

# 方位センサを搭載した地盤傾斜計の開発と切土のり面における性能調査

明治コンサルタント(株) 正会員○納谷 宏, 林田 昇  
西日本高速道路(株)四国支社 正会員 内田 純二, 別役 一哉

## 1. はじめに

現在、道路のり面や地すべり危険斜面の維持管理において、定期的な目視確認による点検が主な手法となっている。一方で、計測器による測定が実施されるのは重要な保全対象物がある場合や危険度が高い場合などに限られている。しかし、目視点検のみによって斜面に変状があったことを的確に判断することは困難であり、計測器による定量的なデータを継続して取得し、斜面変状の危険度の判断をすることが望ましい。

そこで、道路のり面や危険斜面、構造物の変位を高価なシステムをつけることなく観測・監視でき、専門家でなくても変位があったことが簡単にわかる手法として、MEMS 技術を用いた傾斜センサと方位センサを搭載した地盤傾斜計を開発した。

本件では、開発した地盤傾斜計の精度、性能および実用性を検証する目的で、実際の高速道路の切土のり面において、強制変位実験を実施した結果について報告する。

## 2. 地盤傾斜計の概要

開発した地盤傾斜計は、内部に MEMS 技術を用いた 2 軸の加速度センサを搭載し、垂直設置時と傾斜時の重力加速度の値の差から傾斜角を算出するものである。本体にはさらに方位センサを搭載しており、どの方向に何度傾斜したのかを出力する。

傾斜角測定のレンジは±30°、分解能は 0.025°、方位測定の範囲は 0°～360°(北を 0°、南を 180°)である。計測間隔は 1 分から 24 時間の間で設定可能であるほか、設定された基準値を超えたかどうかの判断を 0.3 秒間隔で行うことにより、ほぼリアルタイムにて警報出力が可能である。

装置は、親機と子機の構成で、特定小電力無線通信により各機とのデータ回収が可能であり、電源は、短期間の場合はリチウム電池、長期間の場合はソーラー電源+バッテリーを使用する。

傾斜計の設置は、単管パイプを基礎としてその上部にアタッチメントにて取り付ける方式のため、設置、移設、撤去が短時間で可能である。

## 3. 切土のり面における性能調査

開発した地盤傾斜計の精度については室内実験により±0.3°であることを確認している<sup>1)</sup>が、野外現場においての精度を確認するため、高速道路の切土のり面において、強制的に地盤傾斜計を傾け、与えた傾斜角と測定値の比較検証を実施した。

この切土のり面では、斜面全体の変状を観測するため地盤傾斜計が 3 測線に合計 10 基(親機 1 基、子機 9 基)が設置されている(図-1)。

今回は各測線から 1 基選択し、A 測線は A-2、B 測線

は B-1、C 測線は C-4 の 3 台の子機にて強制傾斜実験をおこなった。

各子機の設置方法はコンクリートシールにアンカーボルトで固定によって固定されている(写真-1)。

地盤傾斜計の強制傾斜角のステップ値は 0.1° を採用した。強制傾斜角度を与える方法は、台座下の谷側ボルトに厚さ 0.1mm のワッシャーを 2 枚ずつ(+0.1° 相当)挟みこむことにより、のり面山側方向に傾きを与え、段階的に①0.1° (0.2mm)、②0.2° (0.4mm)、③0.3° (0.6mm)、④0.4° (0.8mm)、⑤0.5° (1.0mm)まで変化させたあと、⑥元に戻した(図-2)。与えた強制傾斜角については、高精度加速度センサ(SEC-S011F-V: 計測可能角度: 45°～-45°, 角度分解能: 0.01°)を地盤傾斜計本体に固定し、その測定値を強制傾斜角とした(写真-2)。

