

GPS による 3 次元変位計測結果に基づく不連続性岩盤斜面の安定評価法の提案

飛鳥建設(株) 正○松田浩朗 若築建設(株) 正 野村貴司
日本技術開発(株) 正 藤谷隆之 山口大学 正 清水則一

1. はじめに

岩盤は節理や層理などの不連続面が存在し、岩盤斜面崩壊はこの不連続面に支配されるすべりの形態を取ることが多い。本研究では、不連続面の幾何学情報（傾斜および傾斜方位）と GPS による 3 次元変位計測結果から得られる変位方向を利用し、すべりが生じている不連続面を推定する方法を提案する^{1)~3)}。本報告では、平面すべりを対象に、提案法の妥当性を検証するための実験およびシミュレーションについて述べる。

2. 評価法の考え方

平面すべりに対する、ステレオネットを用いた従来の安定評価⁴⁾の概要は次のとおりである（図-1 参照）。すなわち、不連続面の強度基準がクーロンの摩擦法則に従い、不連続面の粘着力が 0 と仮定すると、平面すべりは、不連続面の傾斜角が、1) 不連続面の摩擦角より大きく、かつ、2) 斜面の傾斜角より小さい、場合に発生する。つまり、図-1において、摩擦角を示す円より外側にあり、かつ、斜面の傾斜を表す領域内部にある極で示された不連続面においてすべりが発生する可能性がある。

一方、すべり方向とすべりを生じる不連続面の間には、次のような関係を仮定することができる¹⁾。まず、平面すべりにおいては、すべり方向は不連続面の傾斜方向に一致する。これは、すべりブロックの変位ベクトルの極とすべりが生じている不連続面の極は一致することを意味する。そこで、もし、現場において斜面の 3 次元方向を正確に計測することができれば、上記のすべり方向に関する仮定からステレオネット上で、すべりが生じている可能性のある不連続面を特定することができる。

このような考え方に基づいて、あらかじめステレオネット上に示した不連続面の傾斜および傾斜方位と 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抽出する方法を提案する。提案方法によって、時々刻々得られる計測変位からすべりを形成する可能性のある不連続面とそうでない不連続面を区別することが可能となる。

3. 実験とシミュレーション

図-2 に示す、平面すべりを模擬する実験装置に対し、GPS 受信機を設置した移動ブロックを、不連続面を想定した斜面（模擬不連続面）に載せ、この斜面に沿って移動ブロックに変位を与える。模擬不連続面の傾斜は 37° 、傾斜方位は 310° で、実験は、移動ブロックに 1 日 1 回 5mm の変位を模擬不連続面傾斜方向に沿って下方に与え、7 日間（合計 35mm）にわたり GPS によって変位計測を行った。なお、変位計測時間間隔は 1 時間である。

GPS 計測においては、緯度、経度、高さ方向の変位成分が得られるので、これらの変位成分から、変位方向の傾斜、および、傾斜方向が算出できる。図-3 にその結果を示す。実線は計測された変位の各成分の平滑化結果から算出した変位方向の傾斜および傾斜方位であり、参考のため、GPS 計測値から直接算出した変位方向の傾斜および傾斜方位を○印で示す。また、平滑化結果から算出した変位方向の傾斜および傾斜方位（図-3

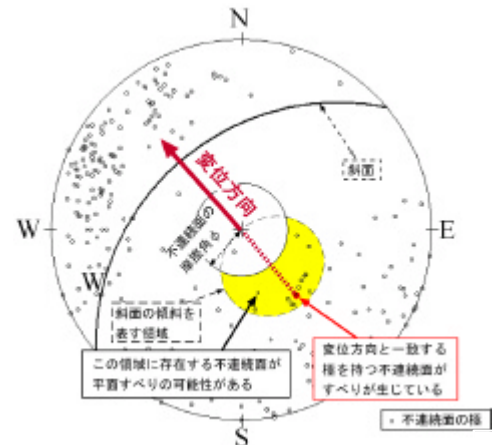


図-1 ステレオネットによるすべりの評価

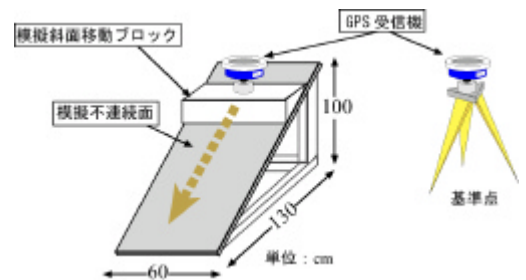
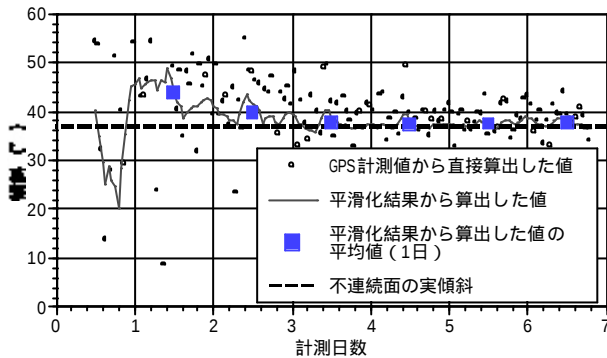


