

傾斜計計測値の温度補正方法に関する検討

鳥取大学大学院 正会員 ○中村 公一
 オフィス im3 正会員 島内 哲哉
 日本総合建設株式会社 正会員 小野 和行
 岡山大学大学院 国際会員 西山 哲

1. はじめに

近年, MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) と呼ばれる機械要素部品と電子回路を集積化した小型デバイスを用いて, 地盤の挙動を計測するシステムの構築が進められている. しかし, 傾斜計を実際の斜面などに取付けて計測し, 崩壊に繋がる挙動を捉えた報告はまだ少ない. また, 気温など周辺状況の影響により傾斜計自体の温度変化が, 計測値に影響することが指摘されている. 本論では, MEMS 加速度センサを用いた傾斜計を変状がみられる擁壁に取付け, その計測値を用いた温度補正方法の検討結果について報告する.

2. 傾斜計と角度への変換について

使用した傾斜計は, 地層科学研究所製 (INC-100) である. 加速度センサの座標軸は, アンテナ方向を X 軸, ケース底方向を Z 軸とした左手座標系である. 計測項目は, 各軸の加速度, 温度と湿度である. 結果の考察にあたっては, 加速度を傾斜角に変換しなければならない. その方法には, 単軸の加速度のみで求める方法と, 2 軸～3 軸を用いて求める方法がある. ここで単軸の加速度センサより求める角度の分解能はコサイン(cos)カーブ特性を持つため, 考慮する軸が多いほど互いの軸の感度が補間され, 最適な球面座標への変換が可能になる. 本報告では以下の方法で傾斜角に変換した.

基準となる軸は写真に示すように, X 軸と Y 軸は水平方向, Z 軸は鉛直方向である. 単軸の加速度より角度を求めるのは $\cos^{-1}$ により, また 3 軸の加速度より角度を求める場合の式を式(1)～(3)に示す. ここで, ZY-X は水平方向と加速度センサ X 軸との角度, XZ-Y は水平方向と加速度センサ Y 軸との角度, XY-Z は重力ベクトルと加速度センサ Z 軸との角度である.

$$ZY - X = \tan^{-1} \left(\frac{AccX}{\sqrt{AccY^2 + AccZ^2}} \right) \quad (1)$$

$$XZ - Y = \tan^{-1} \left(\frac{AccY}{\sqrt{AccX^2 + AccZ^2}} \right) \quad (2)$$

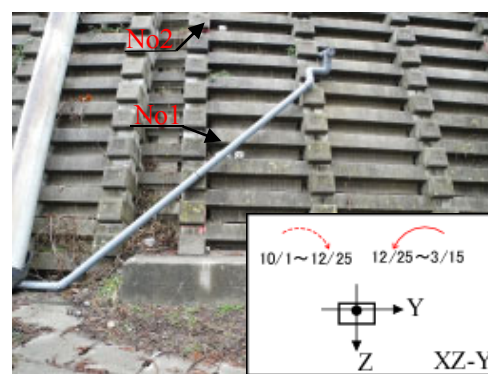
$$XY - Z = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{AccX^2 + AccY^2}}{AccZ} \right) \quad (3)$$

3. 傾斜計と角度への変換について

計測を行ったのは, 2012 年頃より路面の沈下や擁壁の変形が続く道路盛土の井桁擁壁である. 最も新しい沈下は 2014/6 月末に発生しており, 傾斜計は, この変動発生後の 2014/10 月に設置した. 設置位置は, 図 1 に示す井桁擁壁の中段および下段である. なお, 最初に設置したのは No2 傾斜計であり, No1 はその後の, 水抜きボーリング実施中 (12/17～12/28) の 12/25 に追加した. なお, 本変状に対しては, 既にパイプ歪計や光波測量による変位監視が実施されており, 傾斜計もその一環として設置されている.



(a) 横断方向



(b) 縦断方向

図 1 傾斜計の設置位置

キーワード 傾斜計, 温度補正, 相関係数, 現場計測, 擁壁

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南 4-101 鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL:0857-31-5986

4. 温度補正方法と補正結果

本稿では、温度補正方法として土壌水分量測定値の温度補正として提案されている方法¹⁾を用いた。この手法は土壌水分測定に用いる TDR, ADR も地中温度の影響により見かけ上の変動を示すため、温度の影響を補正するものである。傾斜計への適用方法は、計測値である整数 ($\pm 1G: \pm 16384$) に対し行なった。この補正した計測値をセンサの分解能に応じた較正係数により加速度へ換算し、前項に示した数式等により角度へと換算する。

温度変化に対する測定値の変化率を温度係数 C_T と表記すると、温度 T の計測値 M から基準温度 T_{ref} における計測値 M_c への補正式は次式となる。

$$M_c = M - C_T(T - T_{ref}) \quad (4)$$

ここで問題となるのは、温度係数 C_T の決定方法である。ここでは、計測値と傾斜計で測定された温度との相関関係に着目する。傾斜計を設置した対象物に変動が生じれば計測値と温度との相関は弱くなり、対象物に変動が生じていなければ計測値と温度との相関は強くなると考えられる。これより傾斜計 No2 の日相関を計算した結果が図 2 となる。ほぼ温度相関が 1 に近いものから、無相関となる 0 付近のものまで様々であり、軸により相関の正負が異なることもある。この結果より、相関係数 r が、 $r > 0.95$ となる日の回帰直線の傾きを求め、 C_T 値とした。各傾斜計の C_T 値を表 1 に示す。このように傾斜計により、また軸により C_T が異なる。

