

画像処理技術に基づく安全監視手法の適用

Application of a Monitoring System based on Image Data Processing Technique

豊田 雅博^{※1} 阿部 健一^{※1} 葛野 靖史^{※2} 磯田 和宏^{※2}
Masaharu Toyoda Kenichi Abe Yasushi Kuzuno Kazuhiro Isoda
小林 薫^{※3} 松元 和伸^{※3} 阿保 寿郎^{※3} 松田 浩朗^{※3}
Kaoru Kobayashi Kazunobu Matsumoto Toshiro Abo Hiroaki Matsuda

【要旨】

崩壊斜面の対策工事において地表面伸縮計が適用されていたが、対策工施工時にどうしても約1ヶ月伸縮計を撤去する必要が生じた。伸縮計が設置されていない期間において、合理的な安全監視手法の適用が望まれたことから、精密写真測量（TPhotoS）による伸縮量計測を実施した。精密写真測量は、特別な機器は必要がなく、現場では撮影するだけであるため、容易かつ経済的に安全監視を行うことが可能である。計測結果から、法面が崩壊に至るような危険な変位挙動は確認されず、安心して安全な対策工の施工を行うことができた。本現場では、伸縮計再設置後に、法面の様子を遠隔リアルタイム監視する目的で、ネットワークカメラによるWeb監視も適用しており、いつでもどこでもリアルタイムに法面の様子がWeb上で確認可能であった。

【キーワード】 精密写真測量 画像処理技術 モニタリング

1. はじめに

三重県多気郡宮川村（現 多気郡大台町）の道路斜面において、平成16年9月28日に台風21号に伴う豪雨による地すべりが発生した。平成17年5月から平成18年3月まで行われた本災害の復旧工事においては、施工時の安全管理を目的に地すべりブロックを挟んでブロック上部に設置された地表面伸縮計による安全監視が適用されていた。しかしながら、平成17年9月～平成17年10月に地すべりブロック上部のコンクリート法枠工施工のため、約1ヶ月伸縮計を撤去する必要が生じた。伸縮計が設置されていない期間において合理的な安全監視手法の適用が望まれたことから、これまでに崩壊法面の安全監視などに適用している^{1), 2)}、精密写真測量（TPhotoS）による伸縮量計測を実施した。精密写真測

量は、特別な機器は必要がなく、現場では撮影するだけのため、容易かつ経済的に安全監視を行うことが可能である。本報告は、精密写真測量による安全監視の適用結果について述べる。

また、本現場では、地表面伸縮計の再設置後に、法面の様子を遠隔リアルタイム監視する目的で、ネットワークカメラによるWeb監視も適用した。この結果についても併せて述べる。

2. 現場概要

現場は、三重県多気郡宮川村（現 多気郡大台町）に位置し（図-1参照）、平成16年9月の台風21号を崩壊要因の一つとした一般国道422号線における道路災害の復旧工事である。

