

Ⅲ－20

G P S による地すべりの動態調査計画について

東北電力株式会社 正会員 ○猪股 信
東北電力株式会社 正会員 ○黒田 善徳
東北電力株式会社 正会員 ○吉田 紀之

1. はじめに

大所川第三発電所は新潟県糸魚川市に位置し、姫川水系大所川の最下流に設けられた、最大出力9,000kwで昭和37年10月に発電を開始した無人発電所である。本地域は、「糸魚川－静岡構造線」(フォッサマグナ)上に位置し、地盤が複雑な上、地すべりが多い地域である。当発電所での地すべりの影響は、水圧鉄管の変形、導水路・発電所背面擁壁・発電所建屋等のクラック発生となって現れ、今日まで各種の調査・対策・補修工事を実施している。地すべりの移動は現在までの30年間ほぼ等速度で継続しており、地表の年間の移動量は100mm前後である。これまで地すべり移動量(地表変位量)を測定する手法として光波測距と多角測量を併用した測定を行ってきたが、一部GPSによる測定を導入したので紹介するものである。

2. 従来の観測方法

観測方法は図-1に示すとおり、発電所の対岸に基準点を設け、ここから見通しの効く位置に視準点A、Bの2点を設け、基準点と視準点を基準にした多角測量と、基準点と観測点間の測距を繰り返して実施することにより観測点の図上における座標値を計算し、その変位量をとらえている。なお、視準点Bについては視準点Aが地すべりにより移動している疑いがあることから、大所川の対岸に確認の意味で設けたものである。観測点数は30点程度設けており、3回/年観測している。

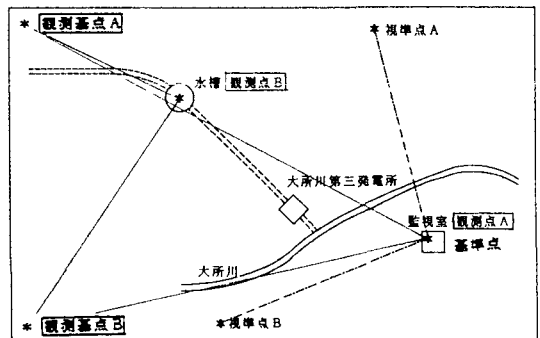


図-1 従来の観測手法図

3. GPS導入の背景

姫川流域は、「糸魚川－静岡構造線」の西側地域を占め、複雑な地質構造となっている。分布する地質は結晶片岩、非変成古生層、来馬層および蛇紋岩が主体をなしている。来馬層は硬質の堆積岩であるが、平均延性度が低いため、脆性破壊を生じ易く、来馬層全体を種々の大きさのブロックに分割し、典型的なトップリングによる岩帯の崩壊が現れている。蛇紋岩は姫川西岸に沿って生じた断層帯および破砕帯に貫入してきた超塩基性岩が、貫入後も断層運動による変形を受けて形成されたもので、随所で大規模なクリープ型の地すべりが見られる。このように大所川沿いは劣悪な地盤状態にあるため、現在行っている測量の基準点そのものが移動している可能性があるが、これまで捕えてきた移動量、移動方向が果たして真の地すべり移動であるかを検証するすべが無いままで今日に至っている。このため、GPSによる測量を検討・導入することにより確認することとした。

GPS(Global Positioning System: 汎地球測位システム)は、アメリカで開発した人工衛星を用いた新しい測位システムで、人工衛星の電波を受信することによって世界中のどこにいても、自分自身の位置を知ることができるシステムである。特別な受信装置を複数用いることによって、1/100万より高い精度で地上間の相対的な位置関係を測定することができる。このため精密測量分野での応用が急速に進められつつあるシステムである。

(1) システム構成

GPSは図-2に示すとおり、宇宙部分、制御部分、利用者部分から構成されている。宇宙部分是一群の人工衛星で、測位のための電波を常時地上に向け送信している。現在使用可能なGPS衛星数は21個である。制御部分は地上の制御局であり、人工衛星を追跡して軌道を計算すると共に衛星が送信すべき情報の注入等を行う。利用者部分は、ユーザーの受信装置で衛星からの電波を受信し、受信地点の座標や受信点間の相対的な位置関係を求める。

