

光ファイバを用いた斜面監視システム（MDMS）の開発

長菱制御システム(株)* 正会員 中村 大治郎, 開 登喜雄, 山口 憲幸
三菱重工業(株)** 正会員 紀 博徳

1. まえがき

起伏の激しい地形を有する我国では、急斜面地が道路・鉄道などの交通ルートや宅地などに利用されており、悪条件地域の地すべり・崩壊事故を未然に防止する事が重要である。地盤・傾斜地の経時変化や豪雨・地震などによる変状をリアルタイムに観測するシステムが望まれている。本報告では光ファイバ計測技術を活用した「斜面監視システム」の開発状況を紹介します、斜面モデル試験によるシステム機能の検証結果を示す。

2. 光ファイバによる斜面監視システム

2.1 開発目標

光ファイバを利用した変位計測法は、(1) 光ファイバ自体がセンサとなり無電圧・無通電、(2) 電磁ノイズや落雷の影響少、(3) 軽量であり耐腐食性を有するなどの特徴を備えている。下記を目標として当社独自の斜面変位計測システム(MDMS：Macro Distortion Monitor System)を開発した。

- 1) 低価格システム：危険区域外の崩壊が多発している現状を踏まえ、低価格で簡便に適用可能なこと。
- 2) システムの拡張性：監視規模(数点～大規模)に応じ、経済的にシステムを構築・拡張出来ること。
- 3) 計測の高速化：斜面崩壊は急激に起きることが多く、崩壊前兆(変位)を瞬時に検知可能なこと。
- 4) 省力化：監視斜面の変位を自動/遠隔監視することが可能なこと。

2.2 システム構成とMDM センサ

MDM システムは、図 1 に示すように MDM センサ、現場盤および防災センターなどに設置する監視装置から構成される。複数個の MDM センサを光ファイバで直列に接続し、現場監視盤内に設置された一台の MDM アンプで監視する例を示している。MDM アンプにより、光ファイバの一端からレーザー光を照射する。そのレーザー光は、MDM センサ全数を通り、終端処理部を経由、MDM アンプの受光端に戻って、MDM 内部の光/電回路で電気信号に変換される。斜面変位が起きると直ちに本電気信号が変化する。電気信号の変化は信号処理部で監視され、公衆回線などを介して防災センターに情報を伝達する

MDM センサでは、光ファイバに曲げが加わる際に生じる透過光の強度変化を測定するマイクロバンドと呼ばれる原理により変位を計測している。斜面変位計測用(計測レンジ：±5mm, ±30mm)、

地中変位計測用(計測レンジ：±5mm)のセンサを準備し、計測感度は0.05mmである。

MDMS の特徴の一つは、オプションで OTDR や BOTDR を使用可能なことである。斜面変位が検知された場合、OTDR を使用して変位の生じている MDM センサを特定出来る。詳細観察が必要となる場合は、MDM センサの戻り側の光ファイバを利用して、BOTDR により変位分布測定が可能である。

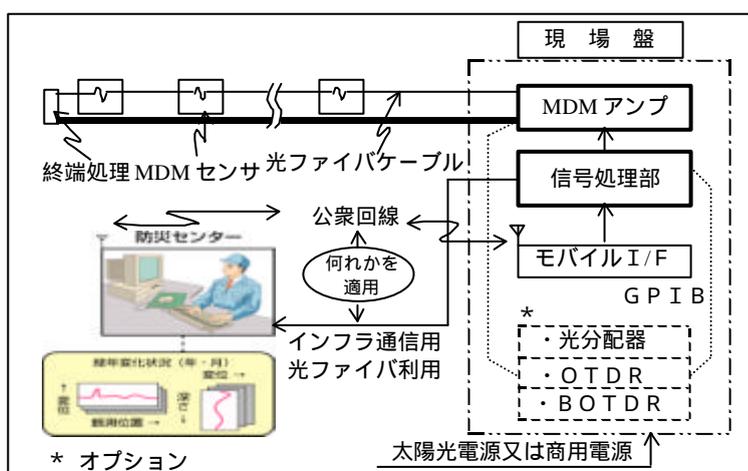


図 1 MDMS システム構成図

キーワード：光ファイバ、変位測定、遠隔モニタリング、地すべり、斜面

* 〒850-8610 長崎市飽の浦町 1-1 TEL: 095-828-7733 FAX: 095-828-7740 HP: <http://www.ryousei.co.jp/>

** 〒851-0392 長崎市深堀町 5-717-1 TEL: (代表)095-834-2050 FAX: (代表)095-834-2055

3. 斜面モデル試験

3.1 試験方法

高さ 2m, 幅 2.5mの斜面モデルを製作し, 模倣的に斜面すべりを発生させ, 斜面の地表 3 点, 地中 3 点の変位を MDM センサを用いて測定した。斜面地表変位用の MDM センサ

