

トータルステーションを用いた地盤変位の高精度測定に関する研究(その1)

神戸大学 正 桜井春輔 広島工大 正 岡野兼夫
神戸大学 正 清水則一 間 組 正○北村 元

1. はじめに

測量手法を用いる地盤の変位計測は、(1) 機器の操作・管理が容易、(2) 測点の設置・追加が容易、(3) 広範囲にわたり測定できる、などの利点があるため古くから実施されている。しかし、測定の精度は伸縮計や傾斜計などの地盤計測機器に比べるとかなり劣るようである。そこで、本研究は高精度測量機器であるトータルステーションを用い、測量結果の調整計算を工夫して、測量手法による地盤変位計測の高精度化を図ることを目的としている。ここでは、測量および調整計算の方法の概要を述べた後、野外実験の結果を報告する。なお、高精度測量機器を用いた地盤変位の測定法に関する研究は最近いくつか発表されている^{1)~4)}。

2. 変位の測定方法

(1) 測量機器：本研究では、光波測距儀とセオドライトを一体化したトータルステーション (Nikon DTM-1、最小読み：距離 1mm、角度 1") を用いる。トータルステーションは、観測点に設置したプリズムを視準することで、1) 観測点までの距離、2) その高低角、3) 基準線からの水平角を同時に測定できる。

(2) 測定方法：変位を測定すべき点にプリズムを設置し、三次元測量の観測網を構成する。基準となる点にトータルステーションを据えて測量し (図-1 参照)、その結果に対して 3. に述べる調整計算を適用し観測点の座標を確定する。逐次この作業を繰り返し、各段階で確定する座標の差をとれば変位を求めることができる。

3. 座標確定計算法の概要

本研究では 4 種類の計算方法を用い観測点の座標を確定する。以下にその概要を述べる。

(1) 1 点観測法：観測点の距離 L 、高低角 β 、水平角 α から直接、次式によって座標を求める (図-2 (a))。

$$x = L \cos \beta \cos \alpha, \quad y = L \cos \beta \sin \alpha, \quad z = L \sin \beta \quad (1)$$

(2) ガウス法：次に示す三次元観測方程式に基づいて正規方程式をたて、基準点となる座標を既知として与え、観測点の座標を確定する (図-2 (b))。

$$\text{距離式 } U_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2} \quad (2)$$

$$\text{高低角式 } \beta_{ij} = \arcsin\{(z_j - z_i)/U_{ij}\} \quad (3)$$

$$\text{水平角式 } \alpha_{ijk} = \arctan \frac{y_k - y_i}{x_k - x_i} - \arctan \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i} \quad (4)$$

(3) フリーネットワーク法⁵⁾：基準点の座標も未知としてすべての座標を求める。このとき正規方程式は非正則となるが、測地測量などにおいて用いられるフリーネットワーク法を用いることによって座標を確定する。なお、観測式は式 (2)-(4) と同一である。

(4) 改良フリーネットワーク法⁶⁾：これは、筆者の一人が提案しているもので、信頼のおける測点 (基準点を含む) に重みを与えることができるように、フリーネットワーク法に工夫を加えたものである。

4. 測定実験

¹Shunsuke SAKURAI, Kaneo OKANO, Norikazu SHIMIZU and Gen KITAMURA

本測定システムによって、どの程度の精度で変位が測定されるか確認するために野外実験をおこなった。この実験は観測点にミニプリズム (Nikon:HHB31001) を設置し、任意の移動量 (絶対変位) をプリズムに与え、その値と本方法によって得られる値とを比較して測定の精度を調べる。測定は図-3 に示すように1観測点をそれから約20m離れた2つの基準点 (基準点間距離約10m) にトータルステーションを据え付け測定した。プリズムを1mm移動させた実験結果を図-4 および表-1 に示す。この結果から、1点観測法において大きくばらついていた変位は、ガウス法によって改善され、さらにフリーネットワークおよび改良フリーネットワーク法によってよりよい精度で求められたことがわかる。

5. 結論

本報告では、測量手法による地盤変位測定の高精度化を図るために行った基礎的な実験について述べた。その結果、次のような結論が得られた。

- (1) 測地測量等に用いられている、フリーネットワークおよび改良フリーネットワーク法は、地盤変位計測においても有効である。
- (2) 測量手法によって、地盤変位を1mm以上の精度で測定できる可能性が示された。

参考文献：1) 下河内ほか, トンネルと地下, No.19, 11, p.39, 1988. 2) 宮永, 福原, 電力土木, No.219, p.63, 1989. 3) 大野ほか, 建設の機械化, 7, p.41, 1989. 4) 今村ほか, 24 回土質研究発表, 1989. 5) 田島ほか, 最小二乗法の理論と応用, 東洋書店, 1986. 6) 岡野, 広工大紀要, p.231, 1987

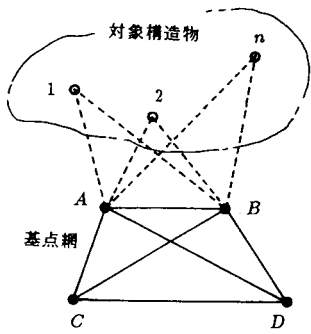


図-1 観測網

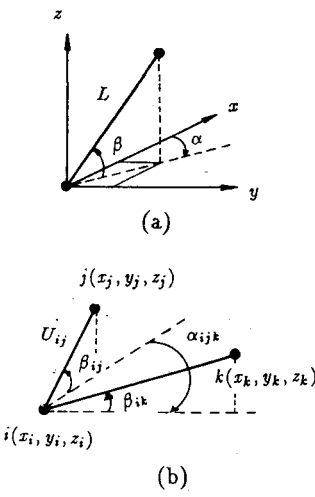


図-2 記号の説明

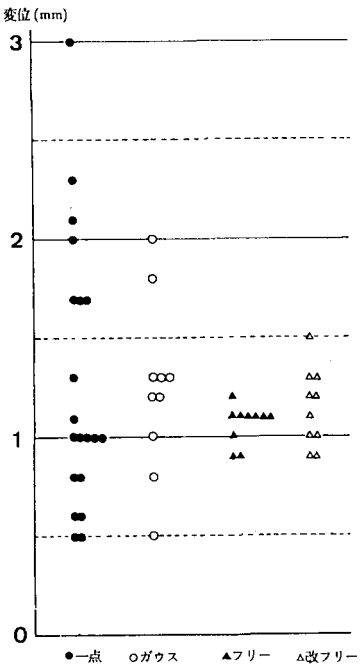


図-4 実験結果

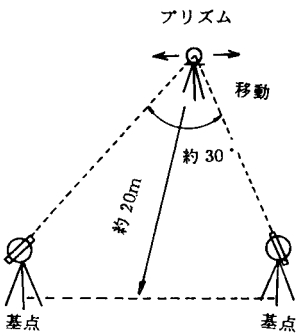


図-3 実験概略図

表-1 絶対変位1mmにする測定変位の平均値と標準偏差 (単位: mm)

	一点観測法	ガウス法	フリーネット	改フリーネット
平均値	1.34	1.24	1.06	1.14
標準偏差	0.65	0.44	0.10	0.20