

短スパンオイル管傾斜計の試作

TRIAL EXPERIMENT OF AN OIL-TUBE TILT-METER

坪川恒也

Tsuneya Tsubokawa

Shi_ei Keisoku

Abstract

We have developed a prototype oil tube tilt-meter suitable for detect amount of tilt at the base construction span of several meters. This type has an advantage compared with the conventional water tube tilt meter because the vapor pressure of the oil is lower than the water, so it is possible to evacuate the air with some degree of low-vacuum state. The oil tube tilt meter consists of the following functional blocks:

(a) End vessels with teflon floats (container of oil), (b) Center T scape vessel with vacuum valbe, (c) Two connecting pipes. To avoid temperature sensitivity due to differential thermal condition of two vessels, connecting pipes are half filled with oil. Sealed vacuum-type vessels and pipes (NW25 standard components) are employed to eliminate the atmospheric pressure. The displacement sensor chosen for use in the float movements is commercially available capacitance sensor (CS05, Micro-Epsilon).

1. はじめに

大型建造物基礎の傾斜測定を目的に、数メートルスパンの傾斜計を試作したので報告する。

一般的な傾斜計では、10cm以内の傾斜量を測定するタイプが多い。このタイプは、多点に移動して面全体の形状測定に適している。

一方、地殻変動を検出する傾斜計では、数10メートル以上の長スパンの水管傾斜計が主流で、感度を上げると同時に、岩盤の平均した変動を観測することが主目的である。

加速器設置等の大型建造物基台では、狭い領域での傾斜自体より、数メートルスパンでの傾斜量を把握する必要があるため、この区間をカバーするような短スパンの傾斜計を検討してみた。

従来の水面を基準とする水管傾斜計でも、この要求に応えられるが、水の蒸発や結露の問題を回避するため、今回は、水の代わりにオイルを使用する「オイル管傾斜計」を試作した。

2. オイル管傾斜計の構造

液体表面変動の検出には各種考案されているが、フロートを浮かべその上下変動を変位センサーで検出するという、最もオーソドックスな方式を採用した。フロート無しで直接オイル面を測定する方式も考えられるが、地震などの衝撃でセンサー面がオイルで汚染され恐れがあり、両者の隔離が必要と判断した。特にキャパシタンスセンサーでは、ギャップの誘電率が変化すると、変位計の直線性が保証できなくなる。

一般的な連通管方式では、両端容器の温度差や気圧変動に液面が直接影響を受けるので、今回はこの影響を受け難くするため、連結パイプ内部の半分を

共通の基準液面とする方式（ハーフフィールド）を採用した。

試作したオイル管傾斜計の構造は、以下の通りである。

内径 140φ、深さ 130 のアルミ真空容器（ポット）2基に、NW25 規格の配管ポートをそれぞれ1つ設け、両者を長さ 500mm 連結パイプ 2本で接続する。両ポットの間接点には、T字管を挿入し、真空バルブを設ける。

このように組み立てられた管路（ポット中心距離で 1m36cm）に、パイプの半分程度満たすように、オイルを注入した。使用したオイルは、ロータリー真空ポンプ用である為、水と違ってある程度の真空排気が可能となり、完全な air-tight 状態にできる。水管傾斜計の様に水の蒸発は無いので、長期間の安定性や保守の面で有利となる。

両端のオイルポットには、それぞれテフロン製のフロートを浮かべ、フロートの上下移動量をキャパシタンスセンサー方式の変位計で検出する。両フロートの上下変動量の差をポット中心距離で割って、傾斜量に変換する。

一般にフロートを使用する水管傾斜計では、フロートの水平移動を防止するため、その中心部分を板バネで固定している。しかしこの方式では、バネ定数の変化による直線性の劣化の恐れがある。今回はフロートの水平移動防止として、マグネットの吸引力を利用した。また、地震等の衝撃でフロートの中心位置がずれるのを防止するため、テフロン製のリミッターを設けている。

図1に検出部の構造を示す。外径 80φ 内径 75φ のフロートの中心にはステンレス製のシャフトが挿入されている。上端面はキャパシタンスセンサーのターゲットとなる。下部には M3 のねじ穴があり、ここに軟磁性ステンレス製全ねじを挿入して、吸引力の調整を行う。ポット底面中心には、マグネットの

格納とフロートの横移動を規制するテフロン製のカラーを取り付けた。通常の状態では、ポット底面にあるマグネットとフロート側の磁性ネジとの間の弱い吸引力で、磁性ネジはリミッター内面に接触することはない。

使用したキャパシタンス変位センサーは、Micro-Epsilon 社の CS05 で、測定レンジは 0.5mm である。センサーは、底板から立ち上がったシャフト上をスライドする取付金具で固定される。真空側のセンサーと大気側変換回路との接続は、フランジの上面板にある真空対応中継コネクタを介して行う。変換回路の出力は、変位量 0.5mm に対して 10V である。

