

Ⅲ-14

望遠画像による簡易岩盤モニタリングの検討

日本大学工学部 正員 田野久貴

1 まえがき

現場では亀裂が開き大きくゆるんだ岩塊はしばしば観察される。このことは、自然斜面の中には大きく変位してただちに不安定にならないものも多く存在することを意味している。このような場合、比較的大きな変位が期待できるので精度は高くなくてもよいが対象箇所が多く、また、継続した観察が必要である。これらの背景を考慮すると簡便で安価なシステムの確立も必要であろう。このような観点から、写真画像を用いた変位解析の確立を検討しているが、本報告ではそのシステムの紹介と分解能や地上実験の結果を報告する。

2 観測システム

2.1 撮影機材 種々の現場で用いることを想定すると、対象斜面までの距離は数百m、精度は数mm程度を確立する必要がある。ここでは撮影距離約400mを考えている。したがって、まず望遠レンズが必要となるが市販の超望遠レンズは次の二つの点で不適当である。第一はその価格の高さであり、第二は一般写真としてはとまかく測定用としては収差等の点で難があるからである。焦点距離としては対象距離の100分の1程度が必要とするとその値はおよそ4000mmとなる。市販品ではこのような写真用レンズは存在しない上、あっても使い勝手がわるい。そこで天体望遠鏡用対物レンズを直焦点として使用することとした。構築したシステムを表1に示す。F値は約34と一般写真と比較すると非常に暗く露光時間は長くなるのでシャッターぶれに注意する必要がある。一般の架台や三脚は不向きなので、現時点では経緯台に5kgfの重錘を取り付け風防用テントを使用している。シャッターボタンを直接押すことはブレの最大原因となるのでカメラには電磁リリースを使用する必要がある。フィルムはISO400を用いているが乳剤の粒子性にも注意が必要である。

2.2 画像処理の方法：銀塩写真画像を読み込む方法としては図1のような方法がある。当初は四つ切りに引き延ばしたポジをディジタイザーで読み込んでコンピュータで処理していたが、精度の向上が望めないのでフィルムスキャナーを使用し、画像処理ソフトを用いることとした。

3 模擬実験と画像処理

3.1 撮影方法：撮影は構内で行った。写真1に示すようなボード（1.8×0.9m）を3階の屋上に用意した。これ

撮影レンズ	焦点距離 1000mm
コンバーターレンズ	1.9倍
カメラ	一眼レフカメラ
撮影架台	経緯台
フィルム	35×24mm、ISO400
スキャナー	最高解像度 3888画素/inch

表1 撮影及び画像読み取りシステム

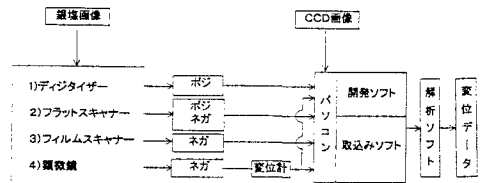


図1 画像取込みの方法

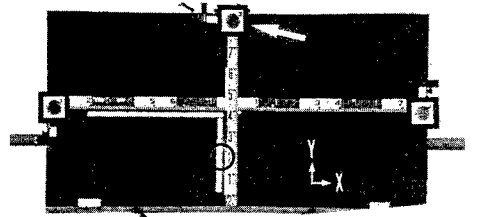


写真1 標識板の望遠写真の例（距離400m）
（矢印：標識板，○印：スケール）

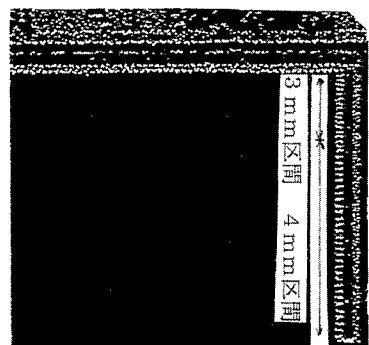


図2 分解能チェックのためのスケールの2値化画像の例

を400m離れた地上より撮影した。このボードには撮影中心を設け、カメラのファインダースクリーンの十字線が常にこれと一致するようにした。また、このボードには3個の標識板を設置し、その中心には光波測距儀用反射プリズムが設けてある。これらは三次元方向に移動可能な目盛りを有する微動架台に取り付けられている。撮影中心を2本の測量用幅広の巻き尺の交点とし分解能のチェックのため、別途に2、3および4mm幅にそれぞれ目盛ったスケール2本を、L形を度横にした状態に配置してある（写真1参照）。

