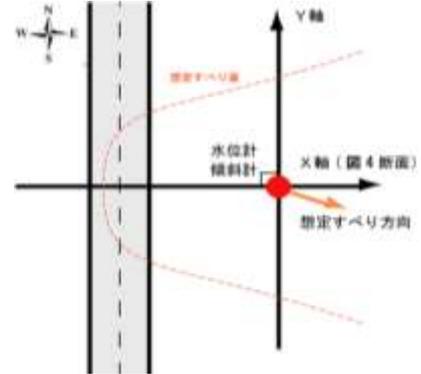


図-5 対象現場の平面図の概略

5 計測結果と考察

図-6 に傾斜計 1 の変位の推移を示す。計測を開始した 2013 年 3 月 23 日から 11 月 30 日まで、X 軸の正方向(東)に約 3.46mm、Y 軸の負方向 (南) に約 0.893mm だけ変位していることが確認できる。これらを合成すると、約 8 ヶ月の間に東南東方向に約 3.58mm 変位していることがわかる。月別にみると 5 月の変位が大きく、合成した最大日変位は 30 日の北東方向に約 0.66mm/日、月平均変位は約 0.093mm/日である。また、8 月までは主に X 軸方向の変位が卓越していたが、9 月からは Y 軸方向の変位が卓越するようになっている。

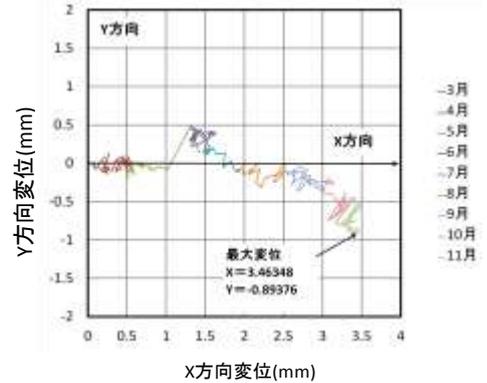


図-6 傾斜計の変位の推移

図-7 に累積変位と日降雨量を合わせて示す。日降雨量は計測現場から最も近い観測所の記録を用いている。図-7 を見ると、累積変位はほぼ一定な速度で増加傾向を示していることがわかる。5 月 28 日 (日降雨量 98.5mm) と 8 月 30 日 (日降雨量 129mm) の豪雨の後、累積変位も急激に増加している。降雨強度および降雨の継続時間と斜面変形挙動との定量的関係を明らかにすることは今後の課題である。

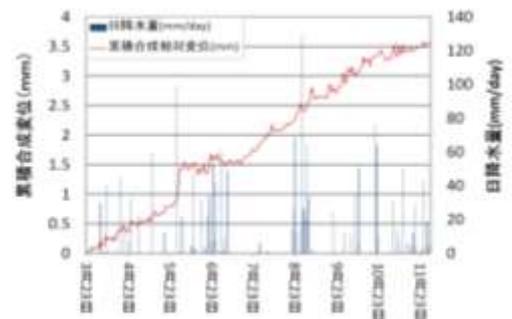


図-7 累積相対変位と日降雨量の変化

6 おわりに

本研究では、遠隔モニタリングシステムの開発と、実際に地すべり発生の恐れがある斜面への適用を行った。今後は、この斜面をモデル化して数値解析を行い、リアルタイムに地すべりの危険度を評価する機能をシステムに付加したいと考えている。

参考文献

- 1) 井下龍太郎ほか：道路沿い地すべり区域の遠隔モニタリングシステムの構築と運用についての研究，土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.389-390，2013