

第III部門 精密写真測量を用いた斜面モニタリングに関する研究

京都大学工学部地球工学科 学生員 ○長野 洋平  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 大西 有三  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 西山 哲

1. はじめに

日本を含むアジア諸国は、急峻な地形と脆弱な地質のため斜面崩壊や地すべりが発生しやすい環境にある。このような中でこれらの災害に対する取り組みは社会問題であり、被害を最小限に食い止める必要がある。本研究では、これに対する有効な手法としてデジタルカメラを用いた精密写真測量手法を道路斜面の変位の検知に応用し、その適用性について検討した。精密写真測量は、対象物を様々な方向から撮影してその画像上での座標をもとに共線条件式をたて、これを最小2乗法で解いて対象点の三次元座標を求める手法である。

2. 計測方法

斜面の計測において、変位計測の基準となる固定点や基準点を計測対象の範囲内、あるいは近傍に設置することが望ましいが、広範囲に変位の変位が想定されるような箇所での計測においては、計測対象にあらかじめ座標がわかっている基準点の設置は困難であることが多い。その場合、観測方程式の係数行列にランク落ちが発生する。そこで解析には、基準点をおかずランク落ちを残したまま解く方法であるフリーネット解法を用いた。そして、計算から得られた三次元座標を用いて、任意の3点から形成される三角形の面積ひずみにより斜面の動態を観測した。図-1 にその考え方を示す。この場合面積ひずみ率は0.1%となる。また評価基準として表-1 に示す

管理基準値を用いた。

対象法面は、静岡県に位置する第二東名高速道路桂島工区の法面（高さ 50m、幅 200m、奥行き 120m）である。図-2 に計測対象の全景写真を示す。この法面は過去にすべり崩壊をしたため、施工段階および維持管理段階において注意深く観測することが必要である。次に計測条件について述べる。使用したカメラは Nikon D100 (3008×2000 pixel) で、レンズの焦点距離は上段に対しては 50mm、下段に対しては 35mm である。斜面に 111 個のターゲットと 26 箇所の長さが既知である基準尺を設置した。撮影位置は道路開通後においても同一位置からの撮影が行えるよう、相対する法面上および保護路肩部の 22 地点とし、撮影枚数は 76 枚とした。

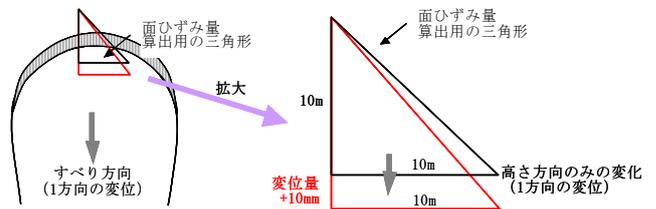


図-2. 変位と面積ひずみ量の概念図

表-1. 面積ひずみを用いた管理基準値

対応区分	点検・要注意または観測強化	
	(建設段階)	(管理段階)
基準値	5mm以上/10日	10mm以上/30日
計測頻度	1回/15日	7.5mm以上
換算値	1回/30日	15mm以上
面積ひずみ量 (%)	1回/15日	0.075
	1回/30日	0.15

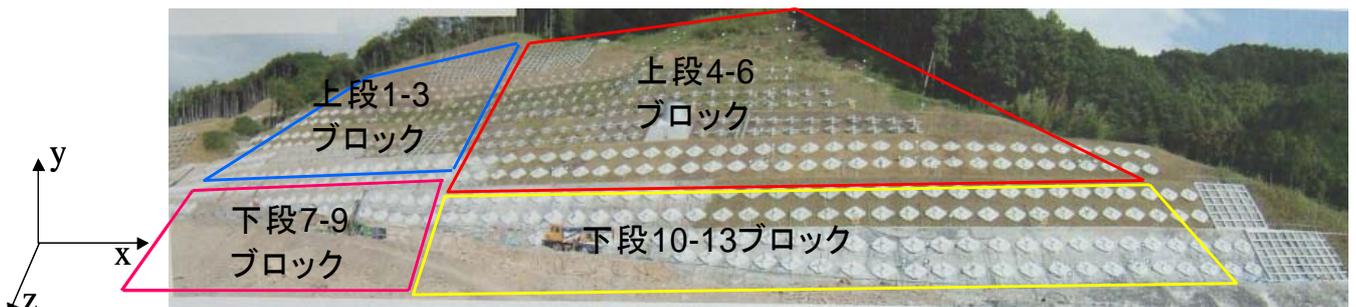


図-1. 対象法面の全景

### 3. 計測結果

計測結果について述べる。内的精度は、対象点座標推定値のばらつきの範囲をあらわしており、計測の正確さを示す。5回の計測において全ターゲットの座標値の計算結果の平均を求めた。その計測結果を表-2に示す。x, y, z軸方向は図-2に示すとおりである。