1. 名古屋支店 宮川ヶ瀬作業所 2. 名古屋支店 土木部技術課 3. 防災R&Dセンター 技術研究所

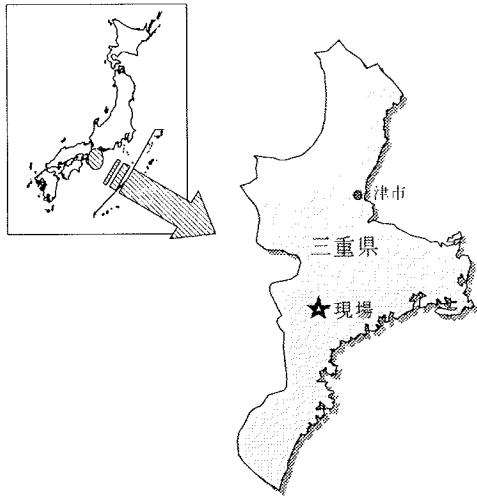


図-1 現場位置

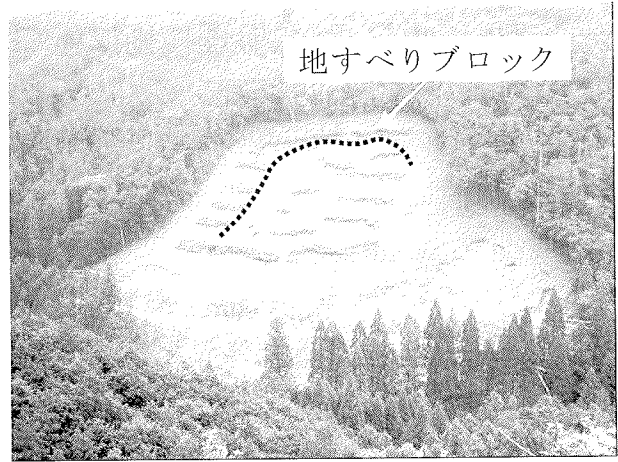


図-2 現場状況 (伐採後)

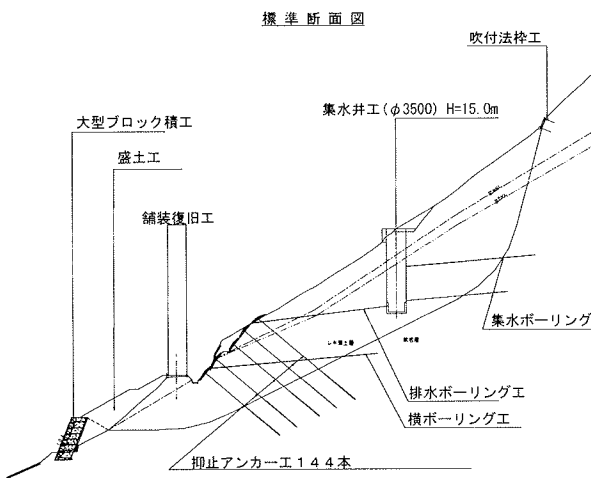


図-3 標準断面図

工事としては、伐採完了後（図-2参照）地すべり箇所吹付法砕工を施工し、その後集水井、地下水排除ボーリングの施工にて地下水位を下げ、法面崩壊箇所を抑止アンカー工により固定し、道路路肩崩壊箇所の大型ブロック積、盛土施工を行った（図-3参照）。

本工事においては、地すべりブロックを挟んで、ブロック上部に設置された地表面伸縮計により、施工中の安全管理を行っていた。しかしながら、コンクリート法砕工施工時に地表面伸縮計を一時撤去する必要が生じたため、その期間の安全監視手法として、精密写真測量（TPhotoS）による地表面伸縮計測を適用した。

コンクリート法砕工完成後に再び地表面伸縮計の設置した後、ネットワークカメラによる Web 監視も適用した。

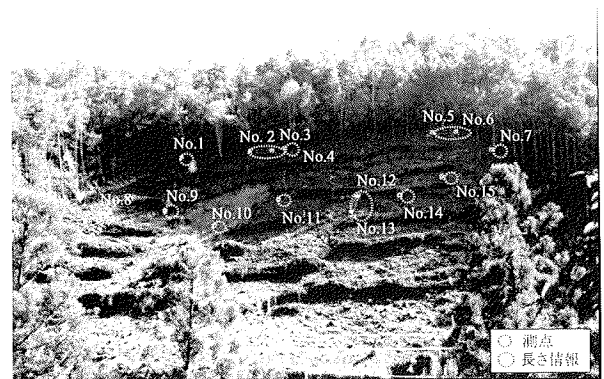


図-4 測点の設置状況

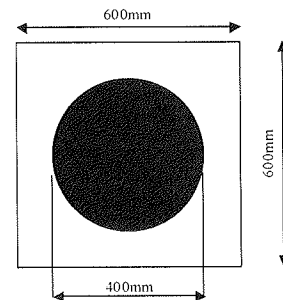


図-5 測点

3. 精密写真測量適用結果

3.1 精密写真測量の概要

精密写真測量とは撮影された画像から、計測点の3次元座標を求めるものであり、撮影・解析を繰り返すことで、計測点座標の変化量としてその間の変位が得られる。精密写真測量解析手法の詳細についてはこれまで多くの文献に示している^{例えば③}ことから省略する。

