

長期安定性を持つ小型傾斜計の開発

オムロン ソーシャルソリューションズ (株) 正会員 ○樋上 智彦

正会員 高瀬 和男

正会員 笠井 諭

1. はじめに

地震、地盤沈下および経年劣化などによる構造物の損傷を把握する上で、構造物自体の変位や傾きなどから損傷を判断する方法が考えられる。そこで筆者らは構造物の傾きを計測することに着目し構造物が設置される実環境に即した傾斜計を開発することとした。実環境で使用する上では温湿度、振動、地震時の衝撃、および計測期間の長期化などが課題となる。これらの課題に対して、筆者らは小型傾斜計を開発し、振動試験、衝撃試験、温度変化、経年変化などの試験を実施した。本稿では、その開発概要を報告する。

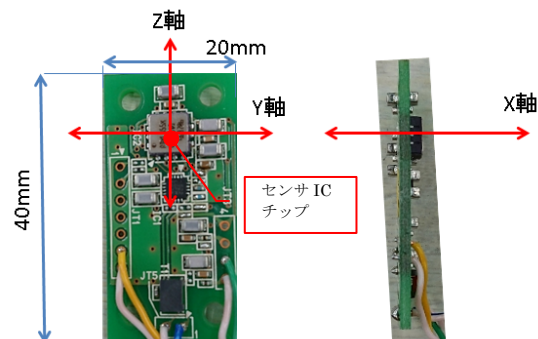
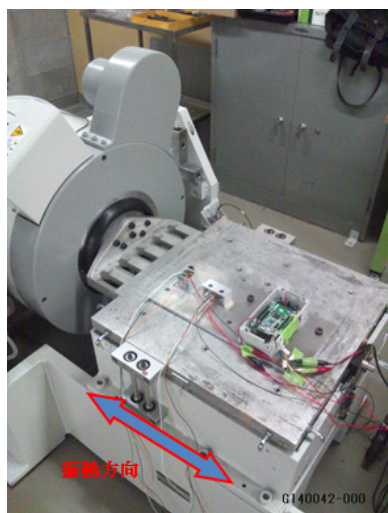


図-1 開発した傾斜計基板

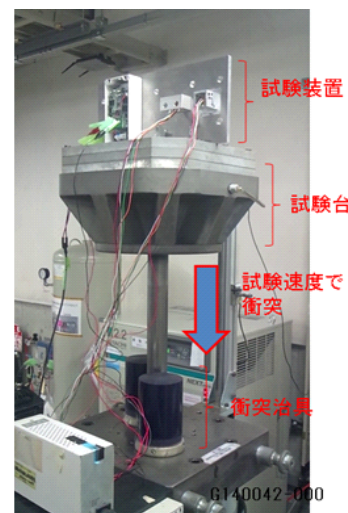
2. 各種検討試験

開発した傾斜計の傾斜検出方式としては、加速度センサを用いて重力加速度の変化を元に傾きを検出する方式を採用した¹⁾。(1)から(3)の試験では、安価で耐衝撃性に優れ、使用性を考慮しアナログで出力できる一般的なセンサICを選定し試験を実施した。

しかし、(4)、(5)の試験では、10年相当の長期間での計測を検討するため、センサIC自身を直接温度や湿度に接触し精度を確保することは困難であると考え、金属ケース内にセンサICを搭載した基板を配置し、樹脂でモールドすることでセンサICへの温度や湿度の変化による影響を少なくする方式を取った。この方式によりセンサICへの腐食ガス、湿気やほこりによる影響も除去できるとした。センサICにおいても消費電力が低いものを改めて選定し、長期的な計測に対する経年変化が極力少なくなるようにした。その上で寸法についても図-1に示すように極力小さくすることができた。



(a) 振動試験



(b) 衝撃試験

写真-1 試験機器

表-1 振動試験の規格

分類	振動周波数(Hz)	試験条件	振動試験条件
4M5	10～150	加速度(m/s ²)	10～20
		掃引時間/回(分)	約8分

表-2 衝撃試験の分類

分類	衝撃(m/s ²)	作用時間(ms)
I	150	11
II	300	18
III	500	11

(1) 振動試験

試験の条件は高速道路に傾斜計を設置した場合にレベル2地震動(約2000gal)が発生することを想定し、JIS C 60068-2-6(正弦波振動試験方法)に従って4M5の規格(表-1)で試験を実施した。試験方法を写真-1(a)に示す。振動試験の結果では機器に破壊は起きていないことを確認した。

キーワード 傾斜センサ、加速度センサ、振動試験、衝撃試験、温度変化、経年変化

連絡先〒525-0035 滋賀県草津市西草津 2-2-1 オムロン ソーシャルソリューションズ(株) TEL 077-565-6649

(2) 衝撃試験

試験の条件は高速道路に傾斜計を設置した場合に地震時に構造物同士が衝突する衝撃を想定し、JIS C 60068-2-27 (衝撃)に従って分類 I の規格(表-2)で試験を実施した。試験方法を写真-1(b)に示す。衝撃試験の結果では機器に破壊が起きていないことを確認した。