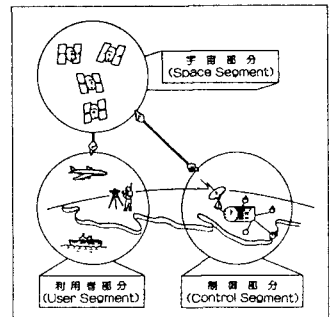


図-2 GPSシステム構成図

(2) 測量方法

測量方法としては、1点観測法と干渉法とに類別することができるが、今回は精度等を考慮して干渉法を採用した。

干渉法は、一般的にGPS測量の分野で主流をなしており、2点以上の点で同時にGPS衛星(最低4個)の観測を行い、地

上の観測点間の相対的な位置関係を精度良く測位する。また、衛星は L_1 および L_2 の異なった電波を出しており、この2波を使用すれば電離層により生じる測定誤差を除去することが可能となるため、観測点間が10km程度以上離れている場合に採用される方法である。

長所として、森林の伐採等が不要、天候に左右されることが無いおよび精密測量に比べ50～70%経費節減が可能が上げられる。短所としては、トンネルの中や水中および大都市等のビルの谷間では、電波が受信できないことが上げられる。

測定の精度は1周波受信型で2ppm(観測点間が10kmの場合で誤差が2cm)、2周波受信型で1ppm(観測点間が10kmの場合で誤差が1cm)程度である。

衛星からの電波は1回/15秒受信されるが、電波障害等により信号が欠損することがある。また不整合信号(主に乱反射による信号)を消去することは困難であるため、使用できるデータが不足することがあり、その場合精度は極端に低下する。

4. GPS測量の実施

測量は図-3に示すフローに従い実施した。

GPS測量により、基準点の信頼性および従来の観測システムで捕えた移動方向、移動量の検証が可能となるよう、観測基点および観測点を設定した。

観測基点はA・Bの2点とし、観測基点Aは基盤地質が来馬層の頁岩類で堅固な地点を選定した。観測基点Bは観測基点Aの補助用として設置したものである。

観測点はA・Bの2点とし、Aはこれまで実施している動態観測の基準点で、前に述べたように地質的な立地条件から、移動の有無の検証のため設定した。Bは当該発電所の水槽で、移動量把握のため設定したもので、これまでの観測結果からは年間の移動量は7cm程度である。

測量に入る前の事前調査として、観測点の天空視界範囲、障害物の方位測定、環境調査とGPS衛星の運用情報から飛来軌道計算を行い、観測時間の設定を行った。

観測は昼間帯に4箇所同時に約1.5時間行われ、5個の衛星からの電波を受信することができた。

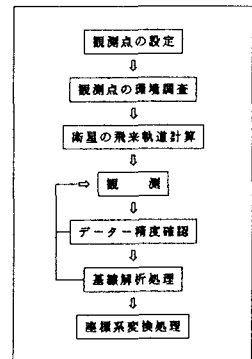


図-3 GPS測量フロー図

5. 解析結果

GPS測量におけるデータ処理には、観測点間の幾何学的な位置関係を求める基線解析処理と、その位置を一般的に使用している座標系の中に当てはめる座標系変換処理がある。これらの処理は、搬送波位相と呼ばれる基本的な観測データと、衛星の位置を表わす放送暦、それにデータを取得した時刻等から専用のソフトウェアにより、総合的な精度評価も合わせて解析される。今回の結果は表-1のとおり観測点Aで0.540ppm(2.6mm)、観測点Bで2.430ppm(11.8mm)の測定精度となり、実用上問題のないことが判明した。観測点Bの測定精度がやや悪くなっているが、これは地形的に天空視界範囲が狭いことと周囲に手摺があったことから精度が低下したと考えられ、次回の観測までに対策を行えばさらに精度の向上が図られる。

観測点	測 定 値
A点	東 (m) 2.322 853
	北 (m) 4.384 223
	高さ (m) 151.850
	精度 (ppm) 0.540
B点	東 (m) 2.033 282
	北 (m) 4.720 457
	高さ (m) 720.718
	精度 (ppm) 2.430

表-1 測量結果

6. 今後の計画

当面2カ年程度は現状の観測点でGPS測量を継続し、基準点としての評価および従来の測量結果との整合性を観測結果から判断する予定としている。さらに結果が良好と判断された場合は、観測手法を見直し観測点を増やしていくこととしている。

7. おわりに

ここ数年の間に、宇宙科学は身近なものとなってきており、テレビの衛星放送等はその典型である。地すべりについてもランドサットによる写真判定から、植生異常を直接つきとめることにより、地表変化の有無を判定していることは既に周知のところである。

測量技術の中でのGPS導入は、地すべり観測に対して上記の写真判定以上に手短かでかつ正確な情報を提供してくれると思われる。当発電所の地すべり観測は、地形上の制約から止むなく地すべり地内の発電所施設に基準点を設けて行っているのが実態であり、これらの問題を克服し地すべりの実態のためにGPSを有効に活用していくこととした。