

# CCD カメラ斜面監視システムを用いた 地すべり予知に関する研究

横河工事(株) 正会員 別所 正治  
長岡技術科学大学 環境・建設系 正会員 宮木 康幸  
長岡技術科学大学 環境・建設系 正会員 鳥居 邦夫

## 1. はじめに

道路や鉄道などの沿線において、斜面崩壊の危険を伴う区域を監視することは事故を未然に防ぐ上で非常に重要であるが、伸縮計や地盤傾斜計などを用いた従来の方法には、手間やコストなどの点で問題がある。そこで、これらの欠点を補う新たな斜面監視方法として、数年前から CCD カメラを用いた斜面監視システムの開発がなされ、平成 7 年度にシステムのプロトタイプが完成し、盛岡市の J R 山田線沿線にて実斜面へ始めて適用した。また翌年には糸魚川市の親不知斜面にも適用した。このシステムの概要は、2 台の CCD カメラで斜面に設置した複数のターゲットを撮影し、得られた画像から写真測量の原理によって 3 次元座標値を求めるものである。特徴としては、無人での連続計測、比較的広い面積の面的な観測、リアルタイムの状況把握が可能、などが挙げられる。

昨年度までの研究では、いくつかの実斜面において観測をおこなってきたが、斜面の変動を実際に捉えた実績がなく、危険予知方法も確立されていなかった。そのため、本研究では実斜面の変動を捉えることを目標として観測をおこなった。また、本システムを用いて斜面変動の前兆現象を捉え、地すべりの予知を行うことが可能であるか検証をおこなった。

## 2. 観測

本年度は、新潟県新井市長沢(以後よしお沢と記載)の斜面で観測をおこなった。現場は、過去に地すべりを起こした斜面であり、地すべりの危険性が非常に高い場所である。観測の結果、梅雨時期の 6 月末に斜面の変動を捉えることができた。図 1 に計測結果を示す。また、移動前と崩壊直前のカメラ画像を用いて作成した比較画像を図 2 に示すが、この画像から斜面の右上部分と左下部分が動いていることが確認できる。

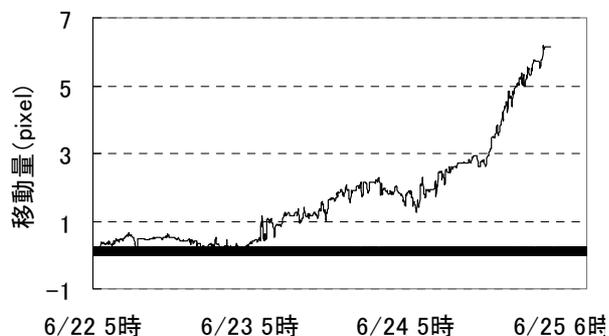


図 1 ターゲットの中心座標値変動状況



図 2 移動前と崩壊直前の比較画像

ここで、図 1 を見ると途中でグラフが途切れているが、これは、この直後に斜面が大きくすべったためにターゲットが計測範囲からスケールアウトしたためである。

## 3. 地すべり予知への適用

地すべりの予知を行うためには、その前兆現象を捉えなければならない。そこで、本システムを用いて地すべりの前兆現象が捉えられるか検証をおこなった。

地盤工学の分野においては、一般に土中の間隙水圧や地下水位を計測する事によって地すべりの評価が行われているが、本システムを用いて得られる計測値は斜面の表面移動量のデータである。

表面移動量を用いたものとしては、地すべり土塊のクリープ挙動や表面移動速度の逆数の経時変化からの評価方法も提案されているため、よしお沢の計測結果がこれらの理論に適合するか調査することにより、本システムの地すべり予知への適用可能性を検討するものである。

**Key Words :** CCD Camera, Slope Observation System, Landslide

連絡先：〒170-8452 東京都豊島区西巢鴨 4-14-5 TEL：03-3576-5411 FAX：03-3910-0622

斜面崩壊においては、時間  $t$  と破壊時間の間に一定の関係が成立している。このような関係は通常クリープとして知られ(クリープとは一定載荷圧のもとで変形が継続的に起こる現象をいう) 破壊や崩壊の予測に用いられている。

一般にクリープ破壊試験の結果では、時間とひずみの関係は図3で示される曲線のようになる。よしお沢の計測結果から得られた移動量と時間の関係は図1に示す通りであるが、曲線の形状に類似性が認められることから、クリープに相当する現象が捉えられたと考えられる。

