

GPS による斜面の微小変位検出の可能性について

山口大学大学院 学○宇野豊
 防衛施設庁 正 秋山晋八
 山口大学工学部 正 清水則一

1. はじめに

斜面の安全監視においては、微小な変位を早期に検出することは重要である。GPSによる変位計測はこれまで、通常5～10mm程度と考えられていたが、筆者らの研究開発により、1～2mmの変位まで検出可能となってきた¹⁾。本研究ではGPSによって斜面の微小変位を検出する方法を検討する。

2. 突発的な変位の早期検出の課題と考え方

筆者らは、変位計測を目的に開発したGPS受信機を用いて、24時間連続して計測を行っている。図1はその結果の一例で、このケースは1時間毎に変位を求めている（図中○印）。さらに計測結果に対して、トレンドモデルを適用して計測結果を平滑化し、真の変位を推定する（図中実線）。このような方法によって、1～2mmの変位を検出できることを実証している¹⁾。

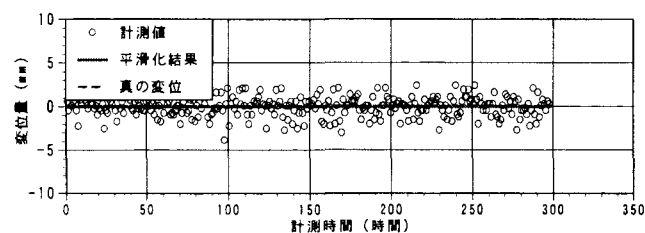
図1は、模擬計測データを用いたシミュレーションである。山口県西津黄地すべり地で実際に計測した観測ノイズを含む計測データに、突発的な変位を与え模擬計測データを作成した。これは、標準偏差1.2mmで、299時間目に4mmの突発的な変位が生じた場合を示している。横軸に計測時間、縦軸に変位を示し、図中○印は計測点、実線は計測値のトレンドモデルによる平滑化結果、破線は真の変位である。突発変位が生じた際に、トレンドモデルの結果は反応するものの、実際に4mmを検出するには、時間的な遅れが生じる。したがって、どれだけ早く正確に変位を検出できるかが課題である。

図2は、時々刻々と得られる計測結果に対して適用したトレンドモデルによる平滑化結果の最終値（現時点の値：最新値）を計測時間に対してプロットしたものである。図には突発変位を生じた場合とそうでない場合についてプロットしている。この図から、例えば1mmを変位検出基準にすると、突発変位を生じた場合はすべてこの基準を越え、生じていない場合は基準を越えない。

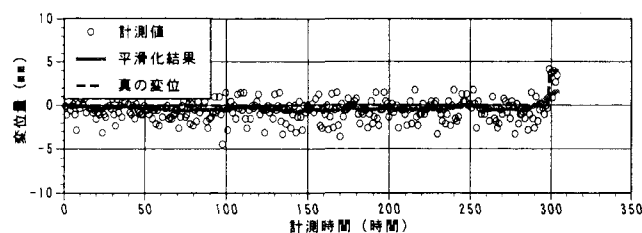
以上の考察から、常にトレンドモデルによる平滑化結果の最新値を注視して、基準値（ここでは1mm）を越えたときに、突発変位を生じたと判断する。

3. 模擬計測データを用いたシミュレーション結果

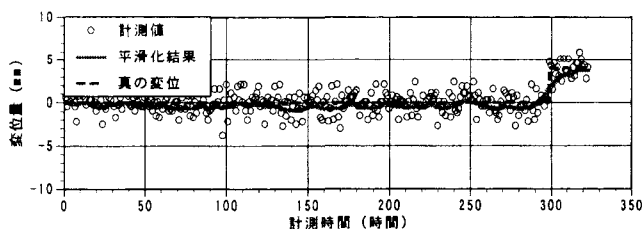
以上の検出法による突発変位4mmの場合の変位検出時間の結果を図4に示す。横軸は計測標準偏差、左側縦軸は検出時間、右側縦軸は観測時間を示す。図中破線は、計測標準偏差と観測時間の関係を、図中実線は



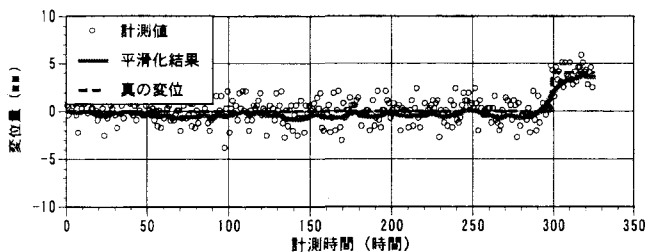
(a) 変位計測から298時間後
 (突発変位から-1時間後)



(b) 変位計測から304時間後
 (突発変位から5時間後)



(c) 変位計測から311時間後
 (突発変位から24時間後)



(d) 変位計測から325時間後
 (突発変位から26時間後)

図1 突発変位の検出経過
 (標準偏差=1.2mm, 突発変位4mm)