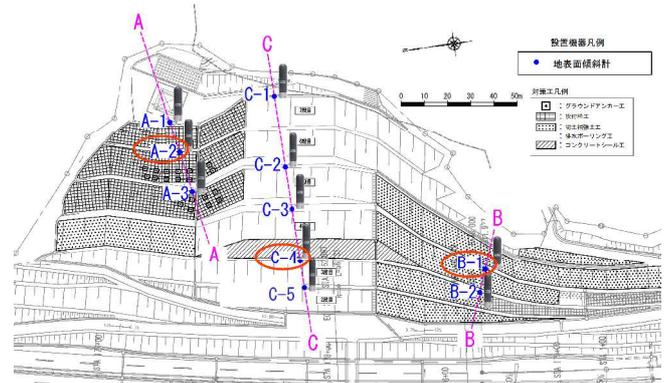


図-1 高速道路切土のり面 傾斜計配置図



写真-1 傾斜計固定状況



写真-2 強制変位付与状況

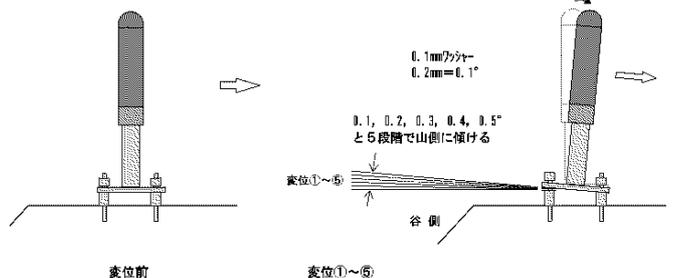


図-2 強制変位付与模式図

キーワード 地盤傾斜計, 加速度センサ, 方位センサ, 精度実験, のり面計測, 地すべり動態観測

連絡先 〒134-0086 東京都江戸川区臨海町 3-6-4 明治コンサルタント(株)技術統括部 TEL 03-6663-2506

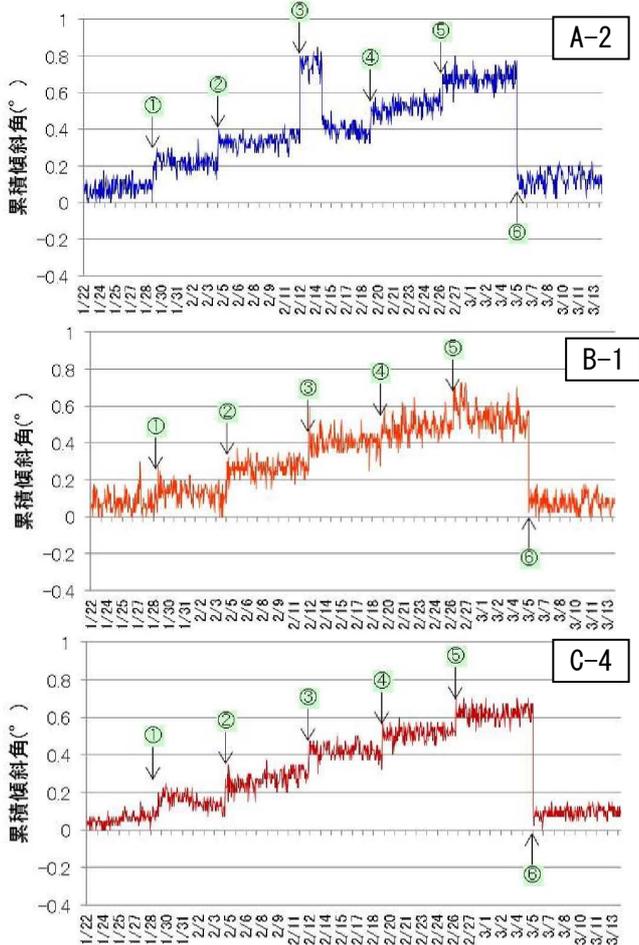


図-3 強制変位時傾斜角度計測値

(図-3 の①～⑥は強制傾斜を与えた時間を示す)

強制変位実験の結果、計測値は最大で0.3°程度のばらつき(測定誤差)を持ちながら変化していくが、各機ともに強制変位を与えた瞬間(図-3の↓の部分)に階段状に傾斜角が変化していることが読み取れる。なお、A-2の③の部分は意図的に0.5°多く傾斜を与えたものであり、その値の変化も計測されている。

次に、与えた強制傾斜角度と地盤傾斜計の測定値の平均の関係を図-4に示す。期待される傾斜角の変化と測定値が一致すれば、図中、1:1の直線上にプロットされることになる。実際の測定値は期待される傾斜角の変化量よりも各強制変位段階において、約0.1°大きいものの、ほぼ直線状(図の破線)にプロットされており、強制傾斜角度の再現性が得られており、0.1°の傾斜変動を把握できると評価される。

測定値が約0.1°大きいことについては、強制変位前から測定値は平均値で約0.1°の値を示しており、かつどちらの方向に傾斜してもマイナスの値は表示しないため、強制変位を与えた際にこの値が加算されたものと考えられる。

