

大変位伸縮量観測可能光ファイバセンサの開発（その2）

独立行政法人 土木研究所 雪崩・地すべり研究センター ○丸山清輝, 花岡正明
坂田電機株式会社 長友聖二

1. まえがき

斜面崩壊監視システムとして、斜面に光ファイバを張り巡らし斜面の挙動を観測する方法が提案されている。この方法は、斜面の挙動を光ファイバに生じる引張ひずみ量の変化として観測するものであり、引張ひずみ量が1%以上になると断線することや斜面の圧縮部の観測ができない¹⁾。そこで、滑動中の地すべり斜面の監視ができる（大変位の伸縮量が観測できる）光ファイバセンサの開発を行っている²⁾。本報告では、光ファイバセンサの変位観測精度向上化に関する検討結果と現地試験について紹介する。

2. 変位観測精度向上化に関する検討

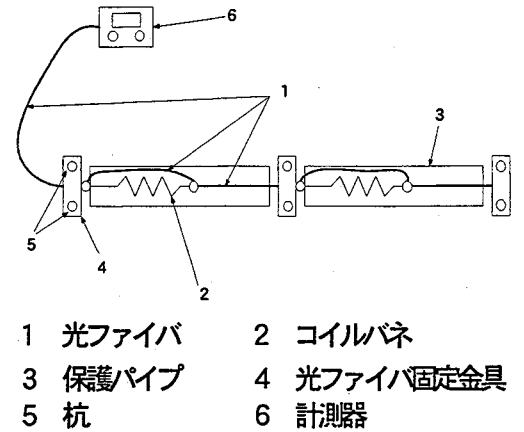
図-1には、考案した光ファイバセンサの概念図を示した。地すべり斜面の伸縮は、コイルバネ2の伸縮として捉え、さらにコイルバネ2の伸縮は光ファイバ1のひずみに変換される。この構造により、本センサは、光ファイバを単独でセンサとするものに比べて、格段に大きな地すべり斜面の伸縮量の観測ができる。

平成15年度のセンサ開発では、用いた光ファイバが補強材に鋼線が使われていたため、光ファイバをひずませるための応力が大きいこと（200mm変位時に212N）や、ひずみ量が約0.5%以上になると塑性変形し変位観測精度が低下するという問題が生じていた。そこで、これらの問題を解決できる光ファイバを探し、本センサに用いる光ファイバに（株）フジクラ製の7芯ユニット型光ファイバケーブル（型式：OGNYPEF SR15E SM 10/125 04X7C）を採用することにした。この光ファイバは許容曲げ半径が15mmであり、補強材に鋼線を使用していないため弾性係数が平成15年度に用いた光ファイバのものより小さい。

図-2は、光ファイバセンサの構成図である。ひずみ量を測定する光ファイバの長さは1,500mmとし、センサ全体の長さは2,000mmとした。この他、引張バネは、地すべり移動の測定範囲を引張・圧縮各100mmとして、光ファイバの弾性係数をもとにバネ定数0.291N/mm、長さ190mmのものを用いることにした。

図-3には、光ファイバと引張バネ及び固定金具との接続に用いた治具を示した。光ファイバは、高い圧力による締め付けや急激な曲げにより、破断や光ファイバ内を通る光の損失を生じるため、他のものと接続する際にはこれらのことはできない。そこで、他のものとの接続方法として、直径30mmの円形を2個並べた形状の治具を作成し、これらの円に光ファイバを8の字状に巻き付ける方法を考案した。

図-4は、本光ファイバセンサの引張収縮時の変位量（0.0→200.0mm変位時）とひずみ量との関係を示したものである。引張時のひずみ量は、変位量が200.0mmまで変位量とほぼ線形関係にある。また、収縮時のひずみ量は、変位量200.0→0.0mmまで引張時とほぼ同じ値を示している。これらのことから、本光ファイバセンサの観測変位量と出力であるひずみ量との関係を、観測変位量0.0～200.0mmの



1 光ファイバ 2 コイルバネ
3 保護パイプ 4 光ファイバ固定金具
5 杭 6 計測器

図-1 大変位伸縮量観測可能光ファイバセンサ概念図

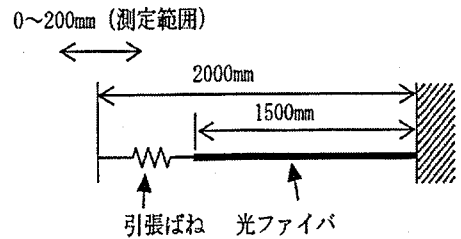
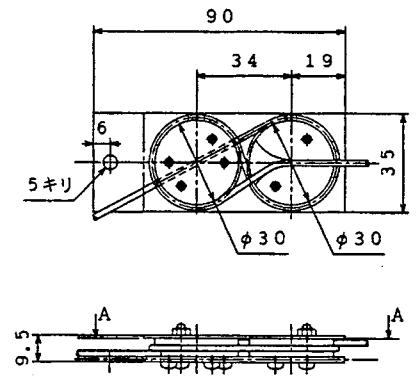


図-2 光ファイバセンサ構成図



単位:mm

図-3 光ファイバ接続治具

間においてほぼ線形関係にできたことが分かる。この結果、平成 15 年度に開発したものと比較して、センサの単位観測変位量に対する光ファイバのひずみ量を大きくすることで (0.5 % → 1.0 %)、センサ観測精度を向上化することができた。なお、本光ファイバセンサを変位させるために必要な引張力は 200mm の場合約 70 N であり、この力は光ファイバを変更したことにより、平成 15 年度に用いた光ファイバに比べて 1/3 にすることができた。