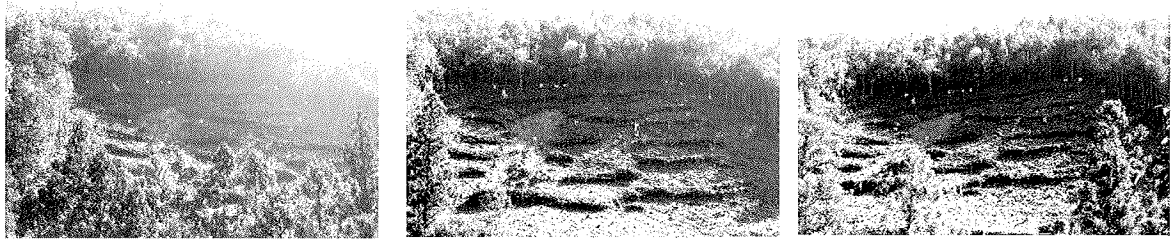


図-6 撮影画像の一例 (2005/9/12 撮影)

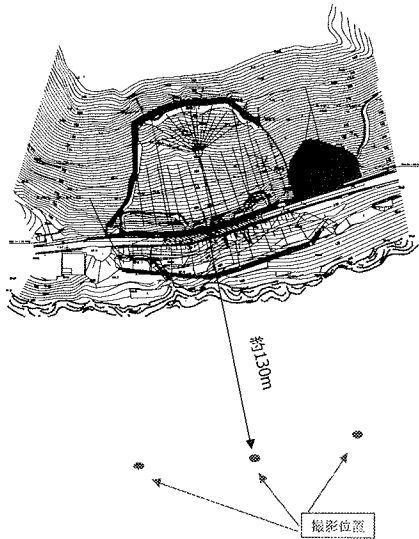


図-7 撮影位置概略図

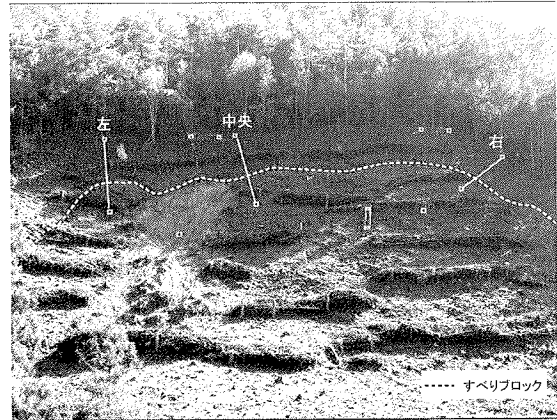


図-8 伸縮量計測位置

置した。基準尺は測点が移動しても、2 測点間の斜距離距離が変わらないよう設置している。設置した測点は計測点 9 点、基準尺 3 組 (測点 6 点) の計 15 点である。

3.2 測点配置と解析条件

測点の設置状況を図-4に示す。測点は、600mm×600mmの板の中心に400mmの円が描かれているものを使用し(図-5)、地すべりブロックをはさんで3~5m間隔で設置した。斜距離5mで設置した2つの測点を、長さ情報を得るための基準尺としており、これを3組設

3.3 画像取得

写真撮影は、対象法面の対岸側(法面より約130m)から撮影位置を変えて、2005/9/12から2005/10/12まで、雨天以外(撮影が可能な天候時)は毎日撮影を行い、その撮影画像から写真測量解析を行った。撮影には、一眼

