

# 光学ストランドセンサーを適用した老朽化構造物の長期連続モニタリングに関する一考察

One consideration about the long-term continuous monitoring of the deterioration structures which applied the optical strand sensor

門 万寿男 蓮井 昭則  
Masuo Kado Akinori Hasui

OSMOS 技術協会  
OSMOS Technology Association

## 1. まえがき

構造物の長寿命化（延命化も含む）のためには構造物の状態を的確に知ることがきわめて重要であり構造物の長期連続モニタリングはこの課題に答える技術の一つと位置づけられる。光ファイバーセンサーを適用したモニタリング技術は構造物を長期間、連続的に計測することが可能でありこのニーズに応えられる要素技術である。

本稿では長期連続モニタリングの有効性とシステムとして必要な機能、評価の指標、考え方についてまとめる。

## 2. 長期連続モニタリングの意義と必要機能

### (1) 長期連続モニタリングの意義

老朽化が進んだ構造物の構造物が本来持っている耐力を定量的に評価し、有効に使い切るための技術はきわめて重要であり、老朽化の進行状況をいち早く察知することができる技術としてモニタリングが挙げられる。

しかし、これまで行われてきたモニタリングは、数ヶ年に一度、あるいは数ヶ月に一度と言った断続的な点検（測定）が主体であり、構造物建設直後の初期値が判明している場合には有効と考えられるが、初期値が得られていることは非常に稀である。そのため、供用中の構造物の挙動や変化傾向をリアルタイムで把握できる長期連続モニタリング技術は構造物の劣化の進行を把握する手段として有望な技術と考える。

### (2) 長期連続モニタリングに必要な機能

構造物を長期間にわたり精度よくモニタリングするためにはシステムに以下の機能が必要と考える。

- 構造物の変化をいち早くキャッチするリアルタイム性
  - 長期間連続的に安定した計測
  - 突発的な現象や地震、振動などの動的現象の計測
  - センサー、システムに温度依存性が無いこと或いは温度影響を除去できること。
  - 測定のレンジが広くマイクロからマクロまで追従可能なこと。（線形から非線形現象までの監視）
  - 計測が外部環境（電気ノイズ、雷、温度、湿度M降雨、降雪、凍結など）の影響を受けないこと。

これらの必要機能を満足するセンサーとして近年、光ファイバーを利用したひずみや変位を計測できるセンサーが多く開発されており既往の電氣的なセン

サーに比較して長期間、安定した計測が可能となっている。

## 3. 光学ストランドを適用したシステムの概要

光センサーの一つである光学ストランドを適用したモニタリングシステムの概要と長期連続モニタリングの有効性について示す

### (1) 測定原理

光ファイバーの中を光が通過するとき、経路の屈曲部で光の一部が外部に漏れ出し、ファイバー内部を透過する光の強度が変化する性質がある。光学ストランドによる構造物のモニタリングシステム(Optical Strand Monitoring System :OSMOS)の計測原理は、この原理を利用し、構造物の変化や動きを計測しようとしたものである。

### (2) 機器構成

OSMOS システムは、対象構造物に設置する光学ストランド（センサー部）とファイバー内を通過する光の強度を検知して変位量に変換する光学変換部、そして計測結果を分析表示するモニタリング部で構成されている。システム構成と代表的な仕様を図-1に示す。

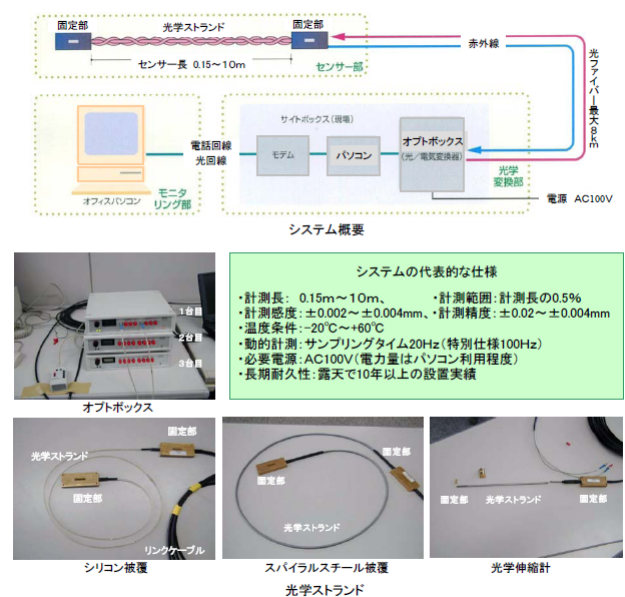


図-1 システム構成図

計測結果は電話回線や携帯電話を利用したデータの採取やシステムの遠隔制御が行われている。また、オプトボックスの出力を従来の計測で使われているデータロガーに接続し、既存センサーによる計測結果と合わせて複合的にモニタリングする事例もある。

