

電波位相差変位計測の斜面変位モニタリングへの適用性に関する検討

株式会社地層科学研究所	正会員	〇里 優
京都大学大学院工学研究科	正会員	西山 哲
京都大学大学院工学研究科	正会員	矢野 隆夫
三菱電機株式会社	非会員	吉崎 互

1. 目的

地すべり斜面などで、設置した計測点の絶対変位を測定する方法としては GPS が代表的である。他方、GPS は衛星配置の影響などを受け、精度が問題となる場合があることや、設置場所が制限されるなどの課題を有している。そこで、斜面に発信機を設け発信機の変位を電波位相差で計測する手法を用い、斜面計測を試みた。

2. 電波位相差変位計測の概要

電波位相差変位計測システムは、法面や構造物などに設置された複数の計測点に対して電波位相差測位の原理を用いて計測を行ない、複数計測点の 3 次元変位を同時に且つリアルタイムでモニタリングすることが可能なシステムである。例えば斜面の変状の状態を技術者が正確に把握するためには、次のような特性をもった計測手法が実施されているのが望ましいと考える。

- ・リアルタイムで 3 次元的に変位の挙動を高精度で捉えられること。
- ・広範囲に面的な変位の挙動を捉えること。
- ・計測システム自身が災害時にも対応できる機器で構成されていること。

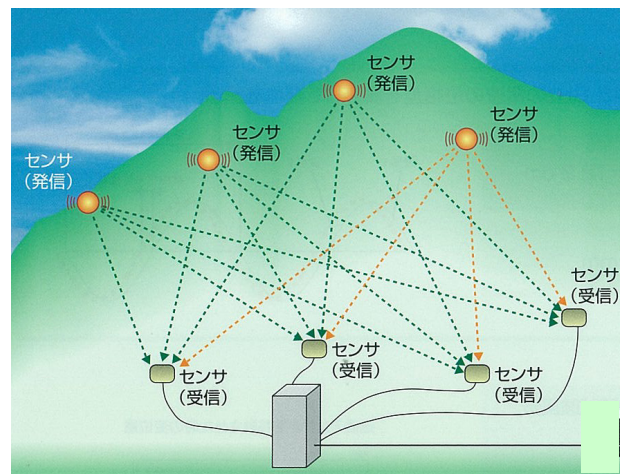


図-1 電波位相差変位計測の概念

このような特性を備えた計測手法として、図-1 に示すように電波を発信する機器を斜面に設置し、その周囲に配置した複数の受信機で電波を受信することで、受信した時刻の差である位相差から発信機の位置を算出するもので、さらにこの発信機の位置の時間的な変化から変位を推定する。同じく電波を利用して位置を計測する手法に GPS (Global Positioning System) があるが、GPS は人工衛星と地上との間のさまざまな要因によって信号波が擾乱される。本計測システムは発信機と受信機を共に地上に設置するので、信号波が擾乱されにくく高精度の計測が可能である。また斜面に設置する発信機は有線で動作するものではないために、落雷や誘雷などの被害に悩まされることが無い。計測点に設置された電波発信機は、それぞれが管理された異なるタイミングで電波を発信する。他方、電波受信機では、全計測点からの電波を受信するが、帯域通過フィルタ等によって各発信機からの受信信号を弁別する。これにより数多くの発信機を斜面上に設置することができ、高密度の観測網を構築することができる。

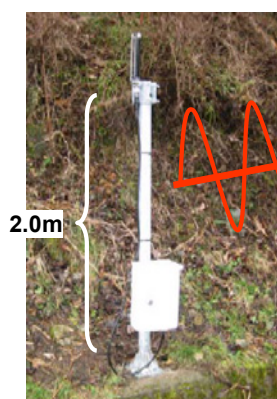
3. 斜面への設置と精度の検証

図-2 は、実斜面に設置した発信機と受信機の概観である。いずれも電波の送受信を行う回路や電源を収納した本体と支柱に取り付けられたアンテナによって構成される。斜面には発信機から河川をはさんで対面に 6 個の受信機を発信機から 200~600m離れた箇所に配置させた。図-3 は発信機に変位を人工的に与えて、配置した受信機でその変位を検出した例である。図中の赤色の線が人工的に発信機に与えた変位量であり、青色の線が計測した変位量である。

