

光ファイバセンサによる地すべり監視システム導入

富山県富山土木事務所
NTT インフラネット(株) ○ 正会員 岩崎 康博
NTT インフラネット(株) 宮倉由紀夫
畠中 伸一

1. はじめに

地すべりの観測において広い範囲をリアルタイムで計測することは、既存の計測装置では対応が難しい。

従来は、計測データを個別収集又は電話線等の伝送手段による収集方法を取っており、計測データを光ケーブル伝送で行っている例は少ない。ここでは、広範囲に設置された複数種類の測定をリアルタイムで測定できる光ファイバセンサの利点に着目し、当該地区に監視システムに組み込むと共に遠隔監視可能なシステムに構築した。遠隔監視を更に容易にするため、測定データ表示をグラフ化し、危険予知が速やかに行えるよう配慮した。また、インターネットを利用した監視システムとし、特別の監視装置や機器を不用とした。即時性を重視したデータ収集及び配信システムとした。

2. 現地の状況と光センサの特長

光センサを設置した現場は、富山県の西南部に位置する地すべり危険箇所（八尾町西新町）である。この地域全体は黒瀬谷累層であり段丘の表層は呉羽山礫層が現れている。現在、継続的に変動しており、一部地表面に地割が発生しており、地すべり防止工事が並行して進められている地域である。

現在は、従来型の電気計測方式であるワイヤセンサ、傾斜計、地中水位計、電気パイプ歪計、クラックゲージ及び地表面測量による監視を行っている。

今回用いる光センサは、光パイプ歪計、光伸縮計、光水位計でありいずれも測定精度が確認されている。

光ファイバに歪が発生すると、光ファイバ内で発生する後方散乱光の周波数が歪に応じてシフトする性質を利用したもので、ここではブリルアン散乱光を測定することにより、構造物や地盤の歪を検知する。

光センシングの特長は、センサが光ファイバであり導電帯でないため雷の影響を受けない。光ファイバ全体が歪を検知するセンサであるため、歪を検知することにより地滑り位置が明確に判定できる。

3. 地すべり監視システム

図-1に示すように計測現場と計測機器の設置場所は、約4km離れており、光ケーブル伝送路で結ばれている。光ケーブル伝送路を介してB-OTDRで計測されたデータは、集積され監視パソコンで処理される。その後webサーバに蓄積され関係者からの呼び出しに応えられるようファイル化され格納されている。

光パイプ歪計は、図-2に示す構造であり、センサとしての光ファイバは、山側と谷側になるように配置し深さ15mのボーリング孔に設置した。光伸縮計は、図-3は、地割れが発生しているコンクリート製階段部3ヶ所に設置した。光水位計（図-4）は、ボーリング孔内にストレーナ加工した光パイプ歪計とともに設置した。本監視システムには、光スイッチを組込んでおり、半径10～20km内の光センサについて同一システムに組み込み可能であり、道路構造物を含むインフラ設備全体の災害監視システムへ発展可能な構成としている。

写真-1 観測地域全域

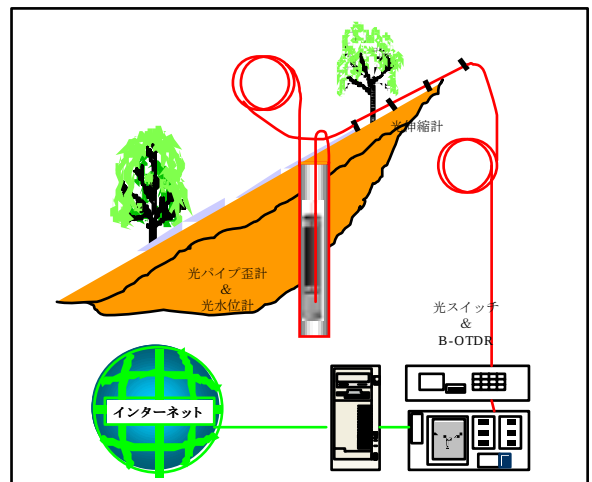


図-1 監視システム

キーワード : 光ファイバセンサ、地すべり、歪み計測、遠隔監視、B-OTDR

連絡先 : 〒920-0901 金沢市彦三町2丁目9番1号 NTT インフラネット(株) 北陸支店
TEL.076-265-4540 FAX.076-265-4608

