

【CO17】

活動中の地すべりにおける高精度GNSS衛星測位技術の有効活用事例

-地上観測値との比較による有効性の検討-

ニタコンサルタント(株) ○虎尾 魁人, 橋本 昌夫, 新野 裕明
国際航業(株) 飯島 功一郎

1. はじめに

近年, GNSS (全地球測位衛星システム) を用いた「斜面の変位や構造物の維持管理」などの変位モニタリングの進歩がめざましい。利点として, 変位を mm 単位の高精度かつ 3 次元で捉えることができる他, 計測結果を遠隔地でもリアルタイムで閲覧することができる。そこで活動中の地すべり地区に活用し変位量の把握を試みた。また当地区は, 移動杭観測を実施しており, GNSS 観測値との比較により, その有効性の検討について報告する。

2. 対象地の地形・地質と地すべり概要

調査地の有瀬地区は活動中の地すべり地であり, 斜面は地すべり地特有の複雑な形態を示している。斜面の上位には旧滑落崖と考えられる馬蹄形を呈した凹状地形および段差等がみられる他, 斜面中位では地すべりで形成された緩斜面地帯が存在している。

地質は, 中央構造線直下の三波川帯の結晶片岩で主として泥質片岩と塩基性片岩の互層となっている (図-1)。

本事例箇所の地すべりブロックは, 年間 10 cm 程度の変位が確認され, 地すべり変動が顕著であることから, 一般車両の立ち入りが制限されている。

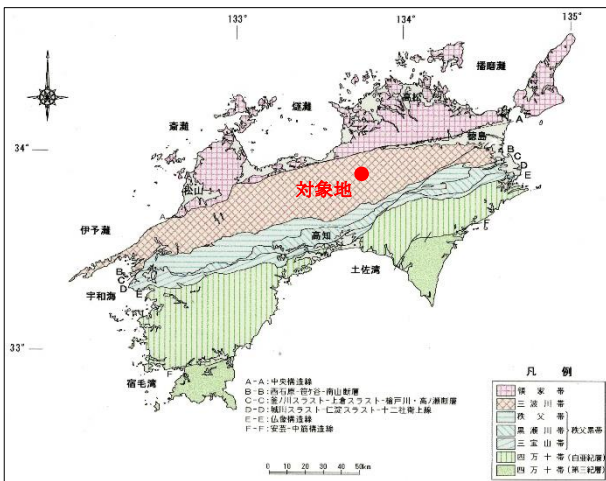


図-1 四国の地質区分図¹⁾

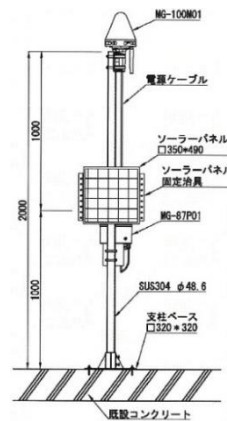
3. 現況の監視体制について

当地区は, 幹線道路から離れた山間地で連続250mm の累積降雨で通行止めとなり, 現地計測が遅延してしまう。そのため, 地すべり変位をリアルタイムで把握するために, 遠隔監視システムによる自動観測化の体制が構築されている。現在多用されている自動観測機器の地盤伸縮計, 固定型傾斜計等は, 2次元の変位量である。一方, 移

動杭観測は, 現地で手動による観測のためリアルタイム性に欠ける上, 地すべりなどの災害リスクに巻き込まれる危険性も考えられる。そこで, 3次元で高精度な自動観測ができる可能性のある GNSS に着目し, 当地区で観測を開始したところである。

4. 活用した機器およびシステムの概要

(1)GNSS 計測機器



項目	性能
受信信号	GPSL1C/A 12ch
動作温度	-20~60℃
防水性能	IPX5
データ取得 間隔	30 秒
解析間隔	1 時間
計測誤差	XY: ±2mm Z: ±3~4mm

図-2 GNSS 計測機の概要図

(2)GNSS 計測システムの精度

GNSS 計測では, 衛星配置や上空視通, 基線長, 気象条件, マルチパス等の様々な誤差要因のため計測値がばらつき, 通常の基線解析のみでは, 最も高精度なスタティック計測でも幅数 mm~10 数 mm の帯状に分布する (図-3)。そこで, 今回採用した GNSS 計測システムでは, 時系列統計解析(トレンドモデル)による誤差処理を行い, 誤差成分 W_n を分離・除去し, 真の変位 U_n を求めることで mm 単位での計測精度を可能としている。

$$\Delta^k u_n = v_n \text{ (システム方程式)}$$

$$y_n = u_n + W_n \text{ (観測方程式)}$$

y_n : 実際の計測変位

w_n : 観測ノイズ (平均値 0, 標準偏差の σ の正規分布)

v_n : システムノイズ (平均値 0, 標準偏差の σ の正規分布)

u_n : 真の変位 (トレンド)

Δ^k : k 階の時間差分演算子

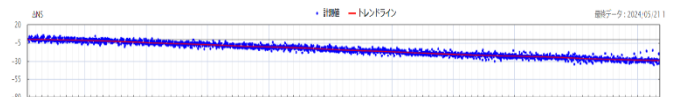


図-3 観測変位グラフ図²⁾

(3)監視連絡体制

GNSS 計測結果は, 監視センターで 24 時間監視されており, 管理基準値を超える異常な変位が発生した場合には警報を発令し, 監視センターから管理者に通報されるシステムが組まれている。