(3) センサーの設置

センサーの設置はセンサー両端の固定部をアンカーボルト、ねじ止め、接着剤、場合によっては強力な磁石やクランプなどを用いて対象物に取り付けるだけで済むためきわめて短時間で設置作業が終了する。設置に関しても特別な事前準備作業は必要としないため1センサー設置に要する時間は数分で終了する。

更に、特別高温な場所以外は、気中、水中、土中、コンクリートへの埋め込みなど広い範囲の環境下での使用することができ、豊富な実績が有る。水中では水深 30m、毎秒 20 ton/秒の流水中で2年間連続計測の実績がある。

具体的センサーの設置事例を写真 - 1 ~ 写真 - 3 に示す。



4. 適用事例

1999 年に日本に OSMOS システムが導入されて以来、150 例近くの適用実績が有り、その適用分野は橋梁、トンネル、建築構造物などの土木構造物だけでなく鉄塔、船舶などの実績もある。

その中で現在も継続されている長期モニタリングサイトの例を表 - 1 に示す。

表 - 1 長期連続モニタリングサイト

NO	構造物	構造概要	モニタリング期間	
			開始	終了
1	有線放送局受信鉄塔	鉄塔	1999.06	現在
2	鉄道構造物	連続アーチ式高架橋	2000.02	現在
3	港湾施設	P C 構造物	2003.10	現在
4	学校建築	R C 構造	2003.01	現在
5	トンネル	老朽化トンネル	2000.09	2006.05
6	トンネル	老朽化トンネル	2007.03	現在
7	擁壁	R C 構造	2004.10	現在
8	ダム	アーチ式	2003.12	現在
9	橋梁 (鉄道)	P C 構造	2003.08	現在
10	橋梁 (道路)	P C 構造	2007.06	現在

2007 年 7 月 23 日 16 時 23 分ごろ千葉県北西部を震源とした地震が発生し首都圏は久しぶりに震度 5 を上回る地震を観測し、鉄道機関の運休やエレベータ内閉じ込め事故が発生した。当時連続モニタリングをおこなっているサイトが 3 ヶ所あり同時にこの地震の応答を計測することができた。その一例を以下に示す。

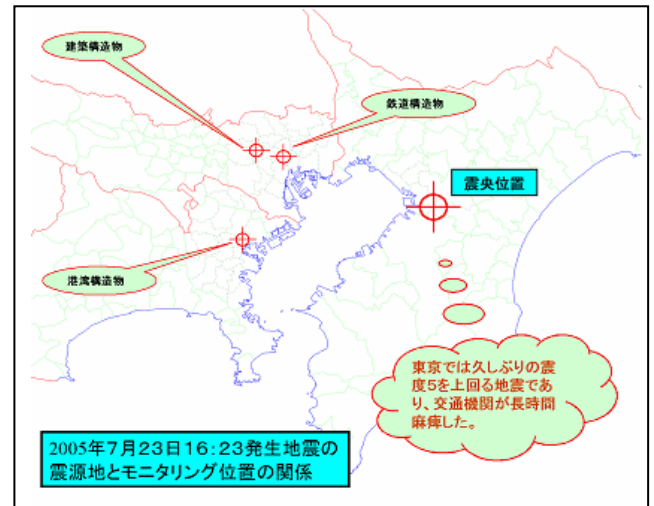


図 - 2 震源とモニタリング位置の関係

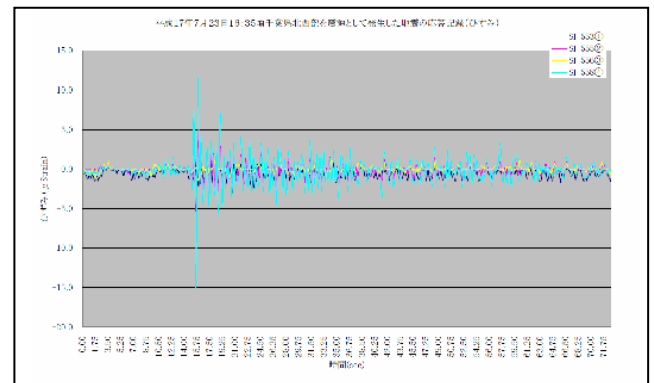


図 - 3 学校建築で計測された地震応答波形