

GPSによる3次元変位計測に基づく斜面安定性評価法の改善

山口大学大学院 ○学生会員 中矢 和貴

山口大学大学院 正会員 藤井哲也, 船津貴弘, 清水則一

1. 背景と目的

岩盤は節理や層理などの不連続面が多数存在し、岩盤斜面崩壊はこの不連続面によって支配されるすべりの形態をとることが多い。このため、岩盤斜面の安定評価において図1に示すような不連続面の幾何学情報は重要であり、現場での不連続面調査とステレオネットを用いた安定性の評価が行われている。一般に斜面の安定評価においては、岩盤の強度など力学定数が必要であるが、斜面の全ての岩盤の力学定数を得ることは困難である。そこで実際安定評価においては、現場計測が多く行われている。

現場計測においての安定評価では、計測結果に基づいた斜面の安定性評価が重要である。しかし、力学的な解析手法に比べると現場計測に基づく安定評価に関する研究は少なく、現場計測に基づく斜面安定評価法の確立が課題となっている。

本研究室ではこれまでに、図2に示すような岩盤すべり形態の平面すべりやくさびすべりに対して、GPSによる3次元変位計測結果から得られる変位方向と不連続面の幾何学情報（傾斜と傾斜方位）を利用し、すべりが生じている不連続面を推定するという手法を提案している¹⁾。

しかし既存の提案法には1日毎にしか評価できないという問題がある。現場では変位の兆候を早期に捉えることは非常に重要であり、かつ安全対策としても有効であると考えられる。そこで本研究では斜面安定性評価法の確立を目的とし、評価法の改善とその効果を検討した。

2. 斜面安定性評価法の概要¹⁾

本研究室ではGPSを利用した変位モニタリングシステムを実用化し、現場に適用している²⁾。このシステムにより現場の3次元変位を連続的に精度よく計測し、変位の大きさと方向を求めることができる。その計測結果からステレオネットを用いて安定評価を行う。本評価法では予めステレオネット上に現場計測から得られる不連続面の傾斜および傾斜方位を示し、GPSによる3次元変位計測結果を用いて、すべりが生じている可能性のある不連続面を推定する。

ただしこの評価法には、変位方向はすべりを起こす不連続面の傾斜方位に一致するという考えに基づいている。これは平面すべりにおいては図3(a)のようにすべりブロックの変位ベクトルの極とすべりが生じる不連続面の極は一致するというものであり、また、くさびすべりにおいては図3(b)のようにくさびを形成する不連続面の交線方向と一致するというものである。

3. ステレオネット評価

ステレオネット評価には計測値から算出される1日毎の傾斜と傾斜方位の標準偏差 σ_d 、 σ_{dd} を用いる。

予め現場で不連続面調査を行った結果をステレオネット上にプロットする。そうすると岩盤中の多数の不連続面を1枚のステレオネット図に表すことができる。そこに計測値を平滑化し、さらにその1日平均を中心点として $3\sigma_d \cdot 3\sigma_{dd}$ を推定範囲領域として図に表すと図4のようになる。するとその領域の中に含まれる極の不連続面が崩壊を起こす可能性があるという判断できる。

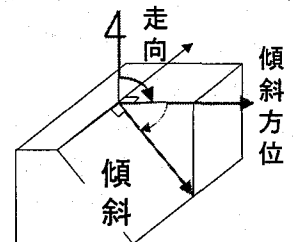
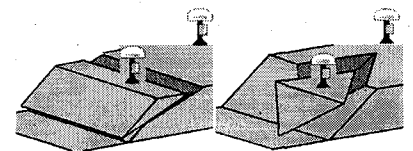
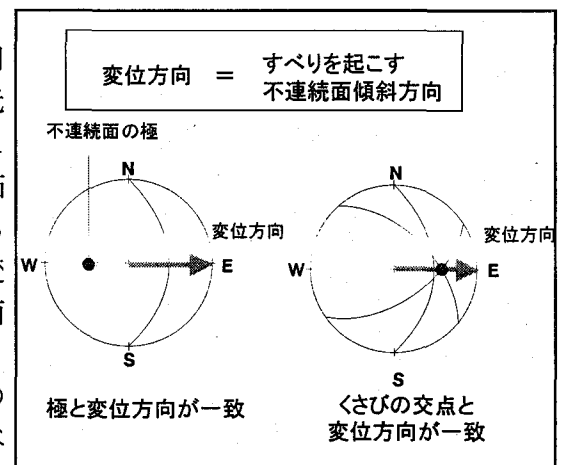


図1 不連続面の幾何学情報



(a) 平面すべり (b) くさびすべり

図2 岩盤すべり形態



(a) 平面すべり

(b) くさびすべり

図3 評価法の仮定

4. 安定評価法改善と改善効果の検討

これまで提案していた評価法では1日に1枚のステレオネット図が得られていたが、本研究では1時間毎にステレオネット図が得られるように傾斜と傾斜方位を算出する過程を改善した。具体的には、これまで算出に用いていた計測データは0時から23時までの計測結果を使っていた。今回はこの算出に用いる計測データを計測時から直前の24時間のデータにした。これにより連続計測を活かした評価を行うことができ、安定評価法を1日単位から1時間単位に変えた。