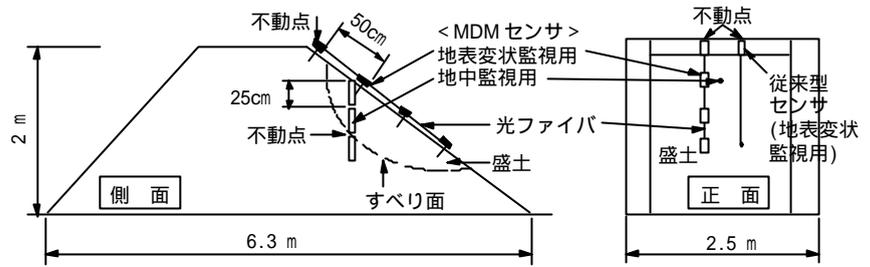


図2 斜面モデル試験における MDM センサの設置状況

は, モデルの上部不動点から 50cm 間隔で 3 点設置した。これらのセンサは地中に約 30cm 深さで十字型平板を打ち込み, その上部に設置した。MDM センサ性能検証のため, 従来型変位センサを不動点に固定し, 約 1.5m の位置に十字型平板を打ち込み, この間の変位を計測した。地中変位用の MDM センサは, 盛土中にすべり面に向かって 25cm 間隔で垂直方向に 3 点設置した。

崩壊試験については, 当初, 斜面モデル上部に散水して, 実斜面の降雨による崩壊を模倣することを試みたが, 盛土の土質や盛土製作後の経過日数差などで崩壊が不安定であったことなどから, 斜面下部の盛土を少しずつ取り除く方法で崩壊試験を繰返した。

3.2 試験結果

斜面モデル崩壊試験の結果を図 3 に示す。斜面下部の盛土を徐々に取り除いていくと, 最初に斜面上部に微小き裂が発生する。このき裂は地表変位測定の上部 MDM センサで検知されている。一方, 地中変位測定の間中 MDM センサには, 地表変位測定センサより以前に変位が検知されており, 地中内部にて先行して変形したと推定される。この時点では, 従来型変位計では変位を検知出来ない。但し, さらに盛土を取り除くと斜面上部のき裂数とき裂幅が大きくなり変位計でも変位が検出される。地表変位測定センサでは, 上部センサによる変位検知量は大きくなるが, 中間センサに変位は発生せず, 下部センサには圧縮変位が検知されている。最後に, 盛土の取り除き量が規定量を超えると, 斜面全体が動き出し崩壊に至る。この場合, 地中上部センサを除く全センサの変位が最大値を示す。地中上部センサに変位が検知されないのは, 盛土と同一の動きをするためと推定される。

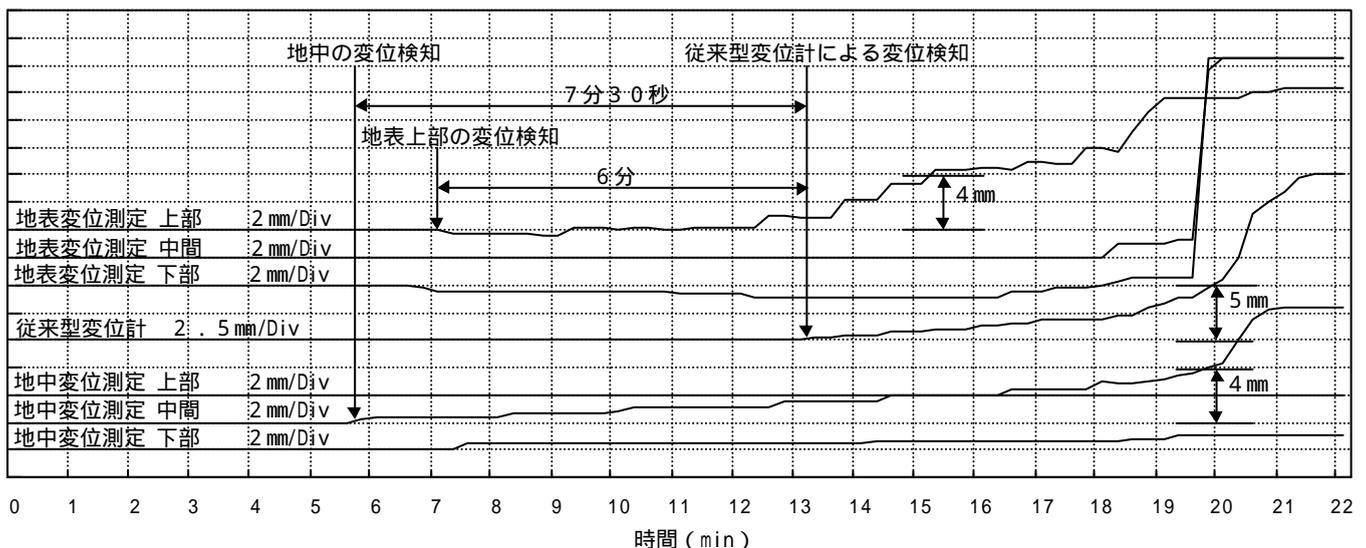


図3 斜面モデル崩壊試験結果

4. まとめ

新規開発の MDM センサは局所的な微小変位の検知も可能なことを実証した。また, モバイルによるデータ通信, 太陽光発電装置とのインターフェイス機能も確認した。今後, 建設省土木研究所との共同研究「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研究」に参画し, 実斜面への適用技術を検討する。