次に、方位センサの計測結果を図-5に示す。A-2, B-1, C-4ともに変位①を与えるまでは、方位角度の値が大きくばらついているが、強制変位後はその値がある方位に集中する傾向が見られ、かつ変位が大きくなるに従ってより顕著になっている。さらに、変位を元に戻す(変位⑥)とばらつきが再び大きくなる。

この方位データの集約は、地表面が傾いたことを傾斜データの計測値とともに示すものであり、斜面の変

動や構造物の傾斜を計測する場合の判断指標となる可能性がある。

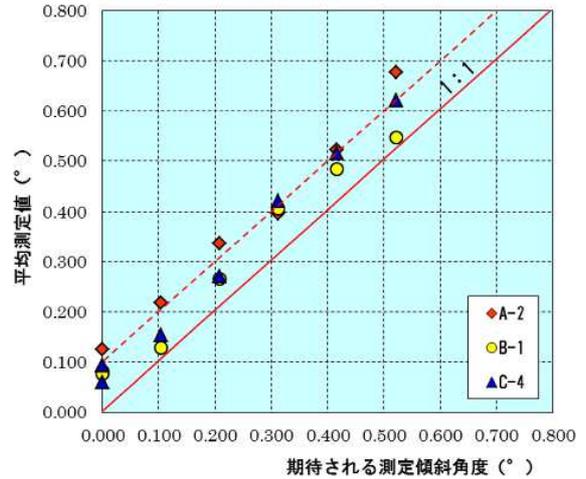


図-4 期待される傾斜角度と測定平均値の関係

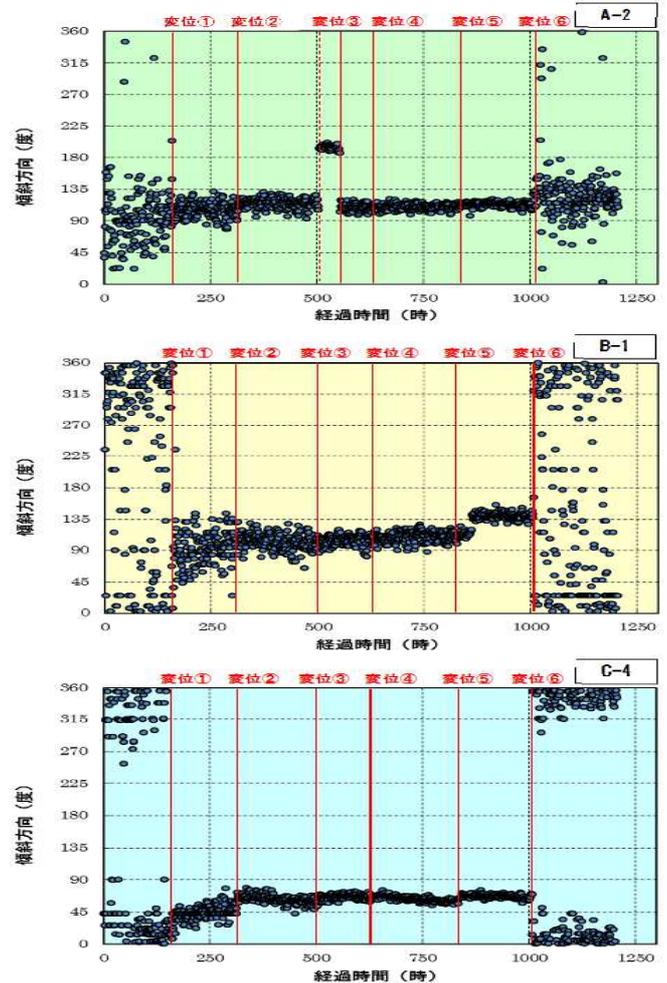


図-5 強制変位時方位計測値

4. まとめ

強制変位実験の結果、開発した地盤傾斜計は、0.1°の傾斜変動を把握でき、その再現性も得られていると評価され、現場での実用性が高いと考えられる。

また、方位センサの計測値は、斜面の変動や構造物の傾斜を計測する場合の判断指標となる可能性がある。

参考文献 1) 納谷 宏 (公社)日本地すべり学会関西支部シンポジウム「安価なセンサ時代」話題提供 (2013)