

折立地区地すべり（奈良県十津川村）における斜面監視について ～航空レーザ計測データの2時期比較による変動解析およびGPSを用いたリアルタイム監視の紹介～

奈良県五條土木事務所 安井 広之・川端 伸幸・野宮 誠弘
国際航業株式会社 ○大神昭徳・佐藤 渉・岩崎智治・本間信一・石黒雄紀

1. はじめに

平成23年9月の台風12号により、奈良県吉野郡十津川村折立地区の十津川左岸斜面が大きく変動し、下部を通過する国道では路面陥没、河岸の護岸擁壁は倒壊する等、斜面周辺に多大な被害を及ぼした。

当該斜面はこれまでに調査ボーリングや孔内傾斜計、地盤伸縮計観測等から岩盤地すべりが確認され、横ボーリング工や表流水排除工等による地すべり抑制工が随時進められてきた。しかし、今回の災害では連続雨量1,200mm以上の記録的な集中豪雨によって、頭部滑落崖では最大約3mの変位を記録するなど、地すべりブロック全体が大きく滑動した。そして今後のさらなる不安定化によって、移動した土塊が十津川本川を閉塞し、上下流側に大きな被害が及ぶ可能性がある。そこで図1のように当該地すべりの警戒避難体制の構築のため、航空レーザ計測データを用いた2時期比較による変動解析による地すべりの変動範囲や移動量の把握、その結果等に基づく計測配置計画を行った。

本発表では、上記の変動解析及び現在実施中のGPS(shamen-net)・地盤伸縮計によるリアルタイム監視の結果について報告する。

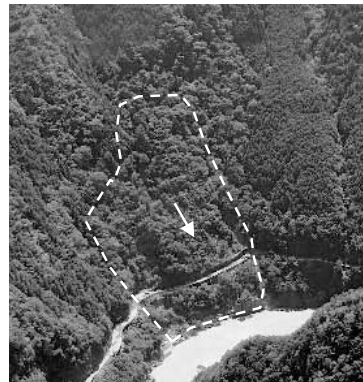


写真1 折立地区 全景



写真2 路面陥没とGPS観測状況

2. 数値地形画像データの2時期比較による変動解析 (3D-GIV)

(1) 変動解析概要

今回のような1mオーダーの変位・変形を伴う斜面変動量を把握することが可能となれば、当該斜面だけでなく周辺を含めた広域的な類似斜面に対し、“将来どの範囲が、どのくらい変位する恐れがあり、どの部分における定点観測・調査・対策検討が最も効率的か？”等の課題の解消につながる。

当該地では、地すべり発生前後の細密な航空レーザ計測データが取得されており、各レーザ計測点群DEMを用いて、地表面の微小な変動を面的・定量的かつ容易に把握する手法（地形画像マッチングによる三次元変位ベクトル解析（以下、3D-GIV(3D-Geomorphic Image Velocimetry)と称す）—国際航業株式会社 特許4545219号）により地すべりの変動解析を行った。

3D-GIVは、レーザ計測データから作成した地形画像をもとにPIV法（Particle Image Velocimetry）によって水平変位量（XY）を算出するとともに、地形画像に対応する標高値を用いて鉛直変位（Z）を算出し、三次元ベクトル図（XYZ変位）を作成・表現する手法である。

今回使用した地形データは以下の2時期に取得されたものである（奈良県五條土木事務所資料）。

- ・ 発生前：2006年10月
- ・ 発生後：2011年9月

(2) 変動解析結果

図2は当該斜面における変動解析結果を示したものである。この結果から台風12号前後において斜面下方に最大2.5mの地表変位を生じていることが読み取れる。現地踏査、地盤伸縮計観測の結果から、斜面内の地表は最大3mの変位が確認されており、これらの結果と調和的であった。そして当該斜面の変位量は、周辺斜面に比べ非常に大きく、今回活動した地すべりブロックの特定が可能となった。

また、斜面末端部の国道の路面陥没は、地すべりに起因したものではなく、豪雨による道路盛土の不安定化によるものであることも考えられたが、今回の解析結果から、当該地すべりの頭部から末端部にかけてブロック全体がほぼ一様に下方へ移動していることがわかり、地すべりブロック末端部の押出しによるものであることが裏づけされた。

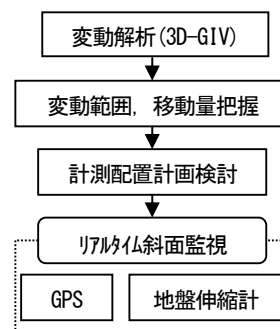


図1 全体フロー

3. GPS(shamen-net)等によるリアルタイム監視

変動解析や現地踏査、台風前の観測結果等に基づいて計測配置計画を検討し、リアルタイム斜面監視を開始した。

図3は計測配置図及びGPS変動状況を示したものである。今回は3次元変位の取得が容易で斜面全体の挙動把握が

可能な GPS (shamen-net) と、設置・メンテナンスが容易で亀裂等の個別変位を把握するのに適した地盤伸縮計を組合せ、いずれも遠隔地から変位状況を把握できるリアルタイム監視とした。

監視に関しては、施工性や緊急性を考慮して順次各計測機器を設置・観測してゆくものとし、まずは斜面下部を通過する国道沿いの計測の優先し、国道路面における 2 箇所の GPS 観測を開始した。