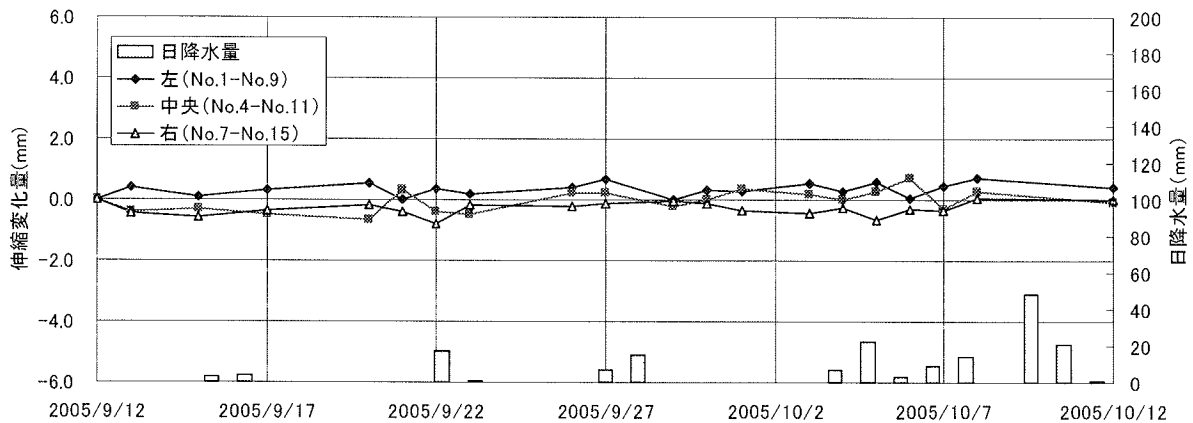


図-9 精密写真測量による測点間伸縮変化量

レフタイプのデジタルカメラ(有効画素数約600万画素)と、35mm 固定焦点のレンズを使用した。図-6に撮影画像(解析に使用した画像)の一例を示す。また、撮影位置の概略図を図-7に示す。

3.4 計測結果

測点 No.1-No.9間, 測点 No.4-No.11間, ならびに, 測点 No.7-No.15間が, 以前設置していた伸縮計の基線とほぼ近いことから(図-8参照), これら測点間の伸縮(斜距離)変化量に注目し, 2005/9/12の結果を基準値として伸縮変化量を求めた。計測結果を図-9に示す。なお, 現場付近で観測された日降水量を同図に併せて示す。

図-9より, 伸縮変化量に2mm程度のばらつきが認

められる。これは, 本解析において推定された精度(平均内的誤差)が3mm程度であったことから, 計測精度から考えると有意な値ではない。また, すべての伸縮変化量が2mm未満であることから, 2005/9/12から2005/10/12までの期間, 法面は安定していたものと考えられる。

5. Web 監視の適用結果

Web 監視の概要を図-10に示す。使用したカメラは32万画素のネットワークカメラである。本カメラの画像は, 管理者が発行するIDおよびパスワードにより, 利用者を制限している。本システムの設置状況を図-11に示す。

