

持続可能な防災システムの構築に向けた 光ファイバの利用：地すべり挙動モニタリング

島根大学
小暮哲也

1. はじめに

分布型光ファイバセンシング（Distributed Fiber Optic Sensing, DFOS）は、ひずみまたは温度変化を広範囲かつ線的（ケーブルの配置によってはほぼ面的）に把握できる技術である。技術が開発された当初は、ラマン後方散乱光の解析による温度変化のみの測定が DFOS の利用方法であった。たとえば、大型化学プラント内では有害な液体が流れる金属配管表面にケーブルを密着させて温度の経時変化を測定し、温度変化が他より大きい箇所では局所的に腐食が進行して配管の肉厚が薄くなってきたと判断する健全性評価に利用されてきた。その後、ブリルアン散乱光を利用して温度に加えひずみ変化も測定対象となった。たとえば、巨大なビルやトンネル、橋梁における局所的なひずみの増大の検知に利用されている。2010 年頃からレイリー散乱光の解析技術が進歩し、測定可能な温度・ひずみ変化の解像度が 2~3 桁ほど向上した。これにより、それまでは金属やコンクリートといった比較的均質で強度が大きい物質がひずみ測定の対象であったが、不均質で強度が低い土壌や岩石のひずみも測定されるようになった。このような技術の進歩により、近年 DFOS のさまざまな分野への適用事例がますます増えている。本稿では、筆者が取り組む防災分野での適用事例、特に地すべり挙動モニタリングにおける DFOS の適用事例¹⁾を紹介する。

2. 地すべり挙動モニタリングにおける光ファイバセンシングの利点

地すべりは、主に大雨による地下水の上昇が原因で発生する斜面変形現象の一つである。高速な土石流とは異なり、地すべり移動体の移動速度は最大で一日当たり数十 mm 程度と小さい。通常、地すべり移動体の挙動を把握するために、移動体の変位や移動体そのものの変形が測定される。多くの場合、移動体の変位は地表面に設置された伸縮計の伸び、移動体の変形は移動体に掘削されるボーリング孔内に設置されるひずみゲージや傾斜計の値により評価される。DFOS は、これらの中で主にひずみゲージに置き換えられる技術である。ひずみゲージで測定可能なひずみの解像度は $1 \times 10^{-6} \text{ ε}$ ほどであるが、DFOS では $2 \times 10^{-8} \text{ ε}$ ほどである²⁾。また、ボーリング孔内に設置可能なひずみゲージ間隔（空間解像度）は最小 50cm ほどであるが、DFOS では最小 2cm である²⁾。したがって、ひずみゲージの代わりに DFOS を採用した場合、測定値の精度と空間解像度が 1~2 桁向上する。また、ひずみゲージには通電用のリード線が附属するため、ひずみゲージの数が増えるとリード線の数も増えリード線の取扱いに注意を要する。一方、DFOS では光ファイバケーブル 1 本で全センサーとデータ取得用ケーブルを兼ねるため、設置もきわめて容易である。

3. 島根県における地すべり挙動モニタリング事例

先述の通り、DFOS は従来の地すべりモニタリング技術に比べ、取得データの質とセンサー設置の容易さの点で優れている。このことを実際の現場で確認するため、筆者は地すべりが発生した場所において光ファイバケーブルを用いた地すべり挙動モニタリングを実施した。同時期には、同一のボー