

(Ⅲ－１) デジタル写真を利用したのり面挙動監視システムの開発

株式会社熊谷組 正会員 渡邊弘行
正会員 蓮池康志
アジア航測株式会社 寺田常夫

1. はじめに

土砂地盤でのり面崩壊の防止を目的とし、デジタルカメラとパソコンを使用してのり面表面の変動量を把握するシステムを開発した。本システムは、のり面をデジタルカメラにより撮影しその画像データからのり面表面の変動量を算出するものであり、従来の定性的な目視監視や局所的な計測監視に比べて、広域的なり面監視を定量的かつ効果的に行うことが出来るものである。デジタルカメラによる撮影が可能なり面であれば監視が可能であり、比較的容易に定量的なり面監視業務を実施することが出来る。本報告では本システムの概要について述べるとともに、室内基礎試験と屋外試験の結果に関して報告する。

2. システム概要

本システムは、デジタルカメラを使用した立体写真測量の技術を基礎とし、2つのデジタル画像を解析処理して得られる3次元座標を基本データとしてのり面表面の変動量を求めている。

計測計器等による計測と比較した変動量把握のイメージを図-1に示す。計測計器等による計測では、あらかじめ設定した計測点を追いかけて変位を把握する。一方、本システムでは多数に分割した領域の撮影時の表面高さを算定し、その経時的な変化から表面の変動量を把握しようとするものである。このように、面で変動量を評価することによって、デジタル画像に含まれる豊富なデータを効果的に利用することが出来る。

本システムが、点の動きを測る従来の計測や測量等と基本的異なるのは、のり面表面を連続面として評価し変動量を把握する点と、測定媒体をのり面に設置する必要が無いところにある。そのため本システムは、計測計器等による方法と比べて表-1に示すような長所を有している。

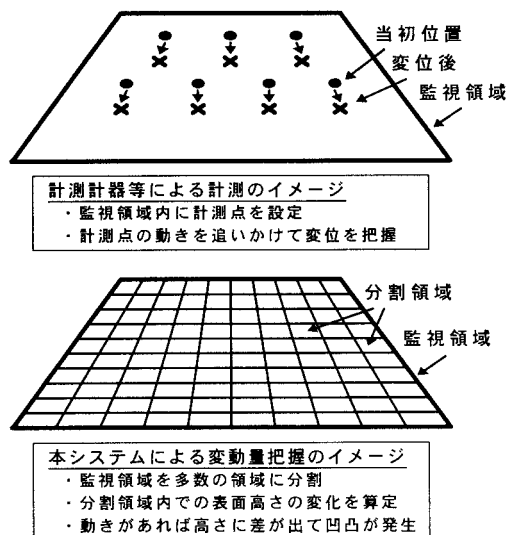


図-1 のり面での変動量把握のイメージ

表-1 本システムの長所

項 目	本システムを用いた のり面監視の場合	計測計器等を用いた のり面監視の場合
監視の漏れ	写真撮影による「面」の監視になる為、撮影範囲内での監視漏れはない。	設置個所での「点」の監視となる為、監視漏れの可能性がある。
監視範囲の広さと費用	監視範囲を広くした場合、撮影回数は増えるが費用には基本的に影響しない。	監視範囲の広さに比例して計測計器等にかかる費用が増加する。
監視範囲の設定に関する自由度	監視範囲の設定や変更等が容易に行える為、自由度の高い監視業務が行える。	当初設定した監視範囲を変更するのは容易でない為、事前の検討が大変重要になる。
監視業務の安全性	離れた場所からの撮影で良い為、安全に監視業務が行える。	設置やメンテナンス等の為に危険個所に立ち入る必要がある為、安全に対する十分な配慮が必要となる。
広域的な のり面管理 の方法	広域的なり面管理を撮影データに基づき定量的に行うことが出来る。	広域的なり面管理では、目視や踏査等の定性的な管理が主体となる。

キーワード → 土砂地盤、デジタル画像データ、のり面挙動監視、立体写真測量、デジタルカメラ

連絡先 → 住所：東京都新宿区津久戸町2-1、電話：03-3235-8647、FAX：03-3266-8525

3. 室内基礎試験

本システムの基本的な性能を把握する目的で、室内基礎試験を実施した。試験は、本システムでの1点の計測値と体積算定値に着目し、トータルステーションならびにアナログ式写真測量と比較検討したものである。試験では 600 万画素クラスのデジタルカメラを使用した。試験概要を表-2 に示す。