上記までの検討結果を用いて、傾斜計 No2 を補正した結果を図 3 に示す。ここでは、参考文献 2) に示した期間と一致させている。図のように、XY-Z と ZY-X は温度補正を行ってもほぼ変化がみられないが、XZ-Y は挙動が異なっていることがわかる。これは、計測値から加速度への変換は較正係数を掛けるのみであるが、加速度から角度への変換では三角関数が式の中に入るため、補正值の重みが姿勢により異なるためである。

以上の結果より、計測期間における傾斜計本体の温度差が 30° に達する場合、今回用いた傾斜計では温度補正が必須であることを示した。なお、本稿には記載していないが温度差が 10° 以下であれば必要ないとの結果が得られている。

参考文献

- 1) 山中ら: TDR による土壌水分量測定値の温度依存性とその原位置測定データに基づく補正, 水文・水資源学会誌, vol. 16, No. 3, pp. 246-254. 2003.
- 2) 中村ら: 傾斜計による擁壁の変状計測の試み, 第 69 回土木学会年次学術講演会講演概要集, III-193.

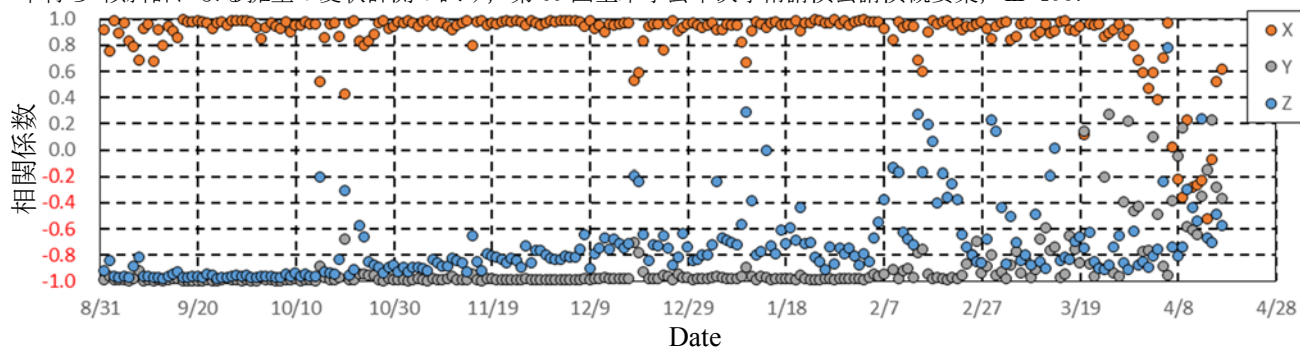


図 2 日相関

表 1 温度係数

	No.1	No.2
X	5.240	6.235
Y	-5.839	-10.508
Z	15.183	-10.891

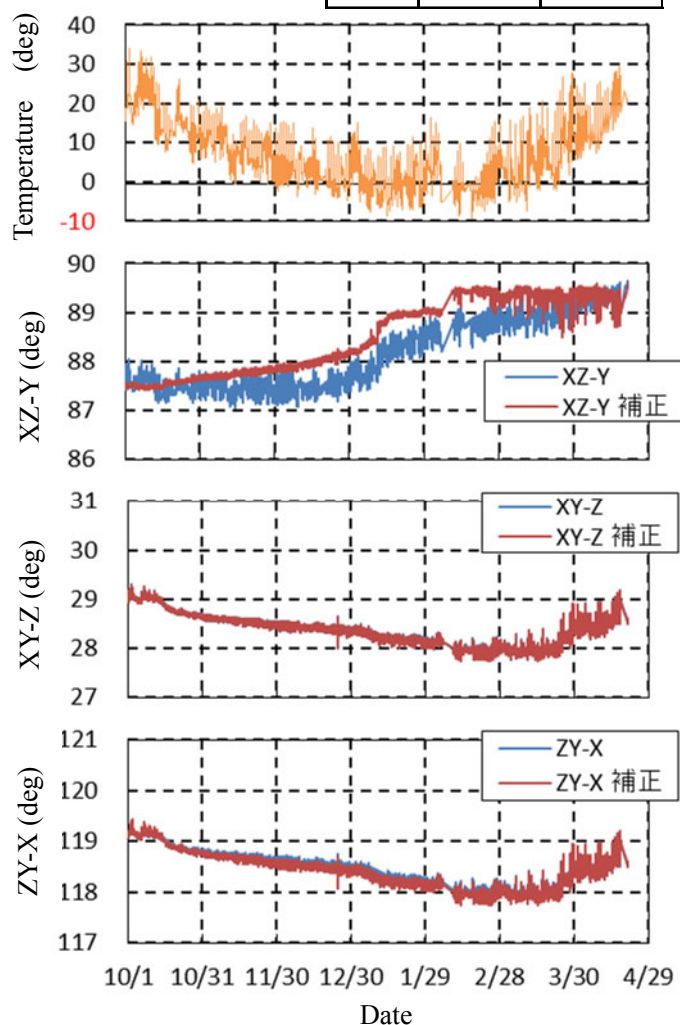


図 3 温度補正の有無の比較