3. 2 画像処理：現像したネガフィルムはフィルムスキャナーの最高解像度で読み込んだ。一枚約29メガバイトである。読み込んだ画像はフォトショップで前処理したのち、画像処理ソフトで補正後2値化して画像計測を行った。

4 解析結果

4. 1 分解能：図2は前述のスケールの部分のみの2値化処理後の画像である（縦方向のスケール目盛りを強調処理したため横方向スケールはつぶれている）。これを見るとスケール右側部の2mm間隔目盛り区間はつぶれて識別不能である。一方、左側の3mm（上部約3分の1）、4mm（中～下部3分の2）区間は識別可能である。それぞれの目盛りの個数が異なるので、判読された各目盛り値の個数を全体に占める割合で表したものが図3である。これらを見ると3mmと4mmの各目盛りのとも約70％は正しく判読されていることがわかる。

4. 2 変位量の計測：撮影中心にレンズを固定したまま3個の標識板を一方向のみ、および二方向同時に移動させて、各変位ごとにそれぞれを撮影した。得られた各写真画像の撮影中心を一致させて対応する標識板の、たとえば図心の座標値の差から求められる。図4に一方向（左右；X方向）のみ、表2に二方向（左右、上下；Y方向）同時に移動させた場合の解析結果を示す。一方向にのみ1mm～9mmまで変位させた場合の測定結果のばらつきはほぼ±1mmの範囲に入っていることがわかる。一方、二方向の場合には標識板を2mmずつ10mmまで移動させたが、6mmの場合のY（上下）方向を除くと、ばらつきはおよそ±1.5mmの範囲にある。

以上のように、条件が良ければ400m遠方においても現在のシステムを用いて2mm程度の鉛直面内（左右・上下）の変位を識別出来る可能性がある。Z（奥行き）方向の変位の解析は原理的には2方向の画像を用いることで可能であるが、実際には鉛直面内のそれより精度は数分の一であるため、本測定が一つの目安となる。これについても現在検討を行っている。今回は焦点距離3600mmを用いたため、解析上の分解能が1.1mm／画素となり、これが観測値の分解能や精度に大きく影響している。現在4000mmを越えるレンズを準備している。なお、このシステムを用いてある現場のモニタリングを実施中である。本研究の一部に平成10年度文部省科学研究費補助金（基盤研究）の交付を受けた。また、建設省東北地方建設局福島工事事務所の関係各位に謝意を表す。

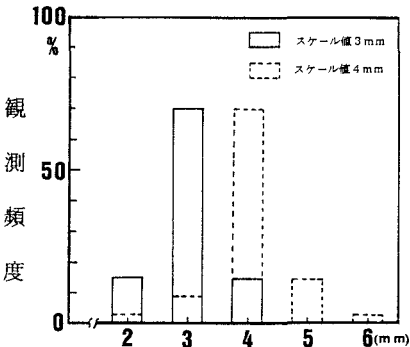


図3 スケール値判読結果（3mm、4mm）

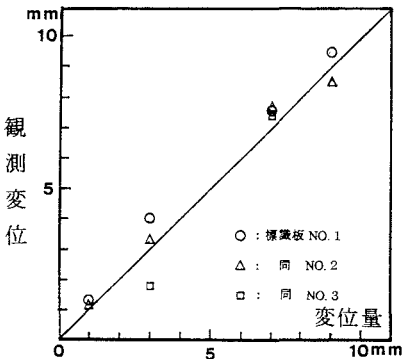


図4 一方向（X方向）移動の場合の観測値

変位量 mm	変位方向	標 識 板 NO.			
		1	2	3	平均値
		画 像 解 析 に よ る 測 定 値			
2	X	2.2	2.2	2.2	2.2
	Y	2.2	2.2	3.3	2.6
4	X	4.4	2.2	5.5	4.0
	Y	4.4	4.4	2.2	3.7
6	X	7.7	8.8	1.1	9.2
	Y	3.3	3.3	2.2	2.9
8	X	7.7	8.8	1.1	9.2
	Y	8.8	9.9	8.8	9.2
10	X	9.9	6.6	9.9	8.8
	Y	9.9	3.2	6.6	9.9

表2 二方向（X、Y）同時移動の場合の観測値