1 点の計測値に関しては、トータルステーションの計測値 (U_0) を基準とし、誤差を「 $D = \sqrt{[\sum (U_0 - U)^2] / n}$ 」と定めて評価した。その結果、X 座標の誤差については焦点距離 35mm の平均値で 3.3~3.8mm、焦点距離 135mm で 3.0mm となった。また、モデル傾斜角については、モデルの直上方向から撮影した方が誤差が小さい傾向が見られ、焦点距離 35mm の 90 度の場合、X 座標の平均値で 2.8mm となった。一方、写真測量の誤差はデジタルカメラの場合とほぼ同等で、X 座標の平均値で 3.8mm となった。

体積算定値に関しては、モデル寸法から算定した真値に対する誤差で評価した。その結果、デジタルカメラの場合の誤差は平均で約 0.7% であり、トータルステーションの約 0.5% と比べてほとんど差が無かった。写真測量の場合は約 0.4% であった。

1 点の計測値ではトータルステーションとの差が認められたが、体積での差は小さなものであった。これは、個々のシステムの座標系設定に関係するものと考えられる。体積誤差が小さいことからすれば、本システムをのり面全体の変形挙動把握に利用する基礎精度は確保されていると考えられる。

4. 屋外試験

システムの基本的な実用性を評価する目的で、室内基礎試験と同様のデジタルカメラを使用して模擬のり面による屋外試験を実施した。デジタルカメラの焦点距離は 35mm である。写真撮影と合わせてトータルステーションによる多点測量も実施し、本システムによる算出結果と比較した。

模擬のり面は奥行き 3.0m 高さ 1.9m (のり面長 3.55m) であり、こののり面を崩壊の兆候を想定した変形状態に整形して写真撮影した。撮影距離はのり先から 3.5m である。想定した変形状態は 3 種類であるが、全層崩壊を想定した場合の、本システムとトータルステーションによる算出結果を、変位コンター図として表したものを図-2, 3 に示す。コンター図の全体的な傾向としては、両者に大きな差は生じていないが、凸部分の形状に若干の差が見られた。これは、コンターを作成する為のデータ数の違いによるものと考えられる。

いずれのコンター図も視覚的に有用な図であるが、本システムで作成した方がより効率的である。

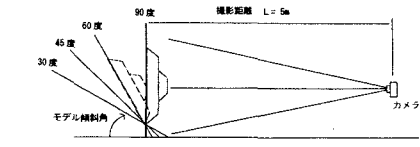
5. おわりに

室内基礎試験ならびに屋外試験により、本システムの基本的な実用性までは確認することが出来た。今後は実用化に向けて、実証試験等によりシステムの整備を進める予定である。

表-2 試験概要

計測システム	焦点距離	基線比	撮影形態	共通事項
デジタルカメラ	35mm	0.1	平行	◎撮影距離 L = 5m ◎モデル傾斜角 ① 30 度 ② 45 度 ③ 60 度 ④ 90 度
		0.2	収斂 ($\theta \approx 6$ 度)	
		0.3	収斂 ($\theta \approx 9$ 度)	
写真測量用カメラ	38mm	0.1	平行	
トータルステーション	—	—	—	

①基線比＝基線長（スリット間の距離）／撮影距離（L=5m）
 ②収斂：カメラが模型方向に内側を向く状態で θ はその角度
 ③撮影概要



④座標系

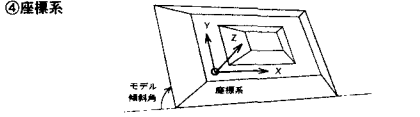
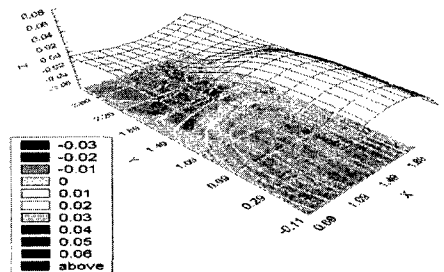



図-2 算出結果（本システム）

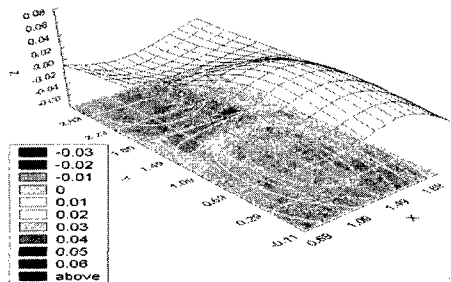


図-3 算出結果（トータルステーション）