(3) 傾斜センサの基礎精度検証試験

傾斜回転台 (MELLES GRIOT 社) 上で試験を実施した。試験方法は写真-2 のように計測する重力加速度が最大となる傾斜を 0 度として傾斜回転台を回転させ、1 度ごとに角度を確認した。設置角度に対して、図-2 に示す通り、10 度までで最大誤差 0.3 度を確認した。

(4) 温度変化試験

センサ IC を筐体に組み込んだ状態で、恒温槽で温度を変化させることにより温度ごとの角度ばらつきを算出した。温度条件としては、 -25°C ~ 65°C について 25°C のときの傾斜角を 0 度として 10°C ずつ変化させデータを取得した。温度に伴う角度の変化量を図-3 に示す。X 軸まわりにおいては、温度 65°C までは 0.1 度以下となっているが、Y 軸まわりでは 65°C までは 0.2 度以下の誤差であった。

(5) 経年変化試験

センサ IC を筐体に組み込んだ状態で、恒温槽で温度を高温高湿にすることにより劣化を加速させた。高温により劣化が促進される原理としては、 10°C 温度が上昇するごとに機器の寿命が半分となる考えに基づいたアレニウスの定理²⁾にて実施した。社内で過去に実施した結果を参考にして、温度および湿度条件は 75°C 、85%とし、また試験時間は 1000 時間を 10 年相当として一定時間ごとに通電を行い、角度ばらつきを算出した。その結果を表-3 に示す。1000 時間後の傾斜変化は X 軸まわりで 0.1 度以下であった。Y 軸まわりでは 0.1 度程度の誤差であった。

3. まとめ

開発した傾斜計は以下の特徴を有す。

- ① 20m/s^2 (2000gal) 程度の地震における耐振動性を有し、 150m/s^2 (約 15000gal) 程度の耐衝撃性を有する。
- ② 計測精度において計測角度 10 度までは誤差 0.3 度程度であった。
- ③ 温度変化において X 軸まわりで温度 65°C まで 0.1 度以下の誤差であり、Y 軸まわりは 0.2 度程度の誤差であった。
- ④ 経年変化において X 軸まわりで 1000 時間まで 0.1 度以下の誤差であり、Y 軸まわりは 0.1 度程度の誤差であった。

参考文献

- 1) Christopher J. Fisher : 加速度センサーによる傾きの検出, AN-1057 Application Note, AnalogDevices, Inc., 2010
- 2) 電子情報技術産業協会 : 半導体デバイスの加速寿命試験運用ガイドライン, EIAJ-EDR-4704A, 2000

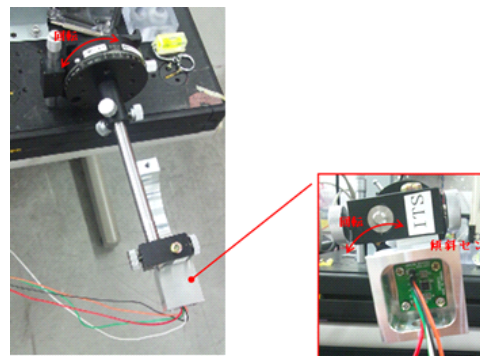


写真-2 角度計測誤差の状況

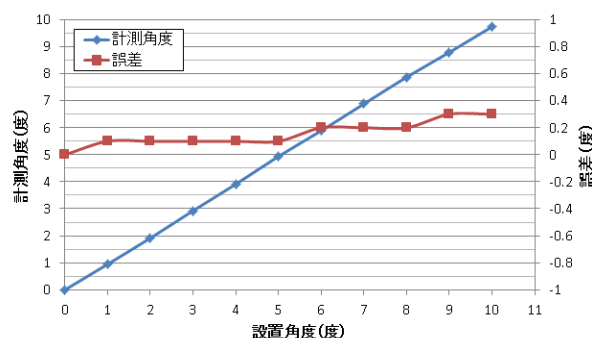


図-2 計測角度による角度誤差

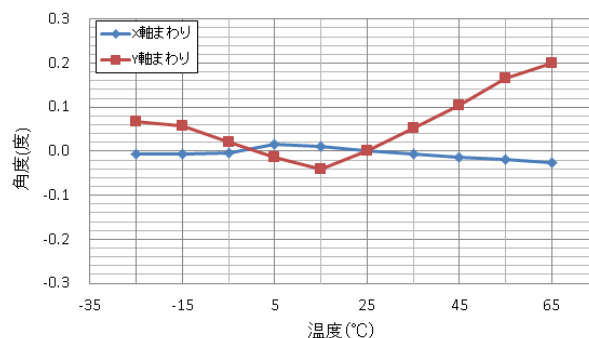


図-3 温度変化に伴う角度計測誤差

表-3 経年変化に伴う角度計測誤差

時間	角度の変化(度)	
	X 軸まわり	Y 軸まわり
0	0	0
200	-0.020	-0.035
700	-0.055	-0.085
1000	-0.069	-0.105