ポットの上面フランジには O リング溝があり、O リングにより気密が保たれる。真空排気は、中央の T ポート (NW25) に取り付けられた、真空バルブを介して行う。

図 2 に試作したオイル管傾斜計の外観を示す。今回、両ポット間の距離を 1m36cm としたが、連結パイプ長を替えることで、スパンを適宜変更できる。

図 3 にポット内部のオイルとフロート、変位センサーの状況を示す。

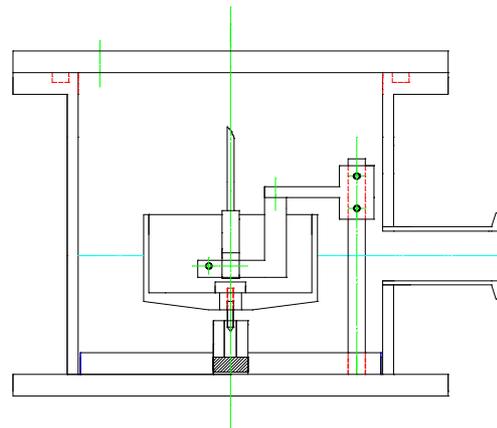


Figure 1: Oil level detection.



Figure 2: External view of the oil-tube tilt-meter.

3. オイル管傾斜計による測定例

試作した傾斜計を国立天文台・江刺地球潮汐観測施設の精密実験室に設置し動作確認を行った。設置状況は図 2 の通りである。設置方向は東西成分である。測定例として 2015 年 6 月 21 日から 6 月 29 日分の 9 日分のデータデータから、東側のセンサー出力から西側センサー出力を引いた量 (E-W) をプロットしたものを図 4 に示す。

横軸は時間で単位は分、1 日 (1440 分) 単位のスケールでプロットしている。9 日間に約 40mV の変動が見られ、傾斜量としては、全長 1360mm に対して約 2 μ m の変動量から、 1.47×10^{-6} のドリフト量と、その中で、地球潮汐による傾斜変動が確認できた。このため、マイナス 8 乗程度の分解能はあると思われる。

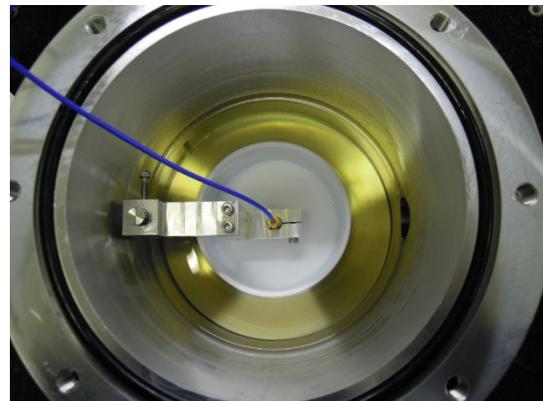


Figure 3: Inside the oil-pot (Float, capacitive displacement sensor).

4. まとめ

水面の代わりにオイル面を用いた傾斜計を試作した。オイルを使う事で、液面の蒸発が無視できるため、結露の問題が解決できる。このことは長期間の安定した測定に有利であると思われる。さらに光学部品に対する湿気の問題が無くなる為、光干渉方式を採用することも可能となり、応用範囲が広がる。

今後、長期観測を行い、地震等の擾乱が起きた時でも動作に問題がないか確認していきたい。

今回は試作機のため、形状や小型化への検討は充分ではなかったが、今後、小型化を目標に形状の検討を行いたい。

本 短スパンオイル管傾斜計の開発に際し、東北大学研究推進本部の吉岡正和先生には、多大なご協力を頂いた。ここに感謝の意を表します。

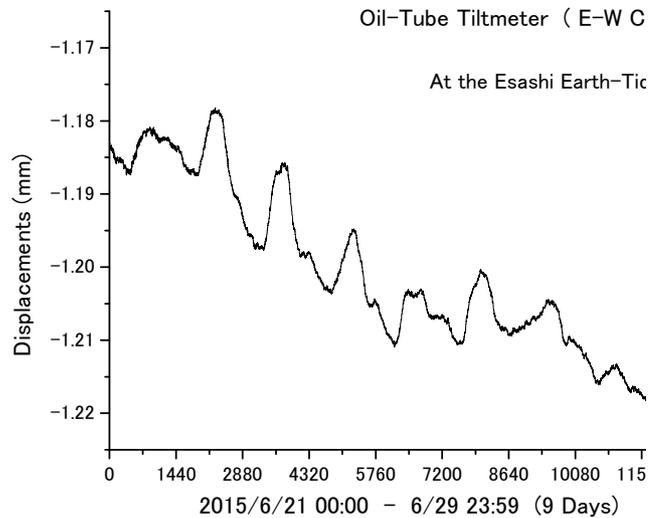


Figure4: Observational result using the prototype oil-tube tilt-meter.