

### 急傾斜斜面に対する GPS 変位計測システムの適用事例 (その 3)

山口大学大学院 学 ○林佑一郎 学 古山陽太 正 中島伸一郎 正 清水則一  
山口河川国道事務所 福井雄二

#### 1. はじめに

本研究では、GPS (Global Positioning System) による変位計測の適用が困難とされてきた急傾斜の長大斜面に対し、適切な誤差補正法を適用することによって、高精度に長期安定した計測が可能であることを実証している<sup>1),2)</sup>。本報告では、新たに計測点を追加し、本格運用に向けた計測結果を示す。

#### 2. GPS による変位計測の高精度化

##### 2.1 GPS による変位計測の概要

GPS を用いた変位計測は、多点同時に 3 次元変位の連続自動計測が可能であるため、斜面や構造物の安全監視として有効である<sup>3)</sup>。計測値には、GPS 固有の誤差とランダム誤差が含まれており、真の変位を推定するために変位の観測式を次のように考える。

$$y = u_0 + \varepsilon_p + \varepsilon_T + \varepsilon_R \tag{1}$$

ここで、 $y$  は計測値、 $u_0$  は変位の真の値、 $\varepsilon_p$  は上空障害物の影響による誤差、 $\varepsilon_T$  は対流圏遅延の影響による誤差、 $\varepsilon_R$  はランダム誤差であり、真値を推定するために誤差補正を行う必要がある。

##### 2.2 誤差補正および誤差低減の方法<sup>3),4)</sup>

###### 2.2.1 上空障害物による誤差低減法

GPS 受信機上空に植生などの障害物があると電波の受信状況が悪くなり、計測精度が低下することがある。このような問題に対してマスク処理を適用する。マスク処理とは、上空障害物の背後を移動する GPS 衛星からの電波を利用しないで基線解析を行う方法である。

###### 2.2.2 対流圏遅延補正法

基準点と計測点の間に高低差があると、GPS 衛星から電波を受信する際、伝搬経路差間の気象の影響を受け電波の遅延が生じる。したがって、現場で計測する日々の気象データをもとに対流圏遅延補正を行う。

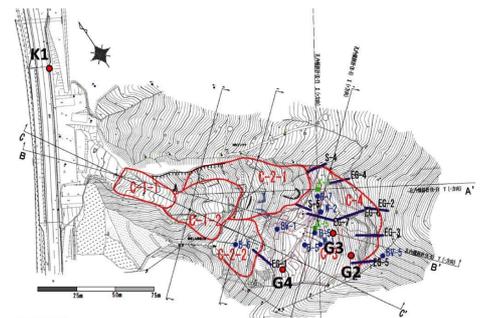
###### 2.2.3 ランダム誤差の処理法

ランダム誤差の処理法としてトレンドモデルによる平滑化を適用する。これは計測値を時系列結果として表すことでランダム誤差を排除し、真の変位の推定を行う。

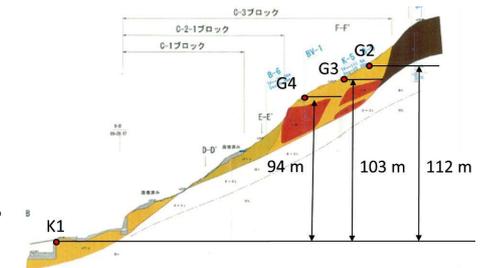
#### 3. 急傾斜斜面における変位計測

##### 3.1 現場概要および計測点配置

図-1 に計測現場における平面図と、縦断面図を示す。計測現場は山口県内の国道沿いの不安定な急傾斜地であり、2012 年 10 月 6 日から計測を行っている。基準点 (K1) は覆道の上に 1 点、計測点 (G2, G3, G4) は斜面に 3 点設置している。また、図-2 に各計測点の上空写真を示す。以上で示した図より、基準点と計測点の間に高低差があること、計測点の上空視通が悪いことがわかる。

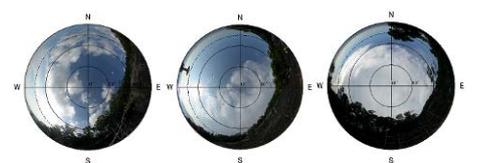


(a) 平面図



(b) 縦断面図

図-1 計測現場



計測点 (G2) 計測点 (G3) 計測点 (G4)

図-2 各計測点における上空写真

キーワード 急傾斜斜面, GPS 変位計測, 誤差補正

連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL (0836)85-9334

### 3.2 急傾斜斜面における変位計測結果

一例として図-3 に計測点 G3 の高さ方向（誤差が最も顕著に表れる）における計測結果（図-3(a)）と、2.2 に示した補正を行った結果（図-3(b)~(e)）をそれぞれ示す。この結果から、周期性のある誤差、突発的に生じる大きな誤差が減少し、トレンドモデルを適用することでスムーズな結果を得ることができている。

### 4. 計測結果の適用

図-4、および図-5 に2014年8月12日から2015年3月20日までの各計測変位の平面ベクトルおよび縦断面ベクトルを示す。これより平面図における計測点 G3 の変位は、最急勾配方向に対しほぼ垂直方向に表れていることがわかる。これは図-4 に示される崩落箇所の影響を受けているものと思われる。また、縦断面図において、計測点 G2 の変位は主に沈下傾向にあり、計測点 G3、および、斜面下部の計測点 G4 の変位は、沈下とすべり面に平行な挙動が時期により生じていることがわかる。このような挙動の素因、誘因の分析を進め、変位速度や変位方向の変化などについて、継続して監視することが必要である。

