

## 画像計測による斜面挙動のモニタリング

福井県小浜土木事務所

三木浩史

国土防災技術 柳瀬正寿 小川内良人 ○石塚佳年

飛鳥建設 近久博志 小林 薫 阿保寿郎

### 1. はじめに

地すべりや崩壊の挙動を面的に計測することは、すべり面の形状の推定、ブロック区分、対策工の位置や工法の決定、着工箇所の優先度の決定に使用される基礎データを得るために非常に重要である。現在普及している計測のなかで、地山が挙動している部分の特定を面的に行う手法として近年、市販のデジタルカメラを適用した精密写真測量が試みられている。しかし、過去の適用実績は、地山が比較的安定している斜面での事例<sup>1)</sup>や、人為的に数個の標点を動かしその変位を求めた実験例であり、実際に地山が挙動している自然現象をとらえた例は少ない。

本報告では、継続して変動が観測できる斜面に、精密写真測量を適用し、伸縮計による結果と比較することで、モニタリングへの精密写真測量の有効性を示す。

### 2. 対象現場概要

精密写真測量による地山の挙動監視は、福井県小浜市田烏に位置する国道162号沿いの地すべりの斜面(斜面長130m、幅120m、面積8,000m<sup>2</sup>)を対象とした。平成16年3月、前年度に供用開始した国道沿いの法面(直高50m)を含む山腹で、大規模な地すべりが発生した。図-1にその場所を示す。それ以降進行性破壊により、同年5月中旬には、地すべり亀裂(滑落崖)をはさむ位置に設置された伸縮計で約10mm/日の伸びが観測された。

図-2に対象現場の平面図を示す。斜面上部には明瞭な滑落崖と陥没帯が形成され、斜面下部の道路が隆起している。地すべりに伴い、国道法面も大きく変形し、道路を閉塞した。同年5月に、排水ボーリングを行い斜面の間隙水圧を下げることで安定を図った。その結果、6月初旬に伸縮計の計測値が収束し、対策工の効果が確認された。しかしながら、以降も豪雨や大規模な地震の際は、再度の地すべりが発生することにより迂回路の閉塞が懸念された。そこで、多点を同時に計測し面的な地山の挙動を把握するために精密写真測量を採用した。

測量の対象は、写真-1に示すように国道法面の範囲とし、滑落崖をはさんだ地すべりブロック内(以下A部)と、地すべりブロック外(以下B部)である。撮影画像例を写真-2に示す。

### 3. 撮影方法および解析

図-3に示すように白色のプラスチックボード(30cm×30cm)に、直径20cmの黒色の円をマーキングしたものを標点とし、測量範囲に適宜19点配置した。同時に、両端に標点と同様のボードを設置した基準尺を5セット設置した。総解析点数は29点となる。(写真-2)

撮影位置は、図-2に示すように測量対象の中心から斜距離で約180m離れた範囲より5箇所選び撮影の定位置とした。収斂角は約13度であった。撮影に使用したカメラは市販の一眼レフタイプのもので有効画素数は約630万画素(3088×2056ピクセル)である。焦点距離

