

光ファイバを用いた落石検知計測システム（OTDR方式）

NTTインフラネット関西支店 正会員 ○奥村 一郎
NTTインフラネット関西支店 川野 勝

1. はじめに

近年、道路斜面、法面などの防災管理上の監視、観測体制の強化の必要性が高まっているが、落石対策に関しては、落石防護ネットや防護フェンスなどを設置する対策方法が多く用いられている。また、監視、観測を実施する場合、電気式のセンサが対象物そのものに設置される例があるが、センサの劣化や電氣的な誘導ノイズの影響などの抜本的な問題がある。

そこで、今回、光ファイバセンサを用いた落石検知システムを考案し、落石状況を遠隔監視することとした。

システムの最大の特徴は既設の光ファイバ網を利用し、光ファイバ心線自体をセンサとして用いることにより、リアルタイムな落石検知と落石位置の特定をリモートセンシングにより可能にした点である。

光ファイバは通信分野において、高速・広帯域・大容量の通信が可能な伝送媒体として広く用いられているが、近年、光ファイバをセンサとして利用する研究が盛んに行われており、土木構造物のひずみや地盤の変状及び温度等を計測する技術として注目されている。光ファイバセンサの特徴として、劣化に強い、電氣的な誘導の影響を受けない、長距離の信号伝送が可能、電源が不要等の特徴があり、これらの特徴を活かした各種の計測システムについて開発が進められている。

本論文では、光ファイバセンサ（OTDR）を用いた落石検知計測システムの概要について技術紹介する。

2. 光ファイバセンサの概要

2.1 レーリー散乱光応用センサ（OTDR）

光ファイバに光パルスを入射すると、入射方向と逆方向へ反射光が発生する。これを「後方散乱現象」といい、光ファイバセンサの計測原理として利用している。レーリー散乱により発生する反射光の強度を計測することにより、光ファイバ長さ方向の入射パルスの損失量測定、および光ファイバの屈曲等の変化を検出することが可能である。

損失発生位置は、光ファイバにパルスを入射してから反射光が戻ってくるまでの時間から算出する。したがって、光ファイバをセンサとして計測対象箇所に設置することにより、長距離区間において変化点を検出することが可能である。

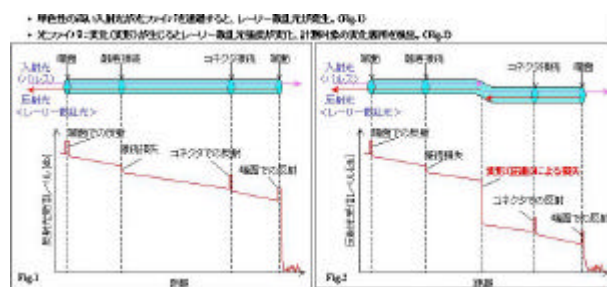


図-1 OTDR測定原理

2.2 検知の原理

落石発生の際に落石位置の光ファイバに人為的に曲げを与えることで、その部分のレーリー散乱光強度を低下させ、落石の検知と落石位置を特定することとした。落石検知の原理を図-2に示す。

レーリー散乱光の初期値がA-Bであるセンサ区間において、落石により光ファイバが屈曲し、レーリー散乱光の測定値がA-Cのように変化する。この初期値A-Bと測定値A-Cを比較することにより、落石の発生を検知し、発生位置を検出する。

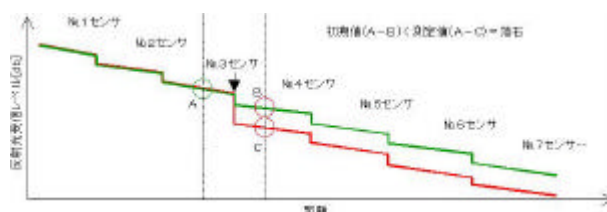


図-2 落石検知原理

3. 落石検知システム

3.1 設置箇所の概要

設置箇所は、和歌山工事事務所管内の国道26号沿いの孝子峠であり、崩壊しやすい岩盤地で、落石が点在している状況であった。また、和歌山県と大阪府を結ぶ主要幹線道路に面しており、交通量も多い路線で

キーワード OTDR, 光ファイバ, 落石検知, 道路, リモートセンシング

連絡先 〒541-0056 大阪府大阪市中央区久太郎町2-4-11 NTTインフラネット株式会社 関西支店 TEL06-4705-7593

もあることから、落石発生時には、交通事故や人身事故等の二次災害に繋がる危険性が高い箇所と推定された。

3.2 落石検知の方法

本事例においては、法面全体が岩盤であり、崩落の危険性が顕著な岩石は特定されていない。また、過去に発生している落石は、岩盤の一部が崩れることによるもので、直径は概ね砂～ $\phi 30\text{ cm}$ 程度と、比較的小径であった。また、大規模な落石が発生する前兆として、まず、比較的小径な落石が発生することが予想されたことから、今回の落石検知システムにおいては、小径の落石の検知とその位置特定を実施することとした。