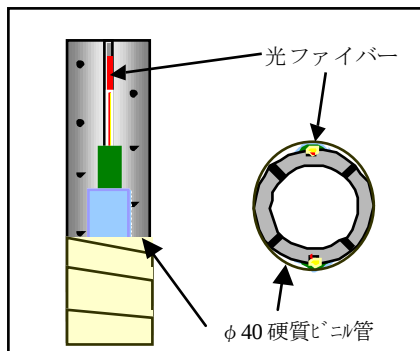


図-2 光パイプ歪計

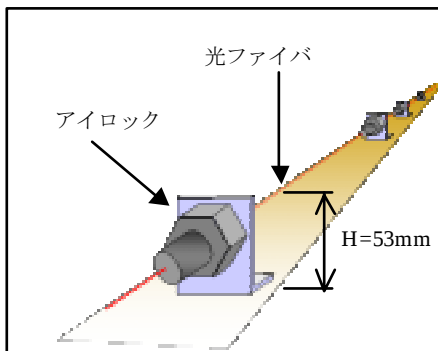


図-3 光伸縮計

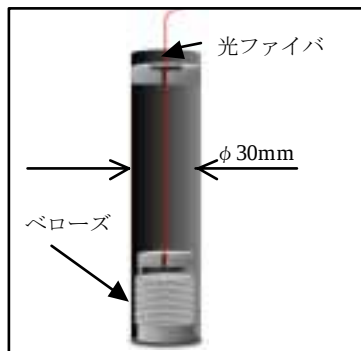


図-4 光水位計

4. 計測結果

B-OTDR の測定性能は、歪み測定精度 0.01%、距離分解能 1 m である。光伸縮計は、図-5 に示すように構造物の形状に合わせて上段、中断、下段に分け、地割れを想定した配置とした。現在までの計測データから下段のセンサが最も変化している。地表面の観察でもコンクリートのひび割れが拡大している。光センサは 5 m / 区間としており、最小 0.5 mm までの変化を捉えることができる。また、測定値が管理基準値（1 mm/Day）を越えた場合は、監視システムから e-メールで担当者等に警報内容が伝達される。

光水位計は、図-6 に示すように地下水位が日々変化している状況がはっきり計測されている。光水位計の外径を 30 mm に押え光パイプ歪計の中に収容した。水位計の測定精度は、70 mm であり、最大水深 15 m までの水位を計測できる。

光パイプ歪計の変化は図-7 に示すが、4 m、11 m 付近に微小な変位をとらえている。

光パイプ歪計で室内実験を行った結果、変位量 1 cm の場合 400 μ str の歪を確認している。更に、実際の地すべり地域において現場試験を行った。光パイプ歪計を従来のパイプ

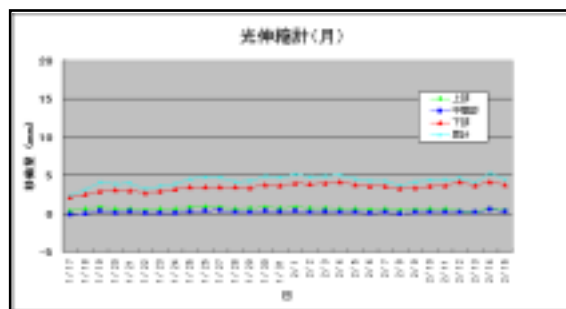


図-5 光伸縮計計測結果

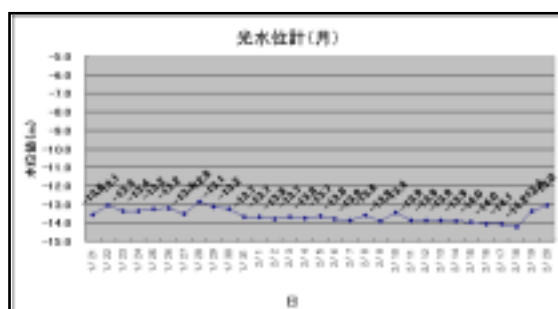


図-6 光水位計計測結果

歪計設置位置の 2.5 m 離れた位置に設置し、同時に地すべりを観測した。その計測結果を図-8 に示す。ここでは、光パイプ歪計により地すべり面が正確に計測出来ることが実証された。

B-OTDR による歪み計測では、温度変動による変化が生ずるため屋外に設置される光センサ観測において、歪みが加わっていない区間の歪みデータを基準値として温度補正を行っている。本システムでは、光伸縮計に近接して温度補正用光センサを設置し歪み補正を行った。

B-OTDR 方式による遠隔監視システムに必要な遠隔監視及び表示ソフトを新たに開発した。また、インターネットにより測定データを提供していることから、パスワード等を設定するなどしたセキュリティを確保している。

5. まとめ

本監視システムの導入により、当該地域の各種センサの観測結果が即時に行えるため、関連機関全体での総合監視体制が整ったことから地域の安全に貢献するものと確信している。また、広範な観測システムが効果的に構築できることから、道路、橋梁、トンネル、のり面等の構造物に各種光センサを設置することについて、本監視システムの計測を行っていく中で今後の課題としている。

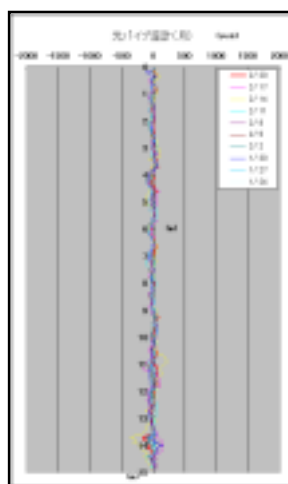


図-7 光パイプ歪計計測結果

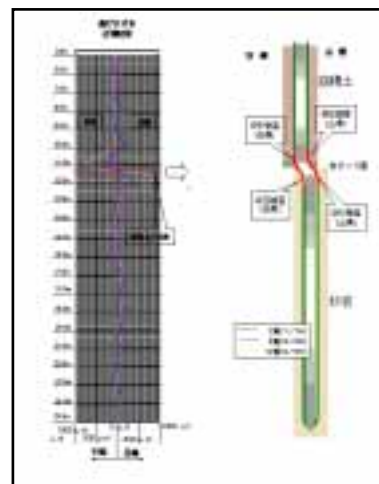


図-8 現場試験結果