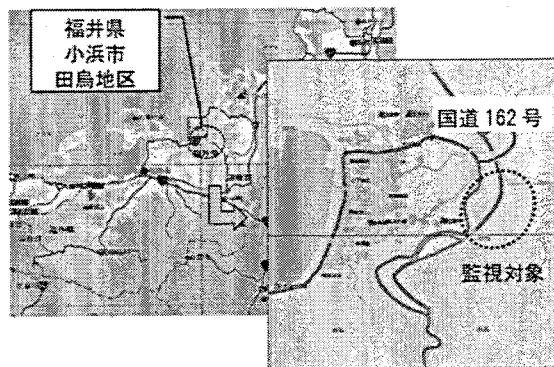


図-1 監視対象位置

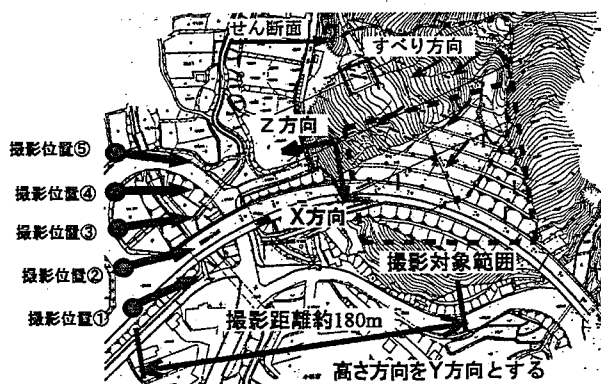


図-2 撮影位置および監視対象範囲

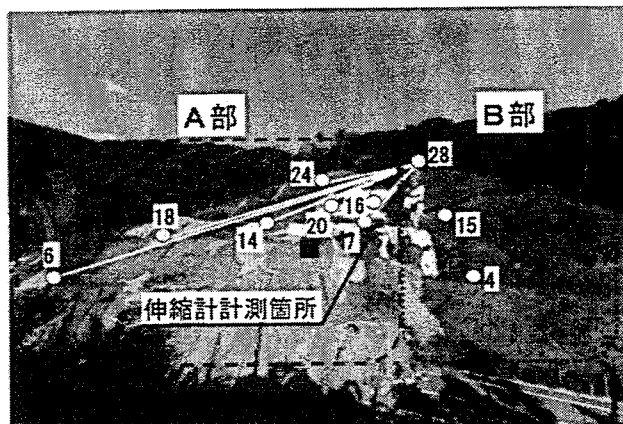


写真-1 監視対象および標点間距離算出箇所

は約 55mm (35mm フィルム換算で約 88mm) である。

解析は、Self Calibration 付バンドル法<sup>2)</sup>を用いた。

#### 4. 写真測量による挙動監視結果

撮影は 6 月 25 日から、月に 1~2 回の頻度で 11 月 12 日まで計 9 回の撮影を行った。計測結果の計算上の精度を表-1 に示す。解析結果は、3 次元の座標値として示されるが、不動点を確保できないため基準点なしの解析を行った。特に動きの方向を示しやすい特徴的な標点を写真-1 に示すように A 部から 6 点 (No.6,7,14,16,20,28) 選択し、B 部の最上端にある標点 No.28 との標点間の距離を求める。その時系列の伸縮量を折れ線グラフで図-4 に示す。同時に日降雨量を棒グラフで、併せて示す。当初予想されていた梅雨期での伸びは、標点 No.28-14 間で約 40mm であり、梅雨明け後 8 月末までの法面は安定しており目立つ挙動はみられなかった。しかし、9 月 29 日、10 月 20 日に現地を通過した台風 21 号 (小浜市降雨量 110mm/日)、台風 23 号 (同 232mm/日) の影響で、各標点間で大きな伸びが発生し、特に標点 No.28-7 間では 9 月 3 日~11 月 12 日で最大 225mm の伸びが観測された。同時期の伸縮計の結果でも、320mm の伸びが記録されており、近年まれな 2 つの大型の台風による集中豪雨が、さらなる変動を引き起こしていることが確認された。

写真-3 は、B 部の 3 点 (No.4,15,28) を不動であると仮定し、初期値の解析の際に得られた座標を基準点として、7 回目の測量結果を算出し、初期値と比較した 3 次元変位量を画像上にコンタで示したものである。滑落崖近傍に示される部分は、コンタラインが密になっており最も大きな変位を示す。

この付近は対象範囲内ですべり方向に対し最も勾配が急であり、法先端に擁壁や盛土などのすべりの支障がないため、大きく変位が生じた小ブロックと考えられる。

#### 5. まとめ

本計測監視において、精密写真測量を行い、標点間の距離の伸縮量による時系列的な挙動を捉えることができることを示した。また、伸縮計による計測で大きな変位が発生した時期に、精密写真測量による計測結果でも同様の傾向が示され、かつ斜面の面的な挙動を示すことができた。

以上のことから、斜面の面的な計測に、精密写真測量を用いることは有効であることが示された。

#### 参考文献

- 1) 境, 谷, 筒井, 阿保: 奥行き方向に広がる長大切土法面の挙動監視への精密写真測量の適用: 土木学会第 57 回年次学術講演回講演概要集 IV-298, pp.595-596, 2002.
- 2) A.Okamoto: The Model Construction Problem Using the Collinearity Condition, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, No.50, No.6, pp.705-711, 1984.6.

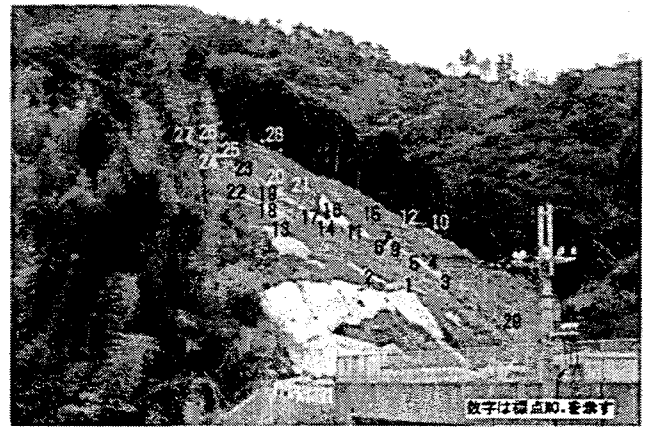


写真-2 解析に使用した画像 (撮影位置⑤から撮影)

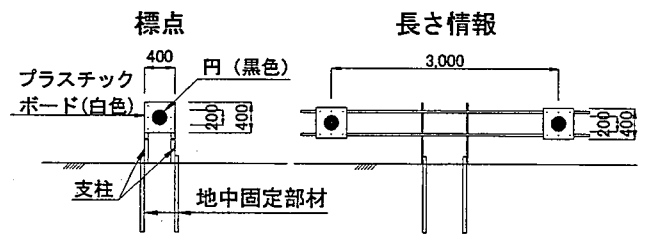


図-3 標点、長さ情報

表-1 測量精度

1~9回の写真測量の平均内的誤差	
XY(mm)	Z(mm)
7.35	15.45

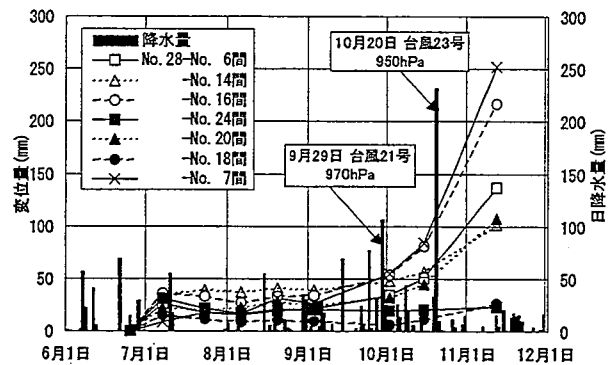


図-4 標点間距離伸縮量結果



写真-3 各標点の変位量コンタ