

B-OTDRを利用した光ファイバ水位計の開発

NTTアクセスサービスシステム研究所 正会員 ○藤橋 一彦
同上 正会員 小松 宏至
同上 正会員 金野 和也
独立行政法人土木研究所 正会員 恒岡 伸幸
同上 正会員 加藤 俊二

1.はじめに

膨大な数にのぼる道路斜面において、地滑り等の地盤崩壊を予測し警報を発するための監視・観測システムの強化が課題になっている。特に降雨による斜面崩壊は、発生頻度は高いが崩壊形態が多様で発生箇所の事前の特定も困難であるため、広範囲に連続する斜面を面的に監視・計測するシステムが必要とされている。従来の電気式計測により大規模な現場を計測する場合、距離的な制限や、システムが複雑になり高コストになるといった問題がある。一方、光ファイバセンサを利用すれば、シンプルなシステム構成で長距離に渡り連続的にひずみ量・ひずみ位置の把握が可能になる。そこで、NTTグループと土木研究所では、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行なっている。

モニタリングシステムを構成する要素には、伸縮計、地中変位計、傾斜計、地下水位計などが挙げられるが、本稿では、光ファイバ水位計の開発について、その概要を紹介する。

2.光ファイバ水位計の概要

光ファイバを利用して歪計測する方法にはいくつか方式があるが、ブリルアン散乱光を測定解析するB-OTDRを利用したセンサ構造とした。基本構造は図.1に示すとおり二重管構造で、内管にはゴムを使用しそこに光ファイバを巻き付けたものである。水位変化と共に内管が変形し、これに伴う光ファイバのひずみ変化を計測することで、水位を間接的に測定する。

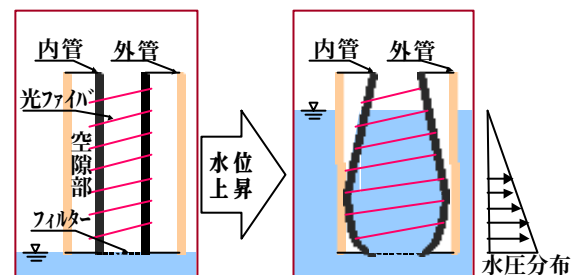


図.1 水位測定原理

3.光ファイバ水位計の評価実験

(1)実験概要

表.1に示す様に、光ファイバの巻き付け間隔、ゴム素材の異なる5台の供試体を作成した。評価はひずみ感度(水位の変化に対応したひずみ変化率)、水位とひずみの相関性、再現性について行った。実験概要は図.2のとおり透明ビニル管を取り付け、管内の水位を確認しながら計測した。データ処理については、水位0mの状態初期値を計測し、水位を変化させたときの発生ひずみと初期値との差分を測定ひずみとした。