この結果から、対象法面に対して安定して計測ができていくことがわかる。計測結果のばらつきはいずれも約 2.7mm であり、撮影条件が適切であれば、ほぼ同じ計測精度で再現することが可能であるといえる。また、下段に比べて撮影距離が長くなる上段の撮影では(図-3 参照)、焦点距離の長いレンズを使用することによって写真上の像のサイズを同じにしているため、精度の低下がなく計測できていることがわかる。

次に、計算から得られた対象点の三次元座標を用いて斜面の動態を検証する。例として、上段 4-6 ブロックの 11 月 15 日と 11 月 28 日の解析結果から計算した面積ひずみを図-4に示す。解析を行った期間内では、局所的に大きなひずみを示す箇所は見られなかったため、大きな変位は生じていないと考えられる。

### 4. まとめ

本研究では、精密写真測量を斜面に適用した際に発生する問題点に対して、フリーネット解法と面積ひずみを用い、斜面変位の管理を行った。

撮影距離が遠く、また撮影位置が限られる場合においても適切な撮影形態をとれば高精度で計測を行うことが可能であるため、斜面モニタリングに十分対応できることがわかった。面積ひずみについては、視覚的にあらわすことにより危険箇所の特定が容易になり、特に変位が大きい地点には重点的に対策工を施すことが可能となる。

今回の解析では一定の期間ごとに撮影されたデータを用いたが、その間に変位が発生する可能性は十分にある。定期的な観測で変位の兆候が見られた場合には、早急に再度計測を行い、同一の箇所にひずみが発生していれば、その箇所に関して撮影の頻度を上げ重点的に斜面の導体を観測する必要があると考えられる。さらに現場へ普及していくためには、

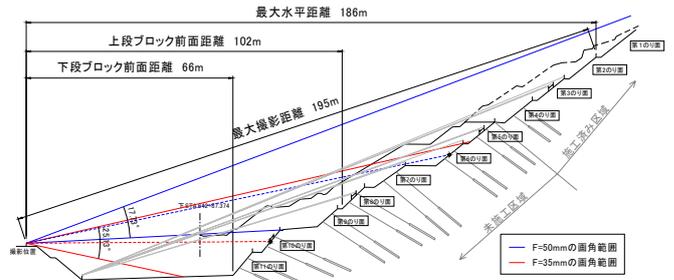


図-3. 対象法面断面図

表-2. 計測結果(単位:mm)

対象領域	日付	9/24	10/3	10/28	11/15	11/28
上段1-3				3.037	2.816	2.943
上段4-6		2.602	2.967	2.802	2.687	2.72
下段7-9						2.77
下段10-13						3.438

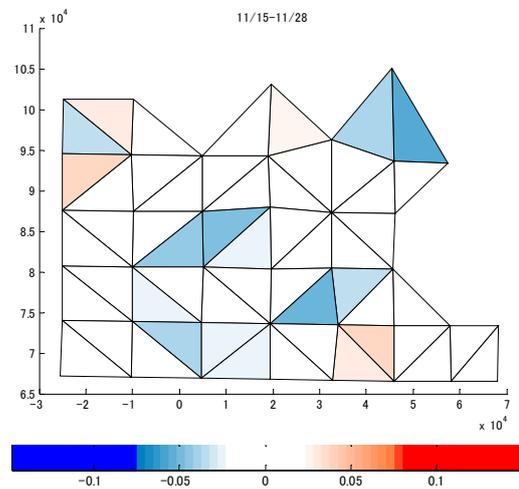


図-4. 面積ひずみの分布図

画像枚数や撮影地点などと計測精度の関係を明らかにするなど最適な撮影形態の確立やターゲットを用いない手法の開発が必要である。

### 参考文献

- 1) 秋本圭一・服部進：画像計測の基礎，岡山職業能力開発短期大学交紀要，Vol.11,pp.23-38, 1997
- 2) 五洋建設株式会社・飛鳥建設株式会社・第二東名高速道路桂島(その2)工事共同企業体：桂島地区のり面写真計測工報告書，2005