

斜面傾斜の連続モニタリングによる崩壊予知・警報システム

(株)広測コンサルタント

○正会員

楠 芳洋

同

瀬尾 公宏

広島国際大学保健医療学部

二宮 伸治

1. はじめに

我が国では、斜面崩壊、地すべりなど、地盤を構成する土塊・岩塊の移動による自然災害が多数発生している。このため、斜面や地盤面の変状を平素から監視する装置を設けることが切望されている。しかしながら、地すべり計測のように長期間にわたって地盤変動を観測する場合、計測を省力化するためには、高価な自動計測装置が必要である。したがって、多数の危険箇所を総合的に管理することは、現況では、経済的に負担が多い。

本研究では、安価で連続計測が可能な地盤傾斜センサおよび記録・伝送を組み合わせたリアルタイム監視システムを開発する。本報告では、本研究で構築するシステムの計測部として、杭上型および埋設型の 2 種類の設置方法を試作し、その有用性を評価した。また、電源ユニットについても検討を行った。

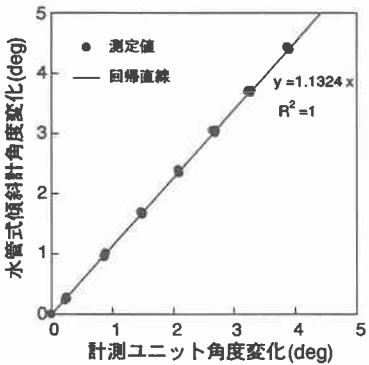
2. 地表面微小傾斜モニタリングシステム(計測ユニット)の試作

本研究では、i. 長期にわたって連続計測が可能である、ii. 設置および保守が容易である、iii. 多点同時計測が可能である、iv. ランニングコストが安価であることを満足する計測・監視システムを開発目的とした。

計測・監視システムは、近年のデバイス技術の進歩により高精度と高安定性を達成した静電容量式傾斜センサ(最小分解能 0.01deg)とマイコンを組み合わせた。傾斜はアナログ電圧値で出力されるが、極めて微小な変動をとらえるため、増幅を行った後、AD 変換器を内蔵したボードマイコンでデータストレージを行う。

計測誤差を軽減するため、ノイズ除去に有利な回路構成とし、基準電圧はマイコンで常時監視する。低消費電力(50mAh)のボードマイコンを使用することにより、バッテリー駆動(乾電池)で1～2週間の連続計測を行うことが可能である。

さらに、人的コスト削減のため、電源ユニットを維持管理がほとんど要らないソーラーバッテリーとした。また、近年著しく普及したことにより安価となったターミナルアダプタ(小電力無線モデム)と DoPa(無線パケット通信)端末を組み合わせたコストパフォーマンスの高い構内 LAN システムをテレメトリ手法として適用した。



図－1 計測ユニットと水管式傾斜計の相関

3. 傾斜センサの精度の検討

傾斜センサの測定値を水管式傾斜計と比較し、傾斜センサの精度を検討した。

図－1 に、計測ユニットと水管式傾斜計との角度変化の相関を示す。なお、黒丸および実線は、それぞれ測定値および回帰直線である。計測ユニットと水管式傾斜計の角度変化の間には、相関係数がほぼ 1 となる強い相関がある。以上のことから、校正曲線として回帰直線を用いることで、水管式傾斜計とほぼ同じ精度で測定可能であることが確認された。

表－1 電源ユニットのコスト比較

電源容量	1.5V乾電池10個 9V乾電池2個	ソーラーパネル(5.4W) 1枚 バッテリー(12V, 4.5Ah) 2個 DC/DCコンバーター1個
耐用日数	1.5V乾電池……10日 9V乾電池……1ヶ月	6年(バッテリー)
年間コスト	材料費 人件費 64,350 + 18,250 =82,600 円	材料費 人件費 4,200 + 6,000 =10,200 円

4. 電源ユニットの検討

表－1 は、電源ユニットに関する実験を行った結果を表にしたものである。コストおよび環境の観点から、本計測ユニ

ットの電源として、ソーラーバッテリーが適していることが確認された。

5. 設置方法の検討

図-2(a)および(b)に示される2通りの方法で計測ユニットを設置し、設置方法を比較検討する。杭上 type にスパイラルをつけたのは、当初、設置が容易であると考えたからである。しかし、実際には、スパイラルによって杭の周りの土は攪拌され、強固な固定および水平な設置が難しいという問題が発生した。そこで、両スコップであらかじめ穴を掘り、杭の周りを締め固めながら土を埋め戻す方法を用いた。一方、埋設 type は、スコップで穴を掘り、床均しを行った後、締め固めながら土を埋め戻した。地表面から計測ユニットまでの深さは、20 cm 程度である。