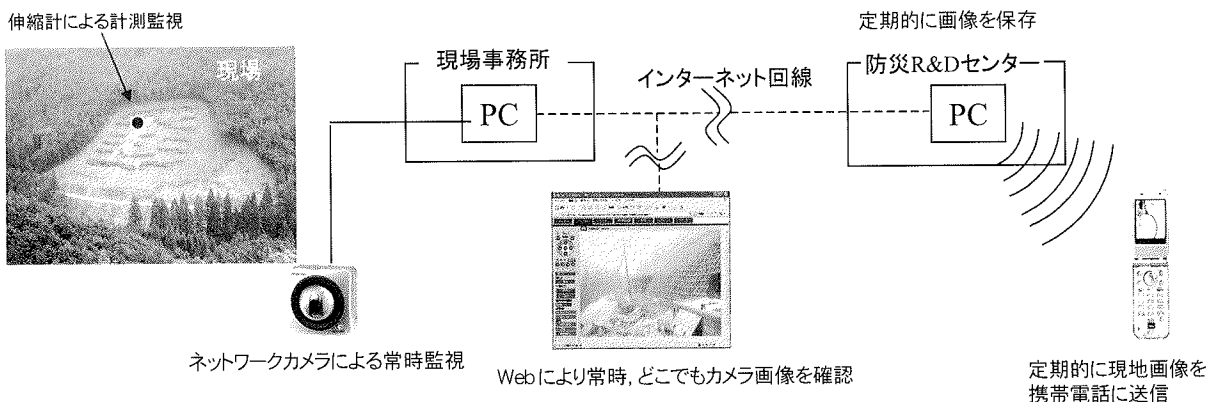


図-10 Web 監視の概要

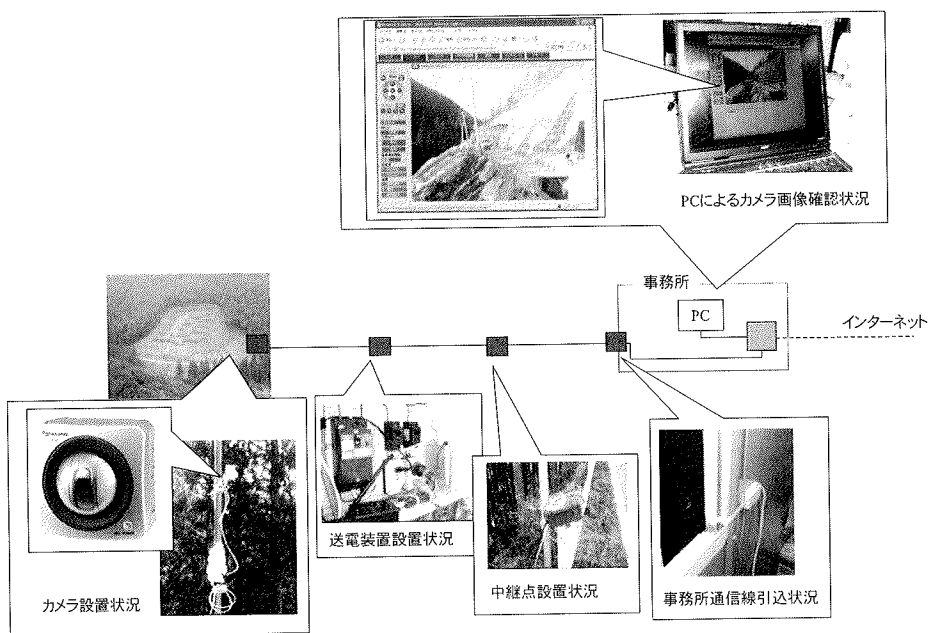
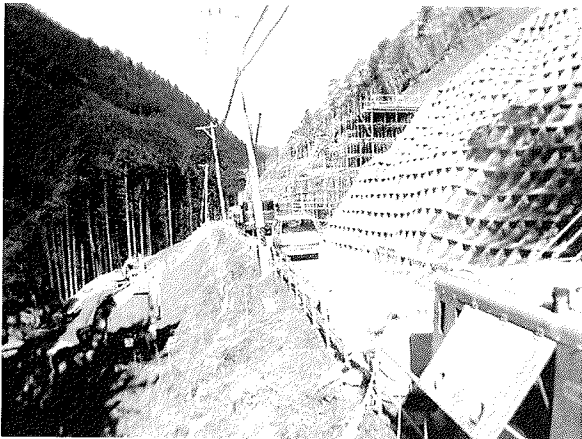


図-11 設置状況

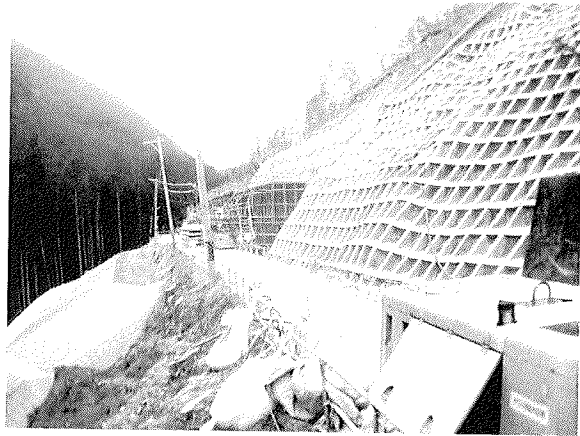
遠隔監視システムは、2005年12月より2006年3月の現場終了まで適用した。途中（2006年1月）カメラをその時点の施工箇所に近い場所に移動した。