図-5 には、基礎試験結果をもとに設計した光ファイバセンサの全体図を示した。本光ファイバセンサは、図-2 に示した構造に現地設置用の支持金具、支持杭、内側及び外側伸縮パイプを取り付けたものである。

3. 現地試験

光ファイバセンサの現地試験は、沖見地すべり試験地で実施した。なお、センサは、幅 70cm、深さ 60cm の溝を掘り、50cm 打設した支持杭に固定し深度 50cm に 5 基埋設した。

図-6 は、本光ファイバセンサのセンサ部における機能別区間の配置を示したものである。測定区間は地盤の伸縮量をひずみ量に変換する区間であり、非測定区間は測定区間の間にひずみが

加わらない区間を設け、測定区間を識別するために設けたものがある。また、測定区間では、温度変化によりひずみ量が増加するため、その補正をする必要がある。各センサの温度補正は、測定区間のひずみ量から非測定区間のひずみ量を差し引いて補正することにする。

図-7 は、温度補正後の光ファイバセンサ現地試験結果を示したものである。H17.3.18 の観測ひずみ量は、H16.12.15 の観測値に比べて小さくなっており、地すべり斜面に圧縮ひずみが生じたことが分かる。なお、温度補正に用いる非測定区間のひずみ量の変動幅が大きくなっており、温度補正精度を低下させていることが懸念される。これは、非測定区間における光ファイバの配線処理に問題があると考えられ、この処理法について改善する必要がある。

4. あとがき

今後は、現地試験から出た問題点を解決し、本光ファイバセンサの実用化を図りたい。

参考文献

- 1) 丸山清輝ほか：光ファイバセンサを用いた地すべり移動計測方法に関する検討，平成 14 年度砂防学会研究発表会概要集，pp.216-217，平成 14 年 5 月
- 2) 丸山清輝ほか：大変位伸縮量観測可能光ファイバセンサの開発，平成 16 年度砂防学会研究発表会概要集，pp.22-23，平成 16 年 5 月

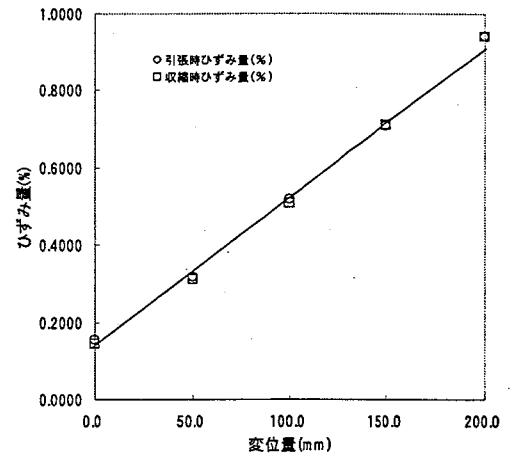


図-4 変位量-ひずみ量との関係

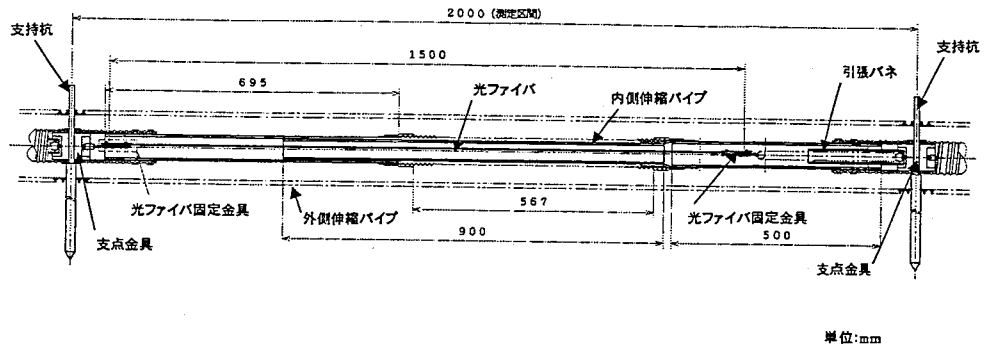


図-5 光ファイバセンサ全体図

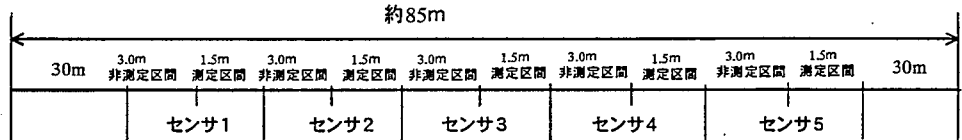


図-6 センサ部機能別区間配置

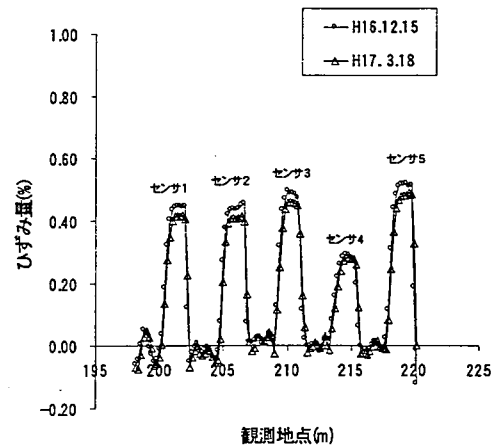


図-7 光ファイバセンサ現地試験結果 (温度補正後)