図-3、4 および 5 は、それぞれ異なる2通りの設置方法における x 軸方向、y 軸方向の角度変化および温度変化を示す。なお、黒丸および四角は、それぞれ埋設 type および杭上 type の実験結果である。全体的に y 軸方向の角度変化は、x 軸方向よりも大きい。また、x 軸および y 軸方向ともに、20 時間前後に急激な角度変化がみられる。この現象は、当日の午前中の降雨によるものであると考える。20 時間を超えると埋設 type における角度変化は、ごく僅かであり、安定している。一方、杭上 type における角度変化は、温度変化に伴って大きい。また、温度変化についてみると、埋設 type で 20 時間までに変動が非常に大きいのは、埋設前に計測ユニットを直射日光の当たる場所に置いていたことに起因し、20 時間以降の変動は、杭上 type の約 1/4 程度である。

以上の結果から、杭上 type では、気密容器の熱変形および鉄の熱延性などの影響を受けるため、設置方法は、計測ユニット周囲における過度の温度変化の影響を少なくする観点から埋設 type とした方がよい。

6. まとめ

本研究は、安価な地盤傾斜計を利用した経費が少なくすむ簡易普及型の地盤傾斜観測システムの構築と検証を行った。本研究によって得られた成果を以下に要約する。

- i) 計測ユニットと水管式傾斜計との測定角度は、強い相関性がある。
- ii) 電源ユニットは、乾電池よりソーラーバッテリーとした方が経済的である。
- iii) 設置方法は、計測ユニット周囲における過度の温度変化の影響を少なくする観点から埋設 type とした方がよい。

今後は、DoPa(無線パケット通信)の実証試験を行い、テレメリー手法の確認をするとともに実用に供したシステムを構築し、防災対策に貢献していきたい。

最後に、本研究開発にあたっては社団法人中国建設弘済会からの助成を頂き、ここに記して感謝の意を表する。

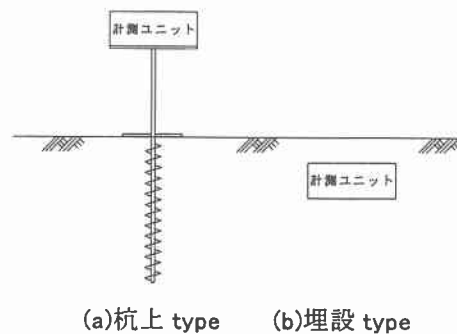


図-2 計測ユニットの設置方法

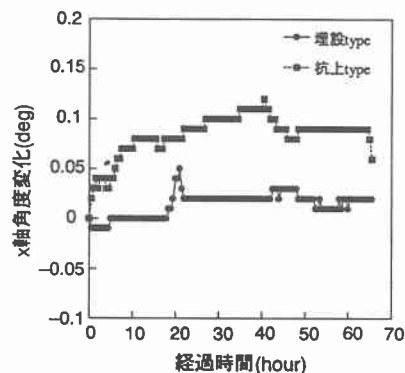


図-3 x 軸の角度の経時変化

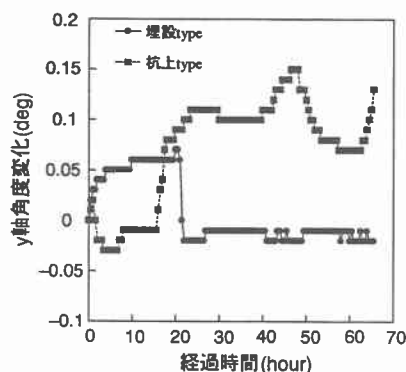


図-4 y 軸の角度の経時変化

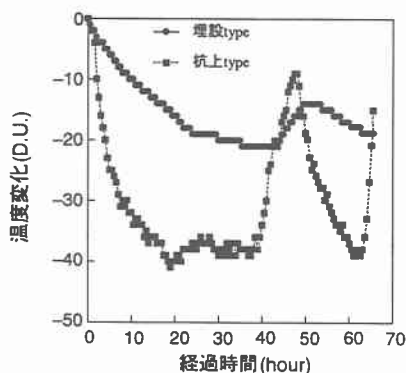


図-5 温度の経時変化