

GPS による斜面の微小変位の検出方法の検討

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⁾。

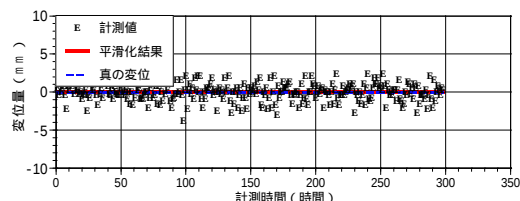
図 1 は、時々刻々得られる計測値に対して、トレンドモデルを適用した様子を示している。これは、計測開始から、299 時間目に 4mm の突発的な変位が生じた例（シミュレーション）である。図から明らかなように、突発変位が生じた際に、トレンドモデルの結果は反応するものの、実際に 4mm を検出するには、時間的な遅れが生じる。したがって、どれだけ早く正確に変位を検出できるかが課題である。

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）を計測時刻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。

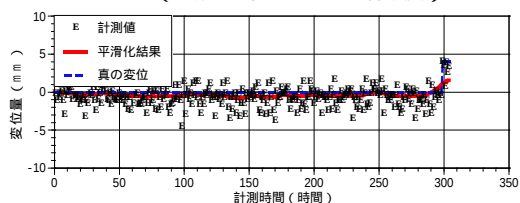
3. 模擬計測データを用いたシミュレーション結果

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。図 5 は、変位検出基準を変えて、トレンドモデルによる平滑化結果が真の変位の $\pm 1\text{mm}$ 範囲に 4 連続で入った場合、突発変位が生じたと判断したものである。つまり最終的な変位の検出時間となる。横軸は標準偏差、右側縦軸は検出時間、左側縦軸は観測時間を示す。図中破線は、標準偏差と観測時間の関係を、図中実線は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。なお、通常の GPS 変位計測では基準長



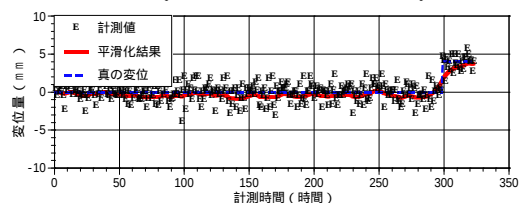
(a) 変位計測から 298 時間後

(突発変位から -1 時間後)



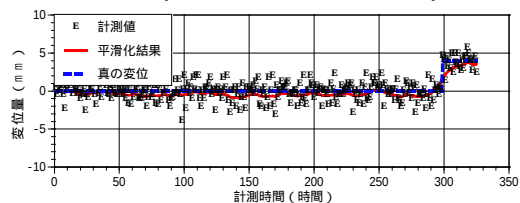
(b) 変位計測から 304 時間後

(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)

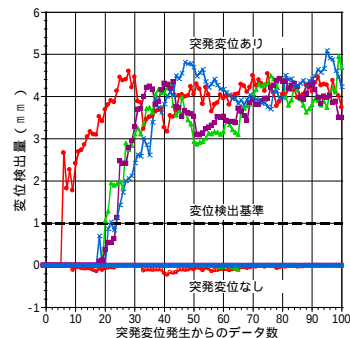
図1 突発変位の検出経過
(標準偏差=1.2mm, 突発変位 4mm)

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

キーワード：GPS，斜面，変位計測，安全監視

連絡先：〒 755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学理工学研究科社会建設工学専攻

TEL：0836 (85) 9334 e-mail：uno@rock.civil.yamaguchi-u.ac.jp

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標準偏差となるため²⁾、まとめて水平方向の標準偏差として近似している（図3参照）。

図4、図5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。

右側縦軸より観測時間30分を選択する。

観測時間30分に対する標準偏差を読み取る（ $\sigma = 6.7\text{mm}$ ）（破線に示す）。

その標準偏差（ $\sigma = 6.7\text{mm}$ ）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。

表1に突発変位2mm、4mm、8mmに対する変位検出基準1mmの場合の検出時間を示す。表2に突発変位2mm、4mm、8mmに対する最終的な変位の検出時間を示す。表1、表2より突発変位2mm、4mm、8mmのすべての変位量に対して、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。今後は精度向上と確実性を増すこと、また現場における実証を進めたい。

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/ -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。

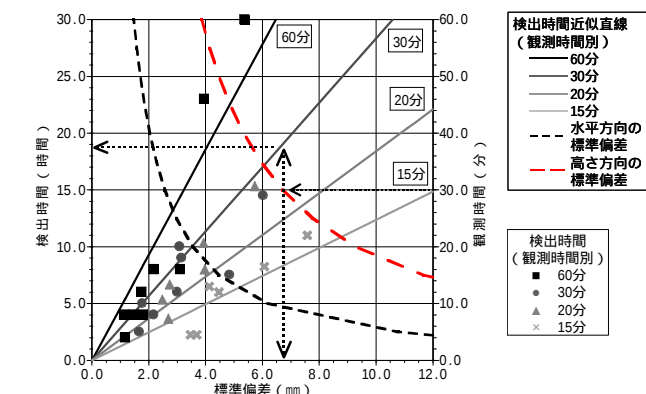


図4 標準偏差 - 観測時間 - 検出時間の関係
（変位検出基準1mm）

表1 変位検出基準1mmの場合の検出時間（時間）

観測時間（分）		15	20	30	60
突発変位量（mm）					
2		NA	NA	18	21
4		6	7	7	7
8		2	3	3	2

（時間）

観測時間（分）		15	20	30	60
突発変位量（mm）					
2		NA	NA	46	56
4		14	17	19	18
8		6	8	7	5

（時間）

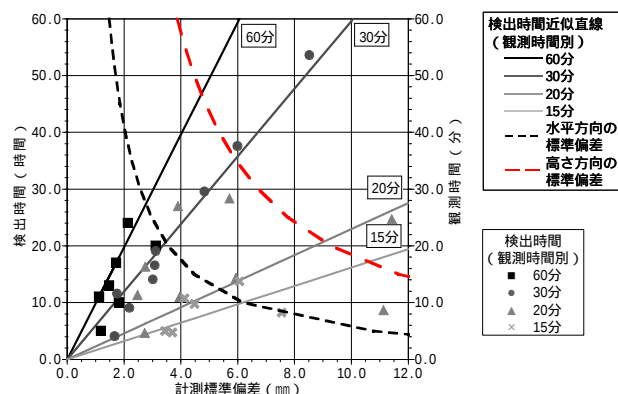


図5 標準偏差 - 観測時間 - 検出時間の関係
（最終的な変位の検出時間）

表2 最終的な変位の検出時間（時間）

観測時間（分）		15	20	30	60
突発変位量（mm）					
2		11	17	21	22
4		7	8	15	15
8		6	8	9	10

（時間）

観測時間（分）		15	20	30	60
突発変位量（mm）					
2		29	29	55	58
4		19	27	40	38
8		15	21	25	27

（時間）