計測標準偏差と検出時間の関係を示す。それぞれの線は最小二乗法を用いた近似曲線である。計測標準偏差と観測時間の関係について、通常のGPS変位計測では基線長1000m以下の範囲で設置し、基線長1000m以下であれば緯度、経度方向はほぼ同程度の計測標準偏差となるため²⁾、まとめて水平方向の計測標準偏差として近似している（図3参照）。

図4の見方を、観測時間30分の高さ方向の検出時間の場合を例にとって説明する。

- ①右側縦軸より観測時間30分を選択する。
- ②観測時間30分に対する計測標準偏差を読み取る（ $\sigma = 6.7\text{mm}$ ）（破線に示す）。
- ③その計測標準偏差（ $\sigma = 6.7\text{mm}$ ）から、最初に選択した観測時間30分に対応する変位検出時間を左縦軸から読み取る（実線に示す）。変位検出時間は19時間となる。

これらの結果を総合すると、突発変位4mmのとき、水平方向の変位検出時間は観測時間15分の場合5.5時間、観測時間20分の場合6.5時間、観測時間30分の場合7.3時間、観測時間60分の場合6.8時間となる。また、高さ方向の変位検出時間は観測時間15分の場合14.5時間、観測時間20分の場合17.1時間、観測時間30分の場合19.0時間、観測時間60分の場合17.9時間となる。突発変位4mmの変位量に対して、観測時間15分の場合が最も早く変位検出できている。観測時間30分の場合は、他の観測時間と比較して変位検出時間が長い傾向にあり、突発変位の早期検出には不適正であるように思われる。また、高さ方向の変位検出時間は概ね水平方向の検出時間の2～3倍となる。データ数はまだ不十分であるものの、突発変位検出の最適観測時間や変位検出時間の予測を大まかに行うことができる。

4. むすび

本研究では、斜面の微小変位の早期検出方法について検討した。今後は、さらに小さい突発変位量についても検討したい。また、精度向上と确实性を増すことと、現場における実証を進めたい。

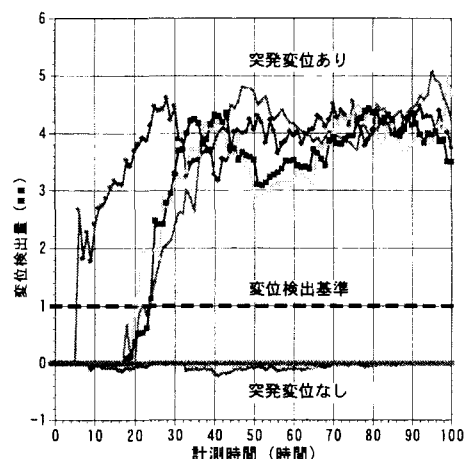


図2 突発変位ありと突発変位なしの場合の時々刻々と得られる計測結果のその都度の平滑化結果の最終値

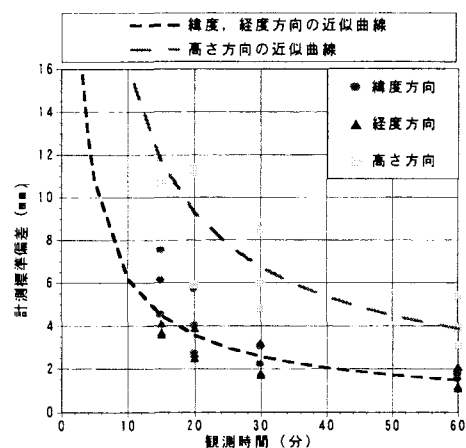


図3 標準偏差の近似曲線

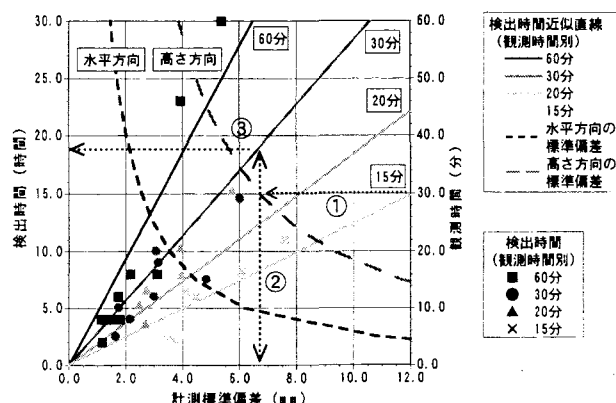


図4 標準偏差-観測時間-検出時間の関係
(変位検出基準1mmの場合の検出時間)

参考文献

- 1) 松田浩朗, 安立寛, 西村好恵, 清水則一: GPSによる斜面変位計測結果の平滑化処理と変位挙動予測手法の実用性の検証, 土木学会論文集, No. 715/Ⅲ-60, pp. 333-343, 2002.
- 2) 松田浩朗, 清水則一, 吉富功, 川畑一洋, 千葉敏博, 頓所幹宏: GPSによる長大斜面の変位計測の精度について, 資源と素材, vol.119, No.6, 7, 2003, pp.389-395, 2003.