キーワード 地すべり、電波位相差、3 次元変位計測、長期モニタリング

連絡先 〒242-0014 神奈川県大和市上和田 1 7 9 4 株式会社地層科学研究所 Tel. 046-268-7327

計測点に設置する電波発信機



電波受信機



図-2 電波送受信機の概観

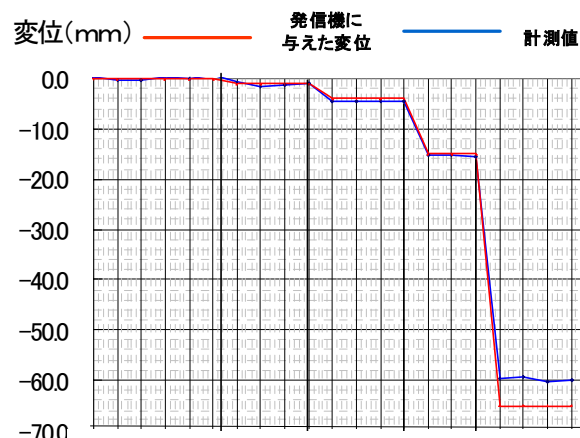


図-3 精度検証結果

与えた変位は 1mm, 4mm, 15mm および 65mm である。変位量が 65mm のときは、発信機に与えた変位の方が不正確であったため計測値との相違が大きくなったが、数 100m の遠方にある発信機の動きを高精度に計測できることを実証した。受信機の配置を工夫することによって、発信機の変位を 3 次元方向に分解して把握することが可能であり、受信機によって取り囲まれる範囲内に発信機を多数設置することによって、斜面の局所的な挙動をリアルタイムにモニタリングすることができる。

4. 長期モニタリング

約 1 年間にわたり変位モニタリングを継続した。結果を図-4 に示す。電波位相差変位計測では、システムノイズや空界ノイズなどに起因する電波の擾乱によるランダムなノイズが避けられない。このため、カルマンフィルタを用いて計測値よりトレンド成分を取り出し、これを変位とみなしてモニタリングを実施した。計測結果からは、最大で 10mm 程度の変形が観測されたが、時間の経過とともに計測開始時の値に戻る傾向があり、すべりとは直接関連しない季節性的変化であると判断できる。

5. まとめ

電波位相差変位計測では、非接触で遠距離から斜面の変位を計測することが可能である。受信機の配置を最適化することで長期的な観測においては $\pm 5\text{mm}$ 以下の精度で計測が可能である。今後は、実斜面における観測事例を通して、気象条件と計測精度の関係等を把握していく予定である。

参考文献

西山哲, 大西有三, 矢野隆夫, 西川啓一: 電波を利用した 3 次元リアルタイム変位計測法の研究, 土と基礎, Vol. 55, No. 11, pp. 5-7, 2007.

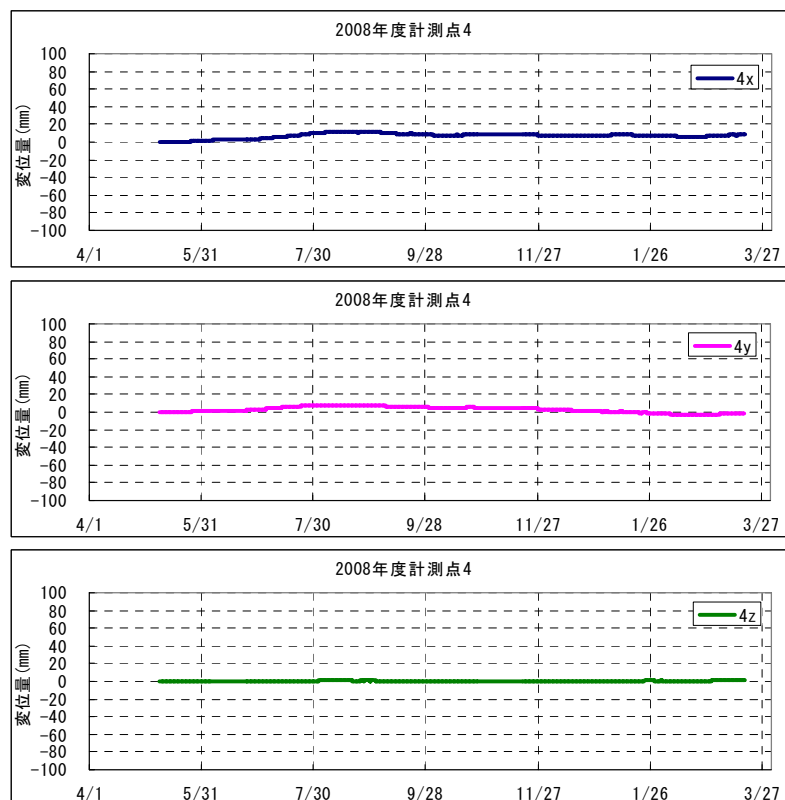


図-4 1 計測点の変位計測結果の例