

## マルチ光計測プローブの開発

(株)大林組 正会員 畑 浩二  
 (株)レーザック 正会員 ○藤井 宏和

## 1. はじめに

構造物の維持管理を考える場合、施工中から共用期間の長期にわたり変状やき裂などの損傷発生を何らかの方法でモニタリングする事が求められている。地盤や岩盤を対象にした長期モニタリングに際しては、特に水分によるセンサの劣化や、場合によっては可燃性ガス噴出に伴う爆発などのリスクを回避することが求められる。著者らは、従来の電気式計測系では対応困難な高含水地山や、可燃性ガスが停滞したり噴出する地山でも長期モニタリングが可能な光式 AE センサ<sup>1)</sup>を開発し、波方国家石油ガス備蓄基地(ブタン/プロパン兼用貯槽)のプラグコンクリート長期健全性モニタリングに適用中である。<sup>2)</sup>

今般、光式 AE センサに光式間隙水圧センサと光式温度センサを組み合わせ、1本の計測プローブに多点配置し、同時計測ができる計測システムを開発したので報告する。

## 2. 各種光式センサ

岩盤の力学的および水理学的挙動を把握するために AE、間隙水圧および温度に着目した。AE センサは、岩盤やコンクリートから発する非可聴音域の超音波を測定し、微視的な局所的な破壊から巨視的な破壊状況を評価することが可能である。間隙水圧センサは、地下水の流れによる圧力変動を測定し、地下水位の変動を評価することが可能である。一方、温度センサは、地殻や地下水の変動に伴う温度変化を測定し、岩盤変状や地下水変状の基礎情報を与えることが可能である。近年、これらのセンサでも光式が開発され実用化段階にある。

そこで、計測プローブに組込む光式センサの外観を図 1 に、仕様を表 1 に示す。光式 AE センサは、長さ 65m の光ファイバーを楕円型の積層構造に固めたものである。受けた振動(AE)によってファイバーが伸び縮みするため、内部を通る光には、ドップラー効果による波長変化が生じる。この波長変化量を、干渉計にて光ヘテロダイン検波することによって AE 信号を得る。一方、光式間隙水圧センサと光式温度センサは、ファブリ・ペロー干渉方式である。センサの感応部は光ファイバーとキャビティーと呼ばれる間隙によって構成され、ファイバーを通る光は、キャビティーによって反射・干渉する仕組みになっている。圧力・温度によってキャビティー長が変化すると、光の干渉状態も変化するので、これを干渉計で検知することで、高精度・高分解能の温度や圧力センサとして機能する。



図 1 光式センサ

表 1 光式センサの仕様

	検出方式	仕様
AE センサ	光ドップラー方式	周波数帯域: 10~200kHz ピーク感度: 130dB±4dB 耐圧: 5MPa
間隙水圧センサ	ファブリ・ペロー方式	測定範囲: 最大 7MPa 分解能: <1.4kPa
温度センサ		測定範囲: -40℃~+85℃ 分解能: 0.1℃ 耐圧: 5MPa

キーワード: 光式 AE, 光式間隙水圧, 光式温度, 長期モニタリング, 防曝

連絡先: 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 TEL042-495-0918

### 3. マルチ光計測プローブ

地下での岩盤挙動をモニタリングする場合、種々な計測センサをそれぞれ独立して設置することが多い。しかし、ボーリング孔を利用して各種の計測を行う場合、ボーリング孔同士の干渉や水みちの新たな形成によって真の岩盤挙動や地下水情報が得られにくい状況になることが想定される。したがって、エネルギー備蓄や放射性廃棄物地層処分における大深度モニタリングでは、可能な限りボーリング孔の数を少なくすることが肝要である。そこで、著者らは1台の計測プローブに、上述した光式AEセンサ、光式間隙水圧センサおよび光式温度センサを適切に配置するために、以下の工夫を施した。

#### (1) ボーリング孔内への設置方法

光式AEセンサは岩盤孔壁面に接触する必要があることから、対象岩盤の強度変形性やき裂などの地質状況に合わせてグラウト埋設方式もしくは加圧装置による押し付け方式が選択可能である。一方、光式間隙水圧センサおよび光式温度センサはボーリング孔内を浸潤する地下水を対象にしているため、ダブルパッカーで区切られた空間内に設置する。

#### (2) プローブの構造

φ86mmのボーリング孔に設置可能な大きさとして、プローブは最大φ80mmとした。対象岩盤の深度および水圧条件によりパッカー長は適宜変わるが、例えば水圧5MPa環境下ではパッカー長は60cmとなる。また、パッカーには、多点計測のためのセンサケーブル貫通ライン、グラウトライン、センサ押し付け機構の作動ライン等の複数の配管(外径6~12mm)が配されている。

#### (3) 拡張性

プロトタイプ版では、光式AEセンサ、光式間隙水圧センサおよび光式温度センサを組み込んでいるが、光式ひずみセンサも内蔵することが可能である。ただし、対象岩盤の強度変形性や含水量によって適不適があるため、あらかじめ対象岩石による光ひずみセンサの接着性を確認することが肝要である。

### 4. まとめ

1本のボーリング孔内でAE、間隙水圧、温度を連続計測できる光計測プローブを開発した。本装置はセンサと計測ケーブルは光ファイバーで構成されているため、高含水比地山や可燃性ガス噴出地山でも、特別な対策無しに長期モニタリングが可能である。また、雷などの電磁パルスによる影響も受けにくい特徴を有する。

現在、3台の光式AEセンサおよびそれぞれ1台ずつの光式間隙水圧センサと光温度センサを搭載したマルチ光計測プローブを、(独)日本原子力研究開発機構の幌延深地層研究センターの地下施設に設置し、立坑掘削影響挙動モニタリングを開始した。<sup>3)</sup> 今後は、特殊条件のみならずインフラの維持管理でも利用を促進させたい。