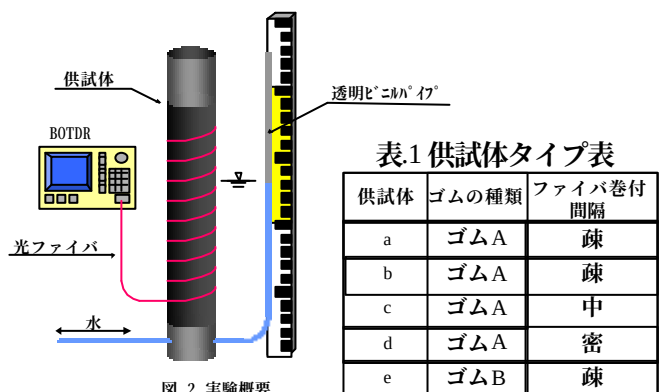


図.2 実験概要

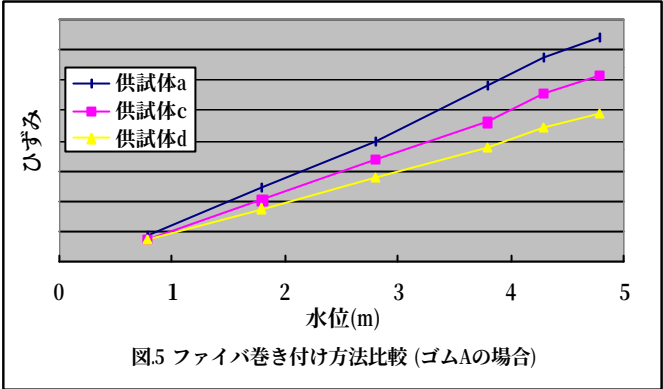
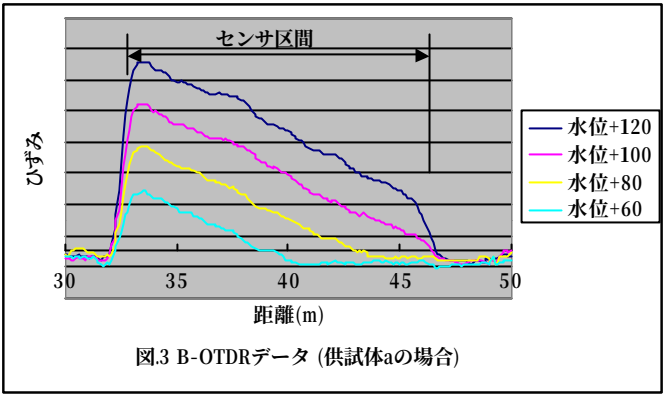
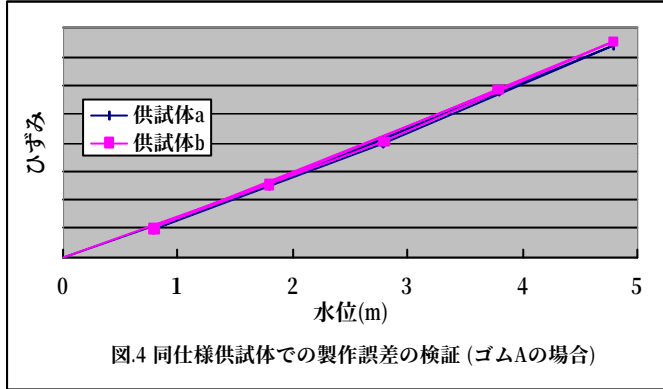
(2)実験結果

B-OTDRによる計測データの一例を図.3に示す。水位の変化に伴い、光ファイバのひずみ分布が一定の間隔でシフ

キーワード：斜面崩壊、地盤監視、光ファイバセンサ、水位計

連絡先：〒305-0805 茨城県つくば市花畑1-7-1 T：0298-52-2543 F：0298-52-2593

トしている様子が伺える。あるポイントに着目した水位とひずみの関係を図.4、図.5に示す。図.4は同じ仕様の供試体について、図.5は巻き付けピッチの異なる3つの供試体について水位とひずみの関係をそれぞれ表している。この結果から、製作誤差は少なく、全ての供試体で直線性・再現性があることが確認された。ひずみ感度は、巻き付け間隔が広いタイプの供試体aが最も高い評価となった。巻き付け間隔が狭い場合は、ゴムの変形に対する光ファイバの拘束が強くなり、ひずみ感度が低下する結果となった。



(3)誤差の検証

誤差については表.2に示すとおり、B-OTDRの特性に起因する誤差と、光ファイバ水位計に起因する誤差の2点から考察した。BOTDRの特性に起因する誤差は、B-OTDRが持つ±0.01%の誤差をひずみ感度より水位に換算した。光ファイバ水位計に起因する誤差は、フルスケールを5mとしたときの計算値である。良好であったタイプの試作品で±12cmであった。このため精度の向上が今後の課題となった。

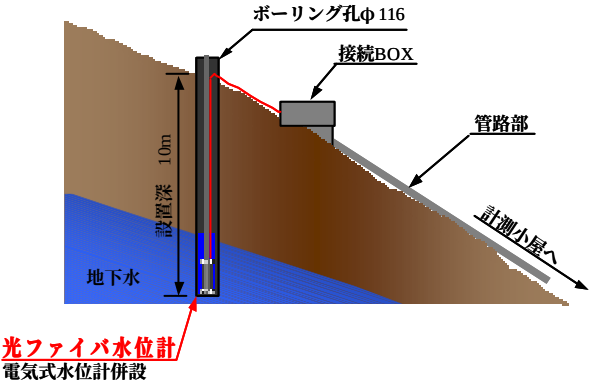
表.2 中間試作品（供試体a,c,d）の精度			[単位:cm]
供試体	B-OTDRの特性に起因する誤差 ^{注1}	光ファイバ水位計の特性に起因する誤差 ^{注2}	推定精度 ^{注2}
a	±6	±6	±12
b	±7	±6	±13
c	±10	±4	±14

注1：B-OTDRの特性（±0.01%）をひずみ感度より水位に換算した。
注2：フルスケールを5mとしたときの計算値

現在、B-OTDRは精度と安定性を向上させるため改良している事から、測定器本体に起因する誤差の改善が期待できる。また、水位センサ部である光ファイバの巻き方、材料、そしてそれらの組合せ等を精査し、改良する予定である。

4.現場への適用性検討

共同研究では、崩壊の恐れのある実道路斜面においてモニタリングを行っている。図.6のように、光ファイバ水位計を設置し、現行式である電気式水位計を併設した。両者の比較及び、耐久性等の検証を行う予定である。



5.参考文献

地下水ハンドブック 建設産業調査会
地下水位年表 社団法人全国鑿井協会

図.6 現場設置概要図