

土砂災害の2次被害防止のための迅速に設置可能な監視装置の開発

中央開発株式会社 ○王 林・西江俊作
 東京大学工学部 内村太郎・山田卓
 (独) 土木研究所 内田太郎・秋山浩一

1. はじめに

日本では、豪雨・地震による土砂災害が頻発しており、これまで土石流・土砂崩れ・斜面崩壊の変動監視システムが多く開発されているが、システムは高価で複雑であり設置に時間と手間がかかるのが殆どであった。筆者らの研究グループは、復旧作業を2次災害から防護し作業の効率化と被災地周辺のインフラサービスの早期再開を図るため、迅速に設置できる小型孔内傾斜計センサーを組込んだ監視装置と無線転送システム^{1), 2)}を開発した。図1参照のとおり神戸市六甲の斜面で実証実験を計画している。

2. 小型孔内傾斜計の試作

発災後直ちに設置可能な斜面の動態観測機器の一つとして、直径25mmのパイプの内部にセンサーユニットを仕込み、パイプごと斜面地盤に打ち込んで設置できる小型孔内傾斜計を製作した(図2)。センサーユニットには、小型の傾斜計が組み込まれており、これを斜面地盤内に鉛直方向に等間隔で配置することで、2次災害の前兆となる斜面内部の微小な変位挙動を検知する。迅速に設置の目的で開発したこの機器では、あらかじめセンサーが組み込まれたパイプを打ち込むだけで、1~2名の作業員で短時間で設置が完了する(図4)。また、パイプの方向を正確に測定するため、センサーユニットには地磁気センサーも組み込んであり、ユニットの向きを検知して傾斜計のデータを補正することが特徴である。センサーユニットは定期的に計測し最上位に設置した無線付きユニットにデータが回収され、429MHzの特定小電力無線(通信可能距離が最大600m)で中継リレーポイントに送信する。距離が長い場合には、中継機器を増やすことにより目的地まで距離を伸ばす。データサーバーは、インターネットのどこからでもWEBページとしてデータを見られるようにするとともに、斜面崩壊の前兆となる異常なデータを検知すると、サイト付近の住民や自治体などに警報を送信する仕組みとなっている¹⁾。

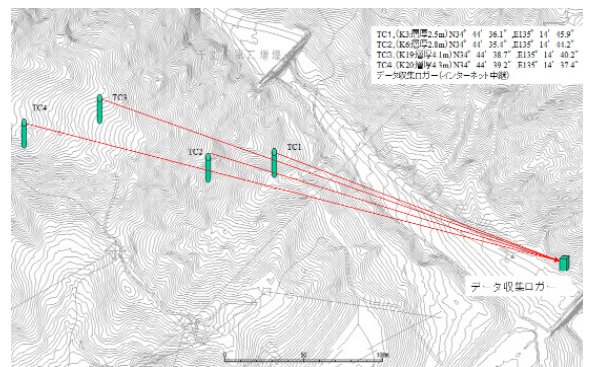


図1 神戸市六甲現場における機器配置図

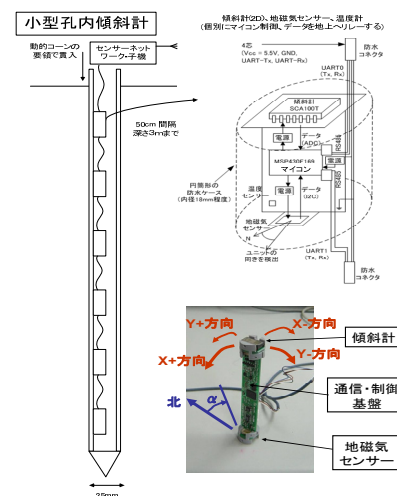


図2 小型孔内傾斜計の概念図

3. 地磁気計によるセンサーの向きを検知

(1) 予備試験の結果

地盤内の変位を傾斜計によって測る場合、傾斜計を正しい向きに向ける必要がある。しかし、ロッドにあらかじめセンサーユニットが組み込まれている場合、ロッド同士の接続部のネジがどの角度で締まるか分からないこと、また、貫入の過程でロッドが回転することから、センサーユニットはランダムな向きに設置されることになる。そこで、センサーユニットに地磁気計を組み込んで、設置後に自らの向きを検知し、傾斜計のデータを補正して、知りたい方向の変位を求める。地