次に台風 12 号時に大きな変位を記録した斜面内の亀裂や滑落崖、凹地等に対して合計 7 箇所の地盤伸縮計設置し、現在まで計測を行っている。

図 3 に示すように、GPS では計測中の 2 箇所とも斜面下方へ 2mm/月程度の累積する変位を示している。また地盤伸縮計では、頭部滑落崖部に設置した箇所 (S-1, S-3, S-6) を中心に累積変位が確認されており、特に図 4 の S-3 の事例のように、降雨時には急激な変位が認められる。

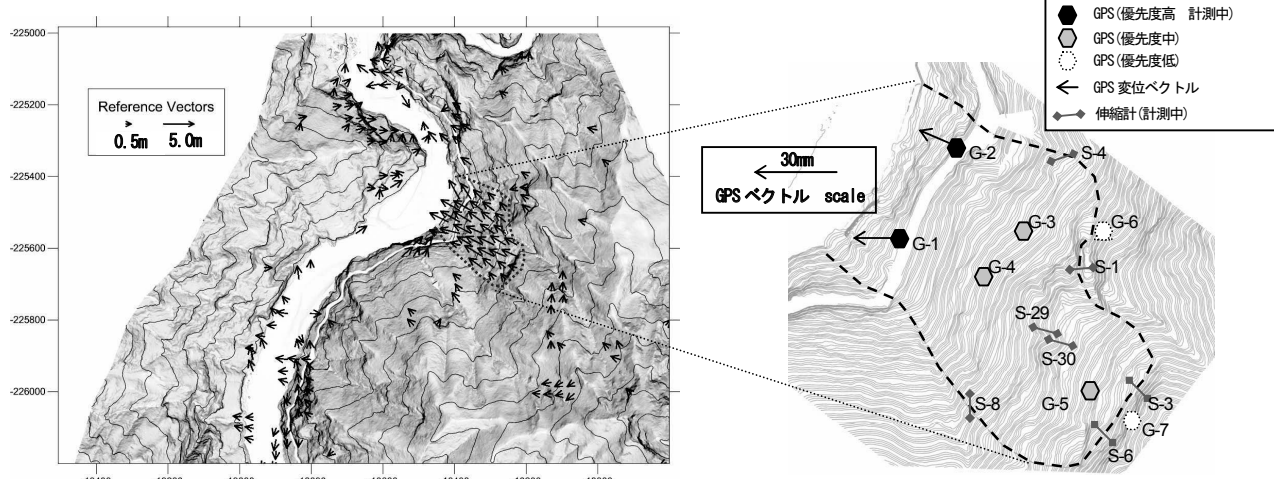


図 2 2 時期比較 (2006. 10-2011. 9) による変動解析結果

図 3 リアルタイム監視計器配置図及び GPS 変動図

4. まとめおよび今後の課題

- ① 航空レーザ計測データの 2 時期比較によって、台風 12 号による折立地区斜面の変動範囲、変動方向が明らかになり、その結果に基づいて効率的なリアルタイム斜面監視を開始することができた。
- ② 折立地区の斜面変動は、斜面頭部から末端部にかけてほぼ一様に下方に変動していることがわかった。
- ③ 斜面下部の国道に設置した GPS では現在も斜面下方に累積変位している。
- ④ 頭部滑落崖や斜面内の亀裂、凹地にて計測中の地盤伸縮計では、特に頭部滑落崖部を中心に顕著な累積変動を示している。
- ⑤ 以上から、現在の斜面監視を引き続き継続する必要があるとともに、斜面全体の挙動状況の精度向上を図るため、GPS を斜面内に追加し、斜面全体の累積変位や降雨解析に基づく不安定機構の検討を進め、今後の斜面監視及び対策工検討につなげてゆく予定である。
- ⑥ さらに、GPS によって得られる地表面変位ベクトルを用いた逆解析によるリアルタイム斜面監視と安定度評価を行うシステムの構築を検討中である。

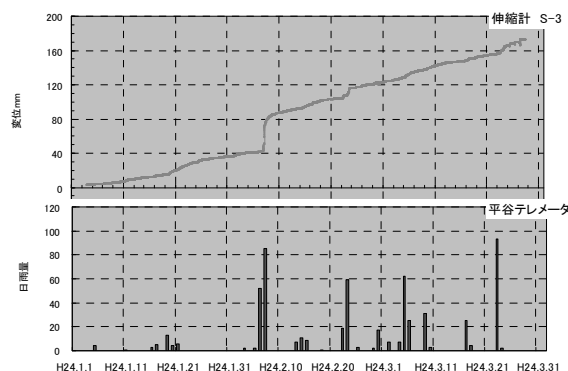


図 4 地盤伸縮計変動図 (S-3)

参考文献

- ・ 櫻井春輔・清水則一 (1993) : GPS による切り取り斜面の変位測定と計測結果の逆解析に基づく安定性の評価, 地盤と建設, Vol. 11, No. 1, P129-138
- ・ 向山栄 (2010), 2 時期のレーザ地形画像マッチングによる地すべり移動量の計測, 平成 22 年度 (社) 地すべり学会関東支部シンポジウム講演予稿集, P25-31
- ・ 武田浩志・向山栄 (2010), 画像マッチング方法による地すべり移動量計測の精度検証, 日本写真測量学会平成 22 年度秋季学術講演会発表会論文集, P5-8
- ・ 齋藤克弘・菅原誠人・伊藤俊介・柴田俊彦・鶴殿俊昭・武田大典 (2010), 航空レーザ計測データを用いた七五三掛地すべりの移動状況解析, 平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集
- ・ 岩崎智治, 清水則一, 増成友宏, 佐藤渉, 原口勝則, 大島洋志 (2012), 斜面安全監視のための GPS 自動変位計測システム, 応用地質, 第 52 巻 第 4 号, pp. 256-263