

Ⅲ-A224 GPS 変位モニタリングシステムによる変位計測結果に基づく 斜面の崩壊時刻の予測手法について

山口大学大学院 学 ○松田浩朗 山口大学大学院 学 西村好恵
株式会社オリエンタルコンサルタンツ 正 安立 寛 山口大学工学部 正 清水則一

1. 序論

道路建設や造成工事における長大斜面の建設、地滑り地域の防災、また、露天採掘によって形成される大規模残壁に対する安全管理手法への関心が高まってきている。特に長大斜面では、実際の挙動を逐次把握し安全性を直接的に確かめることを目的とし、現場計測によって監視することが重要である。これまでに筆者らは、長大斜面の安全監視を目的として、斜面表面の変位を広範囲にわたりリアルタイムに自動計測できるGPSを用いた変位モニタリングシステムを開発している（図1参照）^{1)~3)}。

本研究では、不規則ノイズを含んだ計測データからさらに高精度に真の変位挙動を推定することを目的として、トレンドモデルを用いて計測結果の平滑化を行い、斜面崩壊へつながる加速クリープ変位に対し、変位の発散時刻（崩壊時刻）の予測手法について検討する。

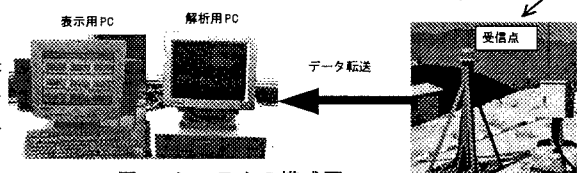


図1 システムの構成図

$$\Delta^k u_n = v_n \quad (\text{システム方程式}) \quad (1)$$

$$y_n = u_n + w_n \quad (\text{観測方程式}) \quad (2)$$

2. 計測結果の平滑化⁴⁾

本研究では、計測結果を平滑化するために、トレンドモデル⁵⁾を適用する。トレンドモデルとは、式(1)および式(2)に示すような多項式回帰モデルに確率構造を導入したシステム方程式と観測方程式から真の挙動を推定するものであり、平滑化のモデルと真の変位挙動の間に確率的な誤差（平均値0、標準偏差 τ の正規分布）を設定したもので、計測値の局所的な変動に影響されにくい特徴がある。

3. 崩壊時刻の予測

3.1 予測手法の概要

斜面崩壊へつながる加速クリープ変位を対象に、斉藤の方法⁶⁾を応用して崩壊時刻を予測する。斜面崩壊変位の典型的な変位モードは、時系列にまとめると崩壊となる時刻で変位は無限大となる。ここで、等変位間隔で時刻データを抽出すると、時間差（ $t_{i-1} < t_i$ ）が現れ、やがてその差は無くなる（ $t_{i-1} = t_i$ ）。 t_{i-1} に対する t_i を図上にプロットし、それらの点に最小二乗法を適用して得られた直線と $t_{i-1} = t_i$ 線の交点が、斜面崩壊の予測時刻となる（図2参照）。通常、斜面上変位は等時間間隔で計測されており、等変位間隔で時間データを抽出することは困難であるので、ここでは、さまざまな曲線に柔軟に対応できる3次スプライン関数を用いて、平滑化した結果を補間する。

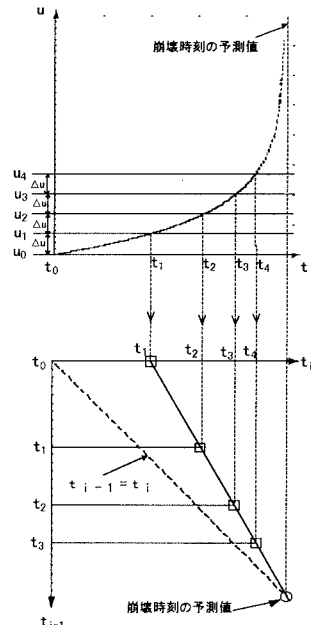


図2 加速クリープ変位の模式図

Key Word：GPS、トレンドモデル、平滑化、崩壊時刻

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16-11 Tel 0836-35-9936 Fax 0836-35-9429