5. 移動杭観測とGNSS観測の比較

(1) 観測位置

移動杭観測の位置は、ブロック頭部および中央部に横断する道路に計20箇所設置している。一方、GNSS機器は、上空からの見通しが良い箇所を選定してブロック内に計4箇所設置している(図-4)。また、基準点であるGNSS回線集約機は、堅固な地盤で、計測点から1km以内のブロック外の



写真-1 GNSS回線集約機
コンクリート擁壁の天端に設置している(写真-1)。

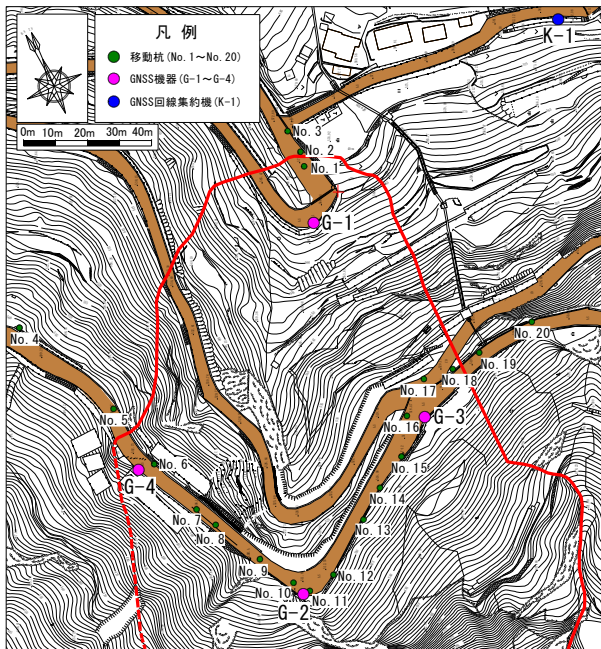


図-4 観測機器設置平面図

(2) 観測結果

GNSS観測は、令和6年2月にGNSS機器を設置して開始した。一方の移動杭観測は、平成30年に移動杭を設置して開始した。ここで、同時期のGNSSと移動杭の変位量(X, Y, Zの3次元合成変位量)を比較した。

- ① 地すべりブロック頭部に設置したG-1で41.11mm(0.5mm/日)の累積変位があり、近傍の移動杭No.1で25.37mm(0.3mm/日)の累積変位を捉えている。観測データにばらつきはほとんど見られず、一定方向の顕著な変位を捉えた。しかし、変位量の差は約15mmであり、ブロック頭部の差異はやや大きかった。
- ② 地すべりブロック内に設置したG-2~4で11.03mm~16.38mm(約0.2mm/日)の累積変位があり、近傍の移動杭No.6, 11, 16で8.76mm~15.43mm(約0.2mm/日)の累積変位を捉えている。観測データに多少のばらつきが見られるが、概ね明瞭な変位を捉えている。変位量の差は約0.5mmであり、差異は比較的小さかった。

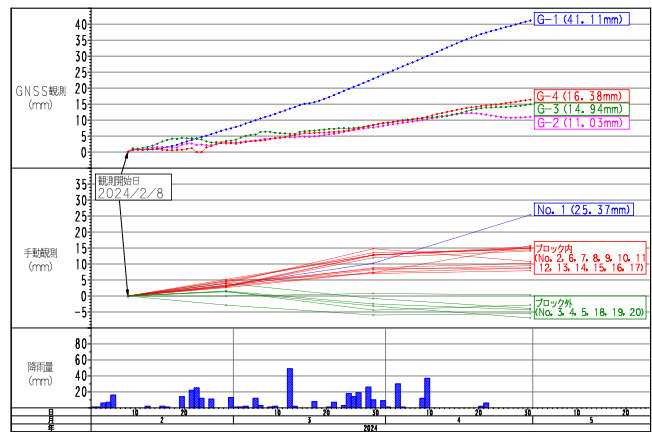


図-5 三次元変位変動図

6. 考察

観測値を比較した結果、GNSSと移動杭の変動量については、降雨による変位の増加を記録しており、降雨との相関性を捉えられている。移動方向については、主視線方向に変位しており、移動杭の変位方向とGNSSの変位方向は概ね一致している。GNSSと移動杭の変位量の差は、地すべり変動が顕著な頭部で15mm、その他の箇所でも約5mmの差異があった。

これらの結果より、観測期間が数カ月と短いものの変位傾向と変位方向は類似している。また、変位差についても数mm程度の差異であるため、GNSS観測機器の有効性を確認した。

7. 今後の課題

当地区にGNSS観測機器を設置する際、上空からの見通しが良い箇所を選定を行ったが、G-2の斜面周辺には杉が植生されており、上空視界の問題で観測データにばらつきがみられる他、太陽光パネルによる機器の充電不足により、観測データが一時的に欠測する障害が発生した。これらのトラブルを防ぐため、障害物除去や設置箇所の再検討を含めた、計測環境の改善に努めたいと考える。

8. 展望

今回の結果より、地すべり地におけるGNSS観測の有効性が認められたため、手動による移動杭観測にかわる機器として、GNSSによる自動観測化の体制を構築し、災害リスクの低減やDX化に対応していきたい。

《引用・参考文献》

- 1) 四国地方土木地質解説書「四国地方土木地質図編集委員会(1998.3)」(財団法人国土開発技術センター)
- 2) NETIS登録技術:KT-190078-A「shamen-net 計測情報提供サービス」(国際航業株式会社)
<https://www.shamen-net.com/index.html>