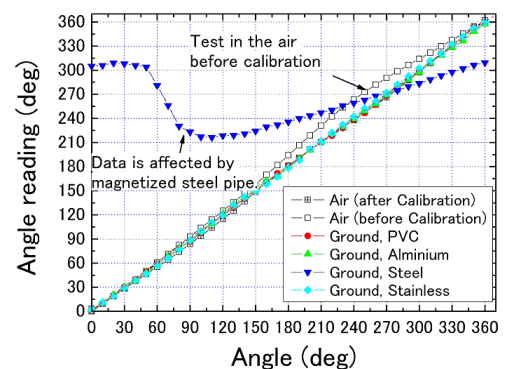


図3 地磁気センサーの地中性能試験

磁気センサーが、地中や金属ロッドの中でも正しく方位を測れることを確認するため、センサーをPVC、アルミ、スチール、ステンレスのパイプに組み込んで、ローム層の平地で地下1mに埋めて、地磁気のN極方向に対して360度回転しながら、地磁気センサーの出力値と比較した(図3)。センサーを使用する前に、センサーの個体差を測定するキャリブレーションが必要だが、その後は、地中で、PVC、アルミ、ステンレスの中であっても、誤差3度以内で正しい方角が検知できた。ただし、強磁性体のスチールのパイプの中では、パイプの持つ磁気の影響を強く受ける。地中に埋設管や矢板などの鋼鉄が埋まっていたり、地盤が砂鉄を多く含んだりする場合は、正しく測れない可能性がある。今回は、貫入時に必要な強度と、防さびなどの耐久性も考えて、ステンレスのロッドを用いることにした。

(2) 小型孔内傾斜計の消費電力

被災現場ではほとんど電源がとれないのは一般的であり、監視システムはいかに消費電量を抑えるかが大きな課題である。開発した孔内傾斜計の消費電流測定を行った(図5)。一回データを収集するのに必要な消費電流は、ユニット1段あたり8.75mA Secであった。今回のシステムでは最大16段を接続でき、ユニットの数に比例して最大消費電流は140mA Secとなる。市販のアルカリ乾電池または小型の太陽電池で長時間の対応が可能であるとわかった。

(3) 小型孔内傾斜計の傾斜試験

小型孔内傾斜計を、図6のような砂箱に埋めて、全体を傾斜させる試験を行った。傾斜計は、意図的に $\alpha = 40$ 度ほど回転した向きに設置した。傾斜センサーはx、y 2方向の傾斜を測れるので、それぞれの値から、 α を用いて斜面方向の傾斜 θ を求められる。図のように、x方向の傾斜から求めた場合とy方向の傾斜から求めた場合とで、それぞれ誤差が見られたが、両方を平均するとほぼ正しい傾斜が得られた。この誤差の要因についてさらに検討が必要である。

4. まとめ :

筆者らの研究グループは、今まで開発した崩壊検知センサー^{1), 2)}

は、設置が容易で、既存の大掛かりな監視システムに比べて低コストで素早い設置が可能である。これらの斜面崩壊センサーは、斜面の表層傾斜・水分のデータの監視・収集ができるが、斜面の地中深くの変位は検出の対象になっていなかった。今回開発した孔内監視装置は、(1)通常行われている動的コーン貫入試験と同じ要領で打ち込むだけで設置が迅速に(60分程度で)完了する。(2)地中深くにおける土砂の挙動を監視し、地中傾斜・変位の異常を検出することが可能である。(3)センサーユニットの消費電力は小さいため、電源がない被災地でも乾電池だけで長時間に対応でき、斜面崩壊監視計測に十分に活用できる。今後は、計画した実斜面で実用性を確かめていく。

5. 参考文献 :

- 1) 瀬古一郎、王林、福田穰、CARLOS JOSE、内村太郎、内田太郎、伊藤洋輔：斜面変動のリアルタイムモニタリングシステムの開発と実証、第44回地盤工学研究発表会、2009年、横浜
- 2) 瀬古一郎、王林、内村太郎、田村圭司、内田太郎、伊藤洋輔：リアルタイム斜面監視システム構築のための斜面崩壊検知センサー開発、平成22年度(社)砂防学会に研究発表会、2009年、広島



図4 機器の設置作業

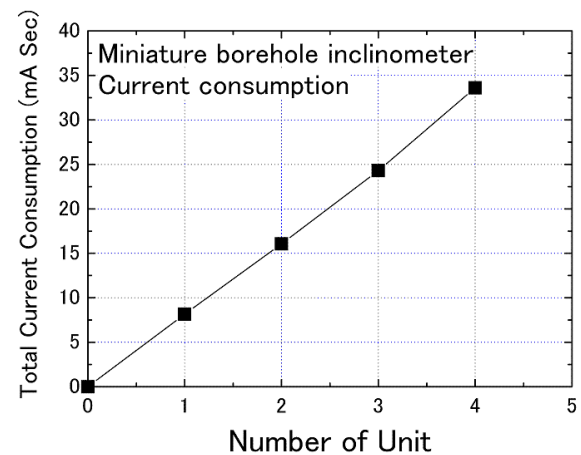


図5 センサーユニットの消費試験

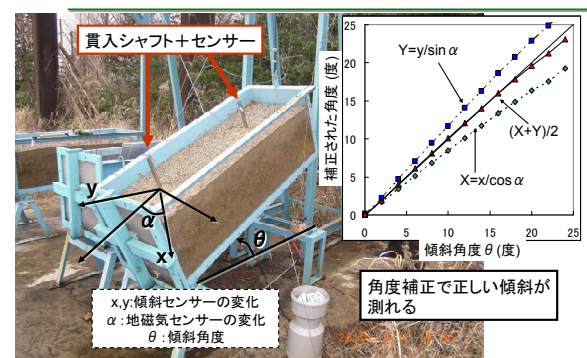


図6 センサーユニットの確認結果