### 5. むすび

上空障害物、および、対流圏遅延による誤差を低減し、ランダム誤差には時系列解析を行い、真の変位を推定することによって、安定した三次元計測を行うことができた。本格的な運用のために、今後引き続き計測を行う予定である。

### 参考文献

- 1) 古山陽太, 大山直輝, 中島伸一郎, 山田晋吾, 清水則一: 急傾斜斜面に対する GPS 変位計測システムの適用事例, 土木学会 69 回年次学術講演会, pp.585-586, 2014.
- 2) 古山陽太, 中島伸一郎, 清水則一: GPS による岩の変位計測に関する ISRM Suggested Method と斜面変位計測への適用事例, 第43 回岩盤力学に関するシンポジウム, pp.164-169, 2015.
- 3) 清水則一: GPS による地盤/構造物の高精度変位計測の現状と今後, 電力土木 7 月号 (No.366), 2013.
- 4) N. Shimizu, S. Nakashima, T. Masunari : ISRM Suggested Method for Monitoring Rock Displacements Using the Global Positioning System (GPS), Rock Mech. Rock Eng., 47:313-328, 2014.

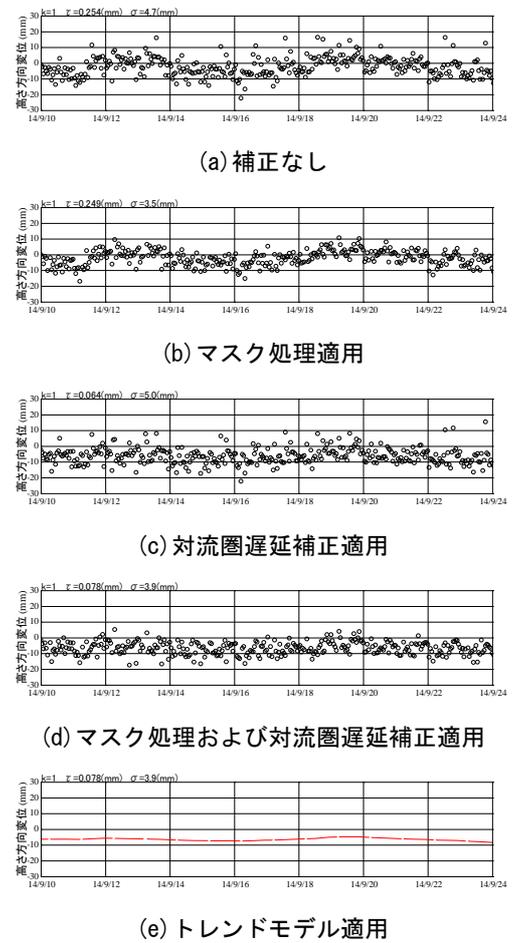


図-3 計測点 G3 における計測結果（高さ方向）

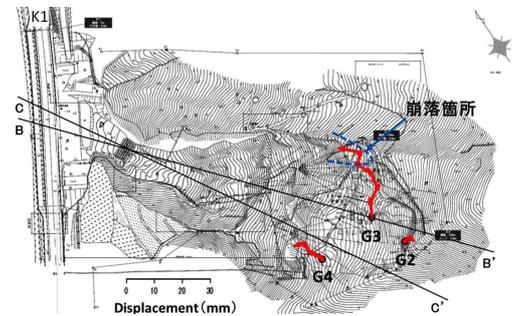


図-4 各計測点における平面ベクトル図

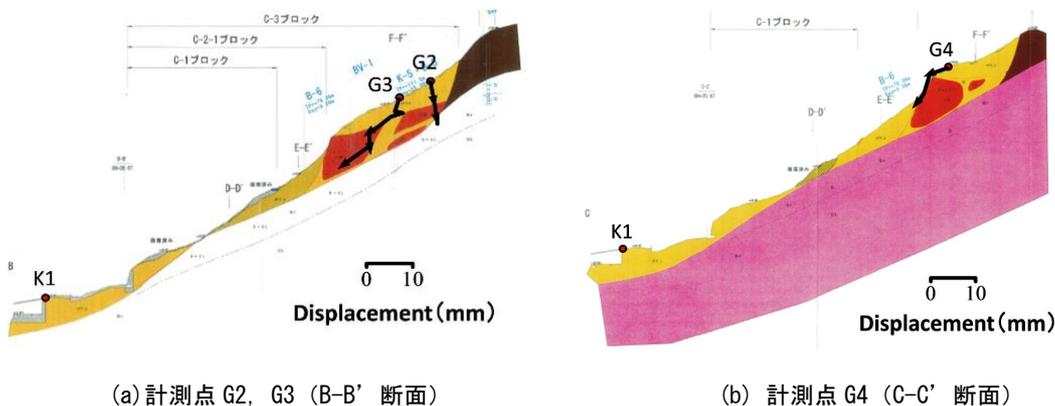


図-5 各計測点における縦断面ベクトル図