図-2 平面すべりを模擬する実験

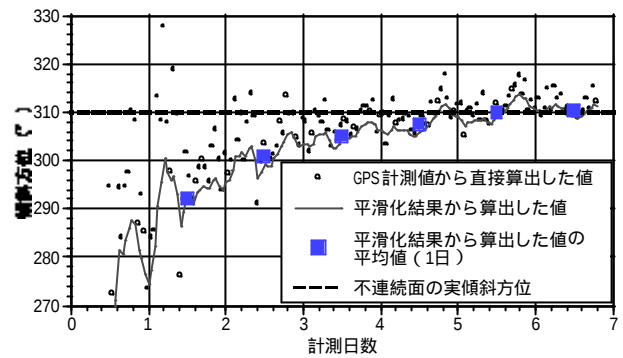
キーワード：GPS，不連続面，3 次元変位計測，斜面安定評価

連絡先：〒 755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科

TEL 0836(85)9333 e-mail: shimizu@rock.civil.yamaguchi-u.ac.jp

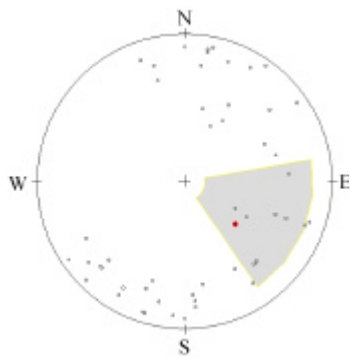


(a) 傾斜

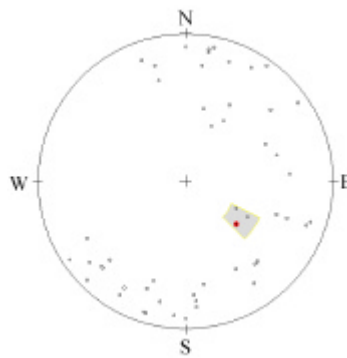


(b) 傾斜方位

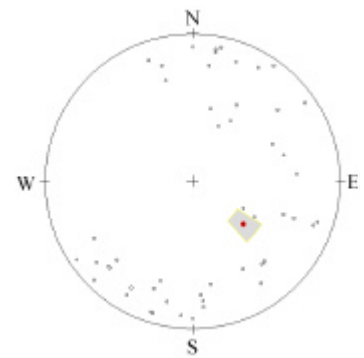
図 - 3 計測変位



(a) 計測 2 日目



(b) 計測 4 日目



(c) 計測 6 日目

図 - 4 すべりが生じている不連続面の推定

において実線)の平均値を■印で表す。ここで、平均値とは計測開始 2 日目から 1 日ごとに、過去 1 日分の平滑化結果から算出した値であり、図においては、平均を取った期間の中心にプロットしている。また、クリノメータで測定した模擬不連続面の傾斜および傾斜方位を破線で示す。

図から、変位が進行するにつれて、平滑化結果から算出した傾斜および傾斜方位(図中実線)とも、模擬不連続面の実際の傾斜および傾斜方位(図-3破線)に近づき、計測日数 5 日目(移動変位 25mm)付近で、ほぼ実際の値に収束していることが分かる。また、平滑化結果から算出した傾斜および傾斜方位の平均値(図中■印)は、より滑らかに実際の値に収束している。

次に、この計測結果を用いてシミュレーションを行う、シミュレーションは、ある斜面で実測された不連続面の傾斜および傾斜方位と、実験装置の模擬不連続面の傾斜および傾斜方位を同一のステレオネット上にプロットし、計測変位からすべりが生じている不連続面(実験装置の模擬不連続面)を変位計測結果から推定できるかを調べる。

図-4に、計測誤差を考慮したシミュレーション結果を示す³⁾。図から、計測 2 日目(変位量 10mm)の段階では、多くの不連続面の極が推定範囲(図中影領域)の中に存在するが、計測 6 日目(変位量 30mm)には、すべりが生じている不連続面(図中赤丸)を特定している。このように、本シミュレーションでは、すべりが生じている不連続面は計測初期から推定範囲内にあり、さらに、計測が進むにつれ推定範囲が小さくなり、すべりが生じている不連続面を他の不連続面の中から絞り込み、最終的には特定できることが示された。

4. むすび

本研究では、斜面の安定性の評価法として GPS から得られる 3 次元変位計測結果と不連続面の幾何学情報(傾斜、傾斜方位)を利用する方法を提案し、その妥当性を実験とシミュレーションにより検証した。その結果、平面すべりに対して、すべりを生じている不連続面を特定できることを示した。

参考文献

- 1) 清水則一, 野村貴司, 松田浩朗, 藤谷隆之: GPS による連続変位計測と不連続面調査結果を用いた斜面の安定評価法について, 土木学会第 57 回年次学術講演概要集, -397, pp.793-794, 2002.9.
- 2) 松田浩朗, 野村貴司, 藤谷隆之, 清水則一: GPS による斜面の変位計測結果と不連続面調査結果を用いた安定評価法について, 第 32 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.143-148, 2003.1.
- 3) 松田浩朗: GPS による長大斜面変位計測法の実用性の検証および計測結果の評価法に関する研究, 山口大学大学院理工学研究科博士論文, 2003.3.
- 4) Hoek, E. and Bray, J. W. (小野寺透, 吉中龍之進 訳): 岩盤斜面工学, 朝倉書店, 1979.