3.2 崩壊時刻の予測

3.1 で述べた方法について妥当性を

検証するために数値シミュレーションを行う。図3は、過去に発生した斜面崩壊変位の伸縮計⁷⁾による計測値に、

静止観測点において1時間周期で計測されたGPS計測データを観測誤差として、これに加えた模擬計測データである。この計測結果に対し、表1に示す条件により崩壊時刻を予測した。結果の一例として観測開始30日目に予測した結果を図4に示す。図4(b)の□は等変位間隔でプロットした時刻であり、同図から崩壊時刻は34.7日と予測されている。観測開始10日目から1日毎に崩壊時刻の予測を行った結果をとりまとめて図5に示す。図は横軸に予測を行った時刻、縦軸に崩壊の予測時刻を示している。観測開始10日目～25日目までは崩壊時刻の予測値はばらついているものの、それ以降の予測結果は真の崩壊時刻におおむね収束している。この例では、崩壊の1週間前から数時間の誤差で崩壊時刻を予測することができたことを示している。

表1 崩壊時刻予測の諸条件

実際の崩壊時刻	観測開始から35.635日目
予測手法を適用した時刻	観測開始から10日目～34日目(1日毎)
データ取得間隔 Δu	5cm

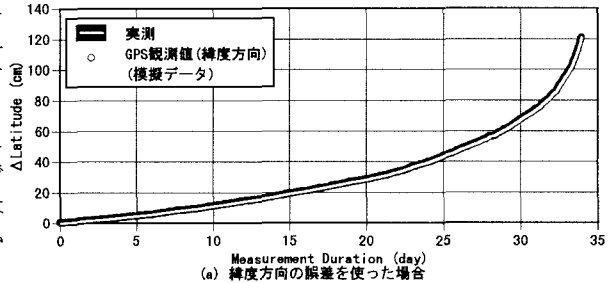


図3 実測加速クリープ変位⁸⁾に基づく 模擬計測データ

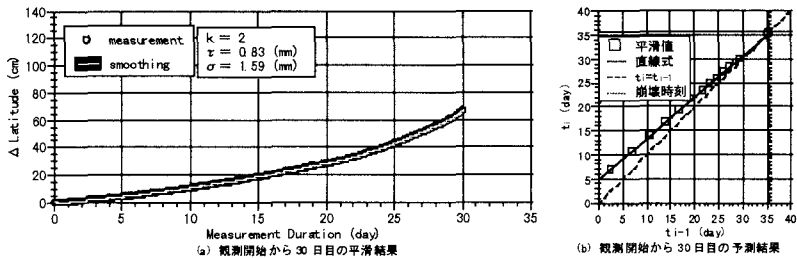


図4 観測開始から30日目に予測した場合

4. まとめ

実測データに基づく数値シミュレーションによって、斜面崩壊にいたる加速クリープ変位に対して、精度良く崩壊時刻の予測が可能であることが示された。

参考文献

- 1) 近藤, Cannon, 清水, 中川 : GPSによる地盤変位モニタリングシステムの開発, 土木学会論文集, No.546/VI-32, pp.157-168, 1996
- 2) 清水, 小野, 近藤, 水田 : 長大残壁の安全監視へのGPS変位計測システムの応用に関する現場実験, 資源と素材, Vol.112, pp.283-288, 1996
- 3) 清水, 小山, 小野, 宮下, 近藤, 水田 : GPS変位モニタリングシステムの連続観測における安定性の検証と計測結果の処理方法の提案, 資源と素材, Vol.113, pp.549-554, 1997
- 4) 清水, 安立, 小山 : GPS変位モニタリングシステムによる斜面崩壊計測結果の平滑化に関する研究, 資源と素材, Vol.114, pp.397-402, 1998
- 5) 北村 : 時系列解析プログラミング, 岩波書店, 1993
- 6) 齊藤 : 実証土質工学, 技報堂, 1992
- 7) 土木学会 : 岩盤斜面の安定解析と計測, (社)土木学会, pp.286-270, 1994

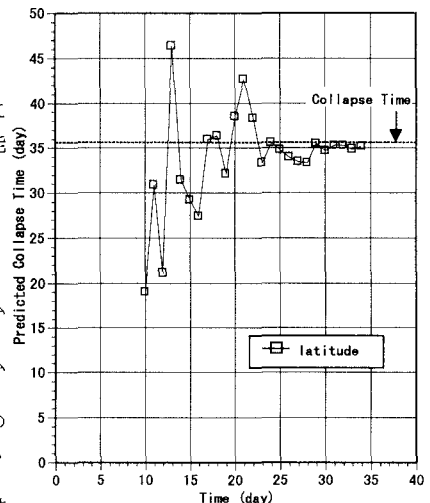


図5 崩壊時刻の予測結果