また、都市近郊の崩壊として注目された地付山の地すべり、昭和47年12月に崩壊したとされている安居山の地すべり及び

よしお沢の計測データを用い、移動速度の逆数の経時変化について考察する。安居山と地付山のデータをプロットすると図4の曲線や直線が得られる。グラフの縦軸は移動速度  $V$  の逆数  $1/V$  であり、横軸は時間  $t$ 、day の単位である。図からは、第I段階の時間領域が非常に小さく、逆に第II段階の時間領域が大きいことがわかる。同図により崩壊の経過をみると、時間的に大部分を占める比較的ゆっくりとした第I段階を経たあと、やがて第II段階の直線部に到達し、ここからは急速に崩壊に至る、という崩壊経過を辿っているようである。よしお沢の計測結果の  $1/V \sim t$  関係を図5に示すが同様の傾向が認められる。

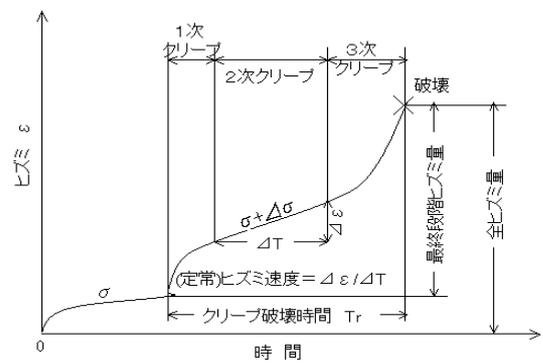


図3 土のクリープ破壊曲線

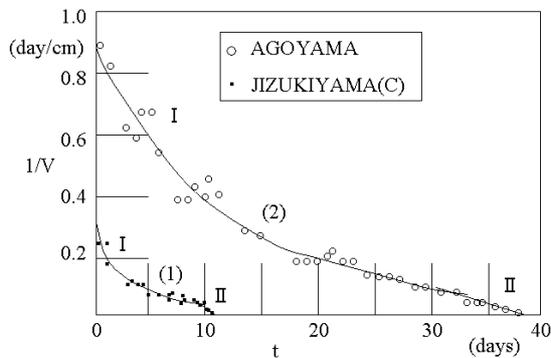


図4 安居山および地付山の  $1/V \sim t$  関係

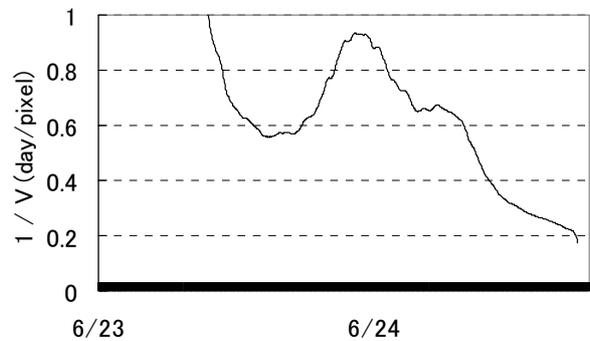


図5 よしお沢の  $1/V \sim t$  関係

#### 4. 第3次クリープ初期からの概略予測

図4において崩壊時間  $t_r$  に注目すれば、図中の二つの曲線には明らかに大きな違いがある。一方は崩壊時間  $t_r$  が短いのに対し、他方は長いところに差異がある。崩壊時間  $t_r$  の長短は、図よりわかるように崩壊時間  $t_r$  の短い場合、第I段階の  $1/V \sim t$  曲線の当初からの低下の仕方が急であり、そうでない場合には緩である。つまり、時間  $t$  の増加に対する移動速度  $V$  の逆数  $1/V$  の値の低下が急なものほど崩壊までの時間が短くなっているとみることができる。以上のことは、 $1/V \sim t$  関係で考えたのであるが、移動量と時間の関係 ( $l \sim t$  関係) でも同様の傾向がみられる。この場合には第3次クリープの開始からの移動量  $l$  に対する時間  $t$  を調べることによって、第I段階の移動速度を調べることができる。

すなわち、

$$\begin{matrix} t & \text{大のとき} & t_r - t_0 & \text{大} \\ t & \text{小のとき} & t_r - t_0 & \text{小} \end{matrix}$$

という関係にある。  $l = 10\text{cm}$  の場合に対する  $t$  と  $(t_r - t_0)$  の関係式は以下のように与えられる。

$$t_r - t_0 = 2.13(\Delta t)^{1.6} \quad (1)$$

ここに、 $t_r - t_0$ : 崩壊発生までの時間、  $t$ : 初期移動時間である。通常、移動量と時間 ( $l \sim t$ ) データが与えられるので、第3次クリープに入った時点と移動量  $l$  の大きさを決めればそれに対する時間  $t$  が求められ、崩壊時間  $t_r$  も上式より算出される。よしお沢の計測結果に上式を適用して崩壊予測を行ったところ、本システムでの計測において崩壊したと判断された時間とほぼ一致した。

#### 5. まとめ

よしお沢の観測で実斜面の変動を捉えることができた。また、CCDカメラ斜面監視システムを用いて地すべりの前兆現象を捉えられることがわかり、予知が可能であることが示された。今後、ターゲットレスによる監視システムの開発が望まれる。