

OTDR 手法を用いた斜面計測手法の提案

NTTインフラネット（株）関西支店 正会員 鳥越 寿彦
 NTTインフラネット（株）関西支店 川野 勝
 NTTインフラネット（株）和歌山支店 川本 幸広

1. はじめに

自然災害の中で、斜面に関するものについては、落石、地すべり等、崩壊に起因するものが多い。その中には、大転石・アースアンカー・吹き付けコンクリート等、監視する対象が明確である場合と、表層崩壊や地すべり等、その範囲と長さが不明確な場合がある。前者においては、対象構造物にセンサを取付、挙動を予想される箇所の計測を行うが、後者の場合、特定位置へのセンサ設置が困難であるため、その予兆を把握することを目的として孔内傾斜計や地下水位計を始めとする計測器を設置し、その挙動を想定することになる。

筆者らは、電気計測では困難な面的把握方法として、光ファイバセンサの開発検討を行っているが、その中で OTDR 手法を用いた簡易センサを開発したのでここで報告する。

2. OTDR 手法の原理

OTDR 手法は、光ファイバにコヒーレントな光を入射した時に発生する後方散乱光の一つであるレーリー散乱光を利用したものである。元々は、この手法で通信用の光ファイバの損失を計測し、通信ルートの検査を行っていたが、逆の発想として、何らかの損失が発生した場合、その箇所を把握する事ができる計測手法として確立された。その計測は、図 - 1 に示すような原理を基に利用される。

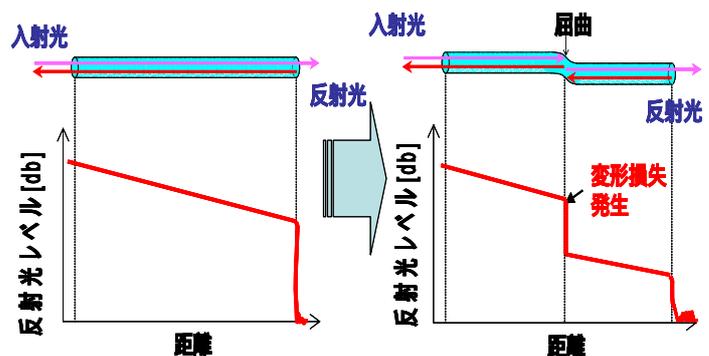


図 - 1 OTDR 計測原理

しかし、実質的に検出できる反射光レベルは約 4 dB 程度 (2km レンジ) であるため、一般に ON/OFF センサとして用いられることが多い。そのため、計測用センサが連続した場合、上部側でセンサが感知した場合、下部側のセンサでは検知ができない

3. OTDR 計測用センサ

対象とした事象は、斜面崩壊として最も多発している落石及び土砂崩壊である。OTDR 手法の原理を考えると、光ファイバにある一定の損失を発生させる仕組みを作ることになるが、センサとして使用する光ファイバケーブルの剛性等により、その方法は異なったものになる。

3.1 落石検知センサ

今回対象にした落石の大きさは、個別に把握することが困難なこぶし大程度以下のものとするため、「待ち受け方式」によるセンサ形式とした。待ち受け材は、板、フェンス、ネット等を用い、対象とする落石によりたわみや伸び等の変状を生じるものとし、その変状が敷設した光ファイバに損失を発生させる仕組みとした。センサ損失を発生させる仕組みとしては、光ファイバに屈曲を与える場合が一般的であるが、その仕組みを作るためにはメカニカルな部分が必要となるため複雑な構造となるのが一般的である。また、センサ自体の感度

キーワード 斜面計測, OTDR 手法, センサ
 連絡先 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 2 - 4 - 11 エヌ・ティ・ティ・インフラネット TEL 06-4705-7595

を変化させる必要があった場合、その変更にはかなりの手間が発生する。

そこで落石の挙動をほぼダイレクトに感知できるセンサを開発した。計測原理は、一定の張力で敷設した光ファイバケーブルに落石の挙動がワイヤーによりパイプに伝達されて作用するものである。また、このパイプの下にある金物がストッパーとなるため、ある一定の損失を超えないことや、パイプ径を変更する事で、センサの感度を調整することができる。

落石によりパイプに発生する張力を錘で仮定し、実験した結果、パイプ径を変化させると損失量も 0.5~2.5dB へと変化し、錘の量を増加させてもその値を一定に保つことができた。しかし、その場合、光ファイバの分解能、加算回数、センサ長を特に正確に設置しなければ結果が曖昧になり判断できなくなることも同時に確認できた。

写真 - 1 に本センサを示す。

3.2 土砂崩壊センサ

土砂崩壊を感知するためには、その崩壊面の挙動を把握する場合と、崩壊した土砂により把握する場合が考えられる。前者の場合、光ファイバにその挙動を伝達する仕組みが必要になることに加えて、動植物による影響や大規模に崩壊した場合、計測自体が不能になる可能性が危惧される。今回開発したセンサは、大規模な崩壊ではなく、後者の理論を利用し、崩壊した土砂を土圧として感知できる簡易形式のものとした。

センサの感知理論は、崩壊した土砂がセンサ上に载荷した場合に反応する構造としたが、その土砂により光ファイバセンサが破断する可能性があるため、間接的にその外力を伝達できる構造とした。その構造は受圧面と作用面に分かれ、作用面は中心部に突起があり、一定の角度を有している。また、受圧面はNR、ウレタン、ヒノキ材等を用いた構造である。受圧面の構造を替えることにより、光ファイバセンサに作用する損失が異なるため、作用面に载荷した土砂の量に合わせた大まかな感知基準を設定することが可能である。

写真 - 2 にセンサを示すが、この状態は作用面をわかりやすくするため横に置いている。このセンサを土砂崩壊の可能性があり、その土砂が堆積する確率の高いところに設置する。

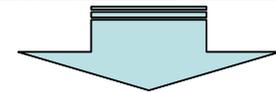
また、このセンサの大きさを変えることにより、ピンポイントセンサとして使う場合や大きくして面的に検知して利用することができる。ただ、センサの上部に土砂が盛り上がり堆積した場合、作用面にかかる土圧が増加するため、場合によってはその箇所が作用した場合、それ以降のセンサはダイナミックレンジを超えるため、計測が不可能となる場合がある。

4. おわりに

今回、OTDR を用いたセンサを開発し、室内実験でその機能は確認できた。通常の変位計と違い ON/OFF センサを今後の計測に対して如何に利用していくか、監視対象に対して設置するセンサ数に対して、同時に感知する最大許容数の考え方が OTDR 手法には大きく関連することがわかった。

また、今回開発したセンサを今後の計測に使用するためには、センサを設置する行為だけでなく、光ファイバの分解能、加算回数、センサ長等を十分に検討・把握した上で行うことで実現され则认为。

作用前



作用後



写真 - 1 落石センサ



写真 - 2 土砂崩壊センサ