具体的な落石の検知方法としては、センサの設置方法を含め検討した結果、法面下部において落石を待ち受けることにより、広い範囲で落石を検知する方法とした。

3.3 落石検知システム構成

本システムは、大別してOTDR測定器を含む監視装置と既存の情報BOX光ファイバ網を利用した伝送路および落石検装置の大きく3つで構成される。システム構成を図-3に示す。

落石の発生は監視装置のパーソナルコンピュータに即時通報され、画面地図上に記された各センサ部が落石規模に応じて3種類の色分け表示されると同時に警報を発する。また、検知履歴や測定結果グラフの表示機能を有している。ソフト表示画面を図-4に示す。



図-3 システム構成

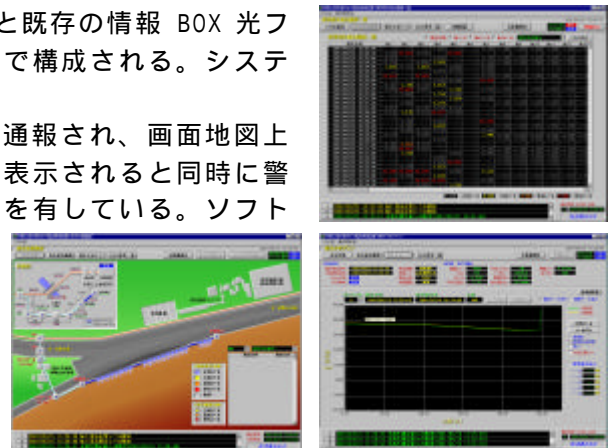


図-4 ソフト画面

3.4 落石検知装置

今回採用した落石検知システムについては、落石時に光ファイバに曲げを生じさせる仕組みが必要である。

ただし、落石による光ファイバの断線を回避すると同時に、落石の発生を繰り返し検知できる必要があるため、落石による力を間接的に利用した仕組みを考案した。落石検知装置の設置に関しては、既存の防護フェンスの支柱を利用し、支持部を取り付ける方式とした。

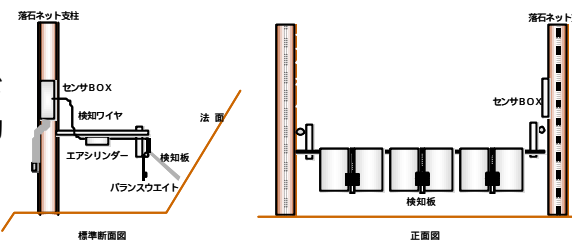


図-5 落石検知装置

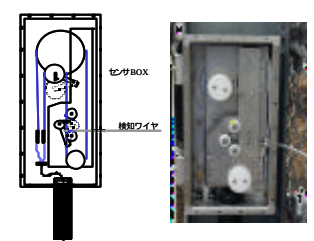


図-6 センサBOX

また、検知板は法面の傾斜に応じた角度調整機構を持たせる機構とした。落石検知装置の概要を図-5、センサBOXの概要を図-6に示す。

4 . 計測結果について

平成13年9月に№15センサが落石反応を検知したその時のデータ分析を行った結果を図-7に示す。落石検知板の動きと光損失の発生状況、現地調査の結果から岩盤表層が崩れ落ちたような落石の状況が確認された。また、落石発生当日の降雨量は200mmを越えており、これにより落石が活発されたものと推察される。これまで落石の発生と雨量との実質的な関係については定量的なデータが無かったが、本システムにより大規模な落石発生の危険予知としての有効なデータが取得できるものと考えられる。

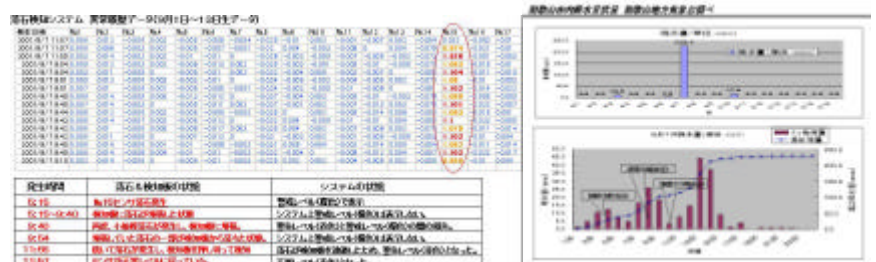


図-7 データ分析結果