図-12に本システムによる取得画像の一例を示す。本システムは、施工中および地震・大雨時の現場の遠隔監視に使用された。また、定期的（1時間毎）に画像を取

得後、遠隔地の技研内防災監視ルームのPCに送信・保管し、画像によるデータベースとして活用された。さらに、定期的に（1日1回）管理者の携帯電話に現地画像を送信することで、インターネットが使用できない環境においても、現地の様子を確認できることとした。



(a) 2005年12月2日



(b) 2006年1月1日



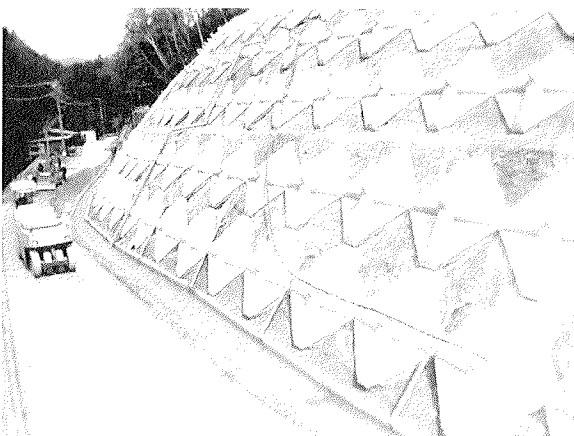
(c) 2006年2月2日



(d) 2006年2月16日



(e) 2006年3月2日



(f) 2006年3月14日

図-12 取得画像の一例

6. おわりに

本報告では、精密写真測量による安全監視の適用結果と Web 監視について示した。Web 監視は発注者にも一部開放し、画像を確認できるようとしたため、発注者からの信頼得るとともに高い評価を得た。

今後は、Web 監視から得られた画像から計測・評価を合わせて行い、より良い監視システムとなるよう開発を進めていく予定である。

【参考文献】

1) 三木浩史, 柳瀬正寿, 小川内良人, 石塚佳年, 近久博志, 小林薫, 阿保寿郎: 画像計測による斜面挙動のモニタリング, 平成 17 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.238-239, 2005.

2) 小林薫, 松元和伸, 塩谷智基, 熊谷幸樹, 田村琢之, 阿保寿郎, 本山寛, 柏木克之, 加藤一幸: 時間分割多重化による FBG 光ファイバセンサを用いたモニタリングシステム, とびしま技報, No.55, pp.156-161, 2006.

3) 近久博志, 中原博隆, 筒井雅行, 大西有三, 岡本厚: 岩盤空洞の不連続面分布調査に対する精密写真測量の適用法, 第 1 回岩盤工学シンポジウム講演論文集, pp.45-46, 1996.

4) 近久博志, 小林薫, 中原博隆, 松元和伸, 筒井雅行, 熊谷幸樹, 阿保寿郎: デジタルカメラを利用した精密写真測量による大規模切土法面の挙動監視, ダム工学会第 12 回研究発表会講演集, ダム工学会, pp.28-30, 2001.

Summary During countermeasures work for a collapsed slope, displacement monitoring by precise photogrammetry (TPhotoS) was applied to this slope. The proposed method can be used to monitor the stability of a slope easily and economically, because it only needs taking pictures of the site. This paper presents the results of measured displacement by precise photogrammetry. A web monitoring system by network cameras was also applied. It was shown that the behavior of a slope was monitored by a web monitoring system anytime and anywhere.

【Keywords】 precision photogrammetry, image data processing technique, monitoring