次に改善効果を確認するために、評価のシミュレーションを行った。変位の発生していない期間の計測結果を7日間抜き出し、変位を模擬的に与え、ステレオネット評価を行うというものだ。対象とする変位は平面すべりとし、図5に示すように計測開始から12時間後に変位が発生し始め、等速度で7日目に変位量が35 mmとなるすべりを仮定した。求める不連続面の傾斜は 37° 、傾斜方位は 310° とし、ステレオネットでこの面の推定を行った。

その結果を図6と図7に示したに示した。図6は傾斜角と傾斜方位角の計測値、計測結果の平滑化結果、平滑化結果の1日平均を示したグラフである。図7はその結果を元に作成したステレオネット図の一部を示した。これまでのように24時間毎に並べた図7(a)では、6日後に特定できている。しかし、1時間毎に見ていくと図7(b)では5日目の17時には特定できている。これまでよりも細かく見ていくことでより早期に不連続面の推定を行うことができた。このシミュレーションにより評価法の改善効果を示すことができた。

5. まとめ

本研究により、崩壊する不連続面をより早期に特定できる可能性が示された。

参考文献

- 1) 松田浩朗, 野村高司, 藤谷孝之, 清水則一: 不連続性岩盤斜面における3次元変位計測結果の一評価, 土木学会論文集 No.764/Ⅲ -67, pp157-167, 2004.6.
- 2) 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法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

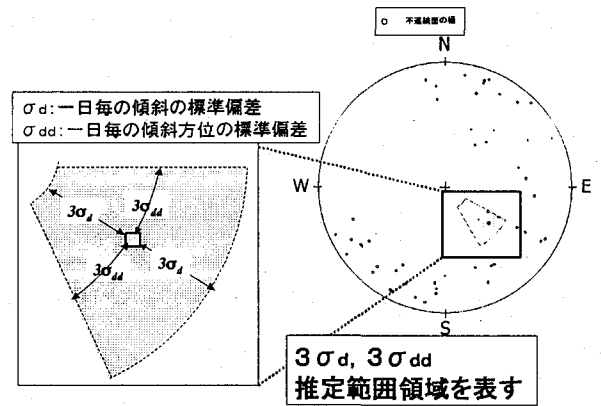


図4 推定範囲領域

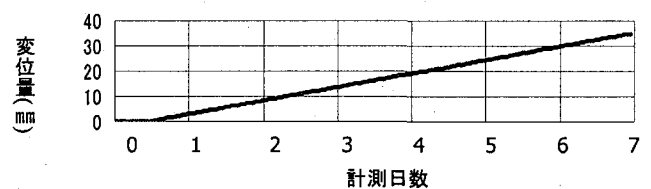


図5 変位

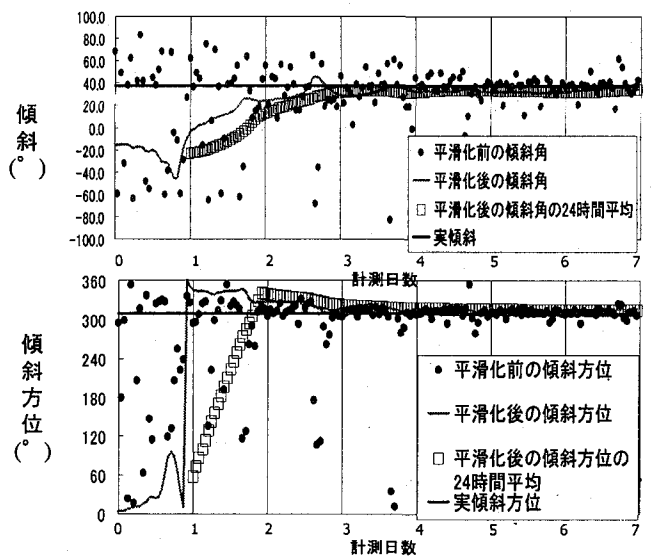


図6 シミュレーション結果1
傾斜(上)と傾斜方位(下)

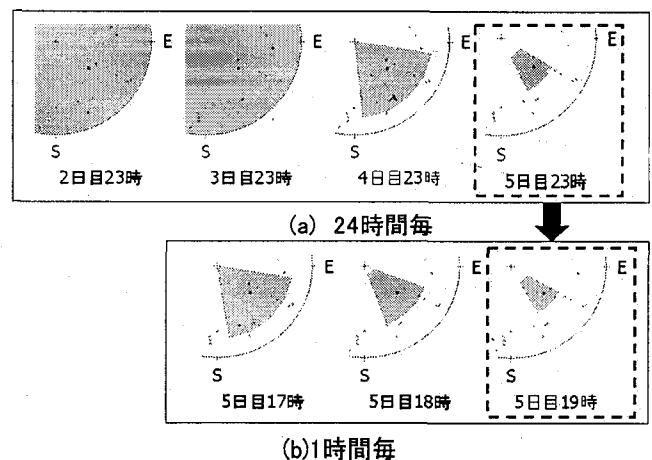


図7 シミュレーション結果2 ステレオネット図