

光ファイバセンサを活用した斜面管理と表層崩壊予測手法の提案

独立行政法人土木研究所 正会員 ○加藤俊二
 " " 小橋秀俊
 " " 古谷充史

1. はじめに

独立行政法人土木研究所では、平成12年度～平成17年度まで民間14社と「光ファイバセンサを活用した道路斜面モニタリングに関する共同研究」を実施してきた。この共同研究では、国土交通省の事務所の協力により、実斜面に光ファイバセンサを設置して斜面表層崩壊の変状挙動をモニタリングして基礎データの収集・分析を実施してきた。これまでに複数回の表層崩壊を検知しており、その計測データに基づき表層崩壊の安定度評価の考え方について検討を行い、表層崩壊モニタリングによる斜面管理の考え方と崩壊予測手法について取りまとめたマニュアルを作成するとともに、モニタリング用の標準ソフトウェアを作成した。

本報は、標準ソフトウェアのベースとなっている、上記マニュアルで提案するモニタリングデータによる斜面管理の考え方と崩壊予測手法について報告するものである。

2. 斜面管理と表層崩壊予測の基本的考え方

崩壊の予測は、「いつ」、「どこで」、「どの程度」を事前に予測することである。「いつ」の予測に関しては、表層崩壊の前兆現象を捉えることが重要であるが、筆者らの計測事例では急激な変状が始まってから崩壊に至るまでの前兆時間が1.5～4時間程度と崩壊時の前兆時間は非常に短く、「いつ」、「どこで」よりも、「どこで」、「どの程度」をできるだけ事前に予測して、早期に適切な対応を実施することが望ましい。しかしながら、通常の点検や調査では表層崩壊の起こる箇所をピンポイントで抽出することは困難である。このため、日常の計測データを分析することにより、斜面の変状が周辺と比して卓越しているところを抽出する方法が考えられる。筆者らの研究では、センサをW字に設置することで、斜面の挙動を2次元的にベクトル表示することで、崩壊危険域を推定することが可能であることがわかっている。

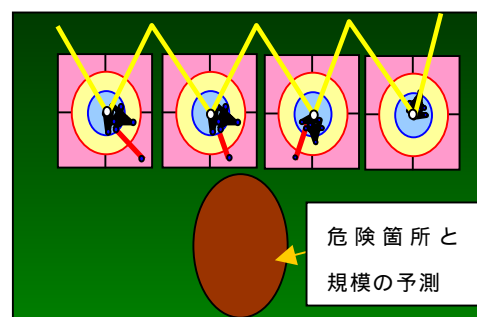
上記の内容を踏まえて、モニタリングを活用した斜面の日常管理と降雨時異常監視の予測の考え方を再整理すると以下の通りである。

1) 日常管理（累積変状の崩壊危険位置の事前抽出）

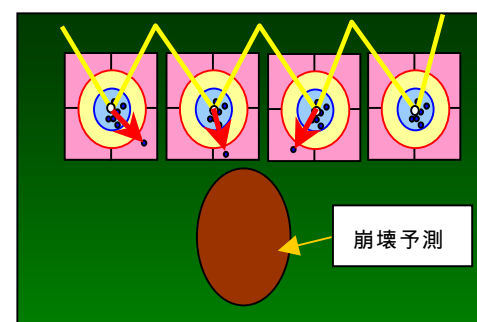
移動点の仮想軌跡等の日常の変状履歴による危険域の予測を行う。例えば図-1(1)に示すようなひずみ軌跡図を作成し、2測線ごとの上方の変状による圧縮ひずみと下方の変状による引張ひずみからの移動点の座標表示により変状箇所を事前抽出する。

2) 降雨時の異常監視（崩壊の事前予測）

ひずみ速度（ベクトル）により管理基準値を設定した判定を行う。例えば図-1(2)に示すような、管理円（通常域、異常域）を設定し、向きと大きさ（上記軌跡の1回ごとの移動ベクトルの始点から終点までを抜き出す）から、崩壊を予測する。通常域は、日常の変動幅から得られる最大ひずみ速度で設定する。



(1) 日常管理における予測



(2) 降雨時の異常監視

図-1 斜面管理における崩壊予測

キーワード：光ファイバセンサ、表層崩壊、モニタリング、崩壊予測

連絡先：独立行政法人土木研究所（茨城県つくば市南原 1-6、電話 029-879-6767、FAX：029-879-6798）

3. ひずみ軌跡図およびひずみ速度図

以下に、ひずみ軌跡図およびひずみ速度図の考え方を示す。

センサのひずみは、平常時の地盤変位がない期間でも変化する。その要因としては、温度変化によるものが大きい。温度のみの場合は一定方向の伸縮である。しかし、ひずみは温度変化以外にも地盤の乾湿や植物（草木根）の影響を受けるのでその幅は様でない。図-2は植物の根の成長の影響を受けている事例である。このように、表層崩壊の計測管理においては平常時のひずみ軌跡の特性を把握することが肝要である。

地盤に変位が現れたら、ひずみ速度は降雨とともに増大する。ひずみ速度は測定間隔毎のひずみの差であるため、常に原点からの距離で

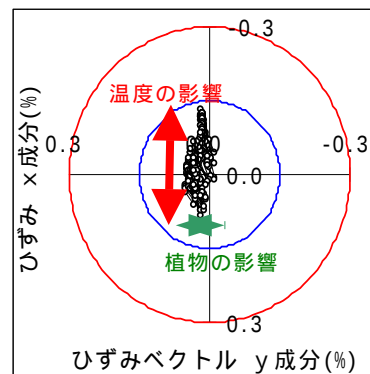


図-2 平常時ひずみ軌跡図の例

表示される。図-3に地盤の変位が収束する場合と変位が伸張した場合の模式図を示す。地盤変位が収束する場合は、一定期間ではひずみ速度は増大するが伸びがなくなり、原点に戻る。一方、斜面崩壊が生じるような場合は、常にひずみ速度が増大する。

ひずみを長期間観測すると、降雨を経験するため図-2とは異なるひずみ軌跡を得ることがある。図-4は6ヶ月間計測したひずみ軌跡図とひずみ速度図である。降雨により崩壊に至るような大きなひずみ速度の変化はみられないが、ひずみ軌跡図では、不規則な軌跡をたどっており、目視で判断できないような地盤の変状を捉えている。

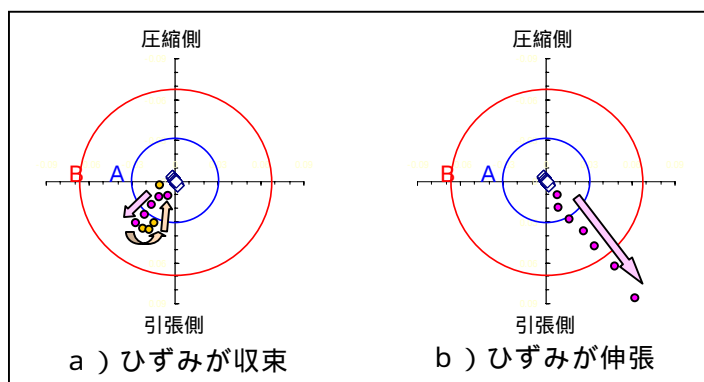


図-3 ひずみ速度図の見方

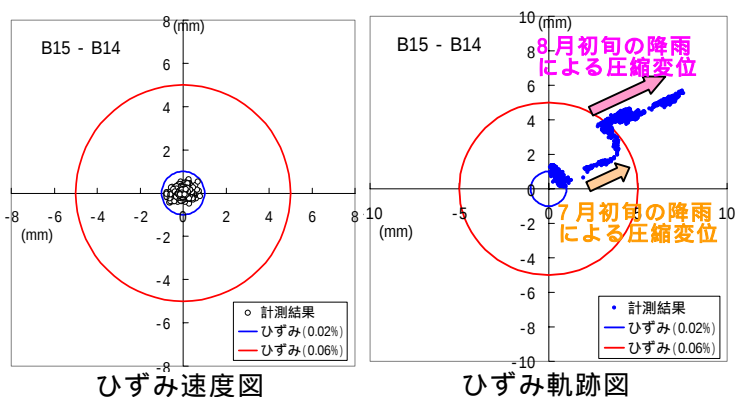


図-4 ひずみ軌跡図・ひずみ速度経時変化図の事例

4. まとめ

斜面の表層崩壊は、光ファイバセンサを活用して線的・面的な計測により日常の累積ひずみを分析することで事前に崩壊危険域の把握が可能であり、崩壊直前の数時間以内ではあるが崩壊の前兆現象により崩壊予測も可能

であることがわかった。しかしながら、斜面防災においては、変状域を把握して崩壊に至る前に適切な対策を実施することが重要である。降雨時の崩壊予測は、崩壊前兆が短時間であることからやむを得ず計測を継続する場合に行うもので、その際にはセンサ配置の高密度化や降雨予測値や降雨浸透モニタリングを併用するなど崩壊予測のレベルを向上させることを検討するとともに、避難誘導や事前通行規制などの事前の管理体制づくりが必要である。

参考文献

- 1) 加藤、小橋、古谷：光ファイバセンサによる斜面表層崩壊モニタリング技術に関する検討、第2回土砂災害に関するシンポジウム論文集、2004.8
- 2) 加藤、小橋：光ファイバセンサによる斜面崩壊モニタリングと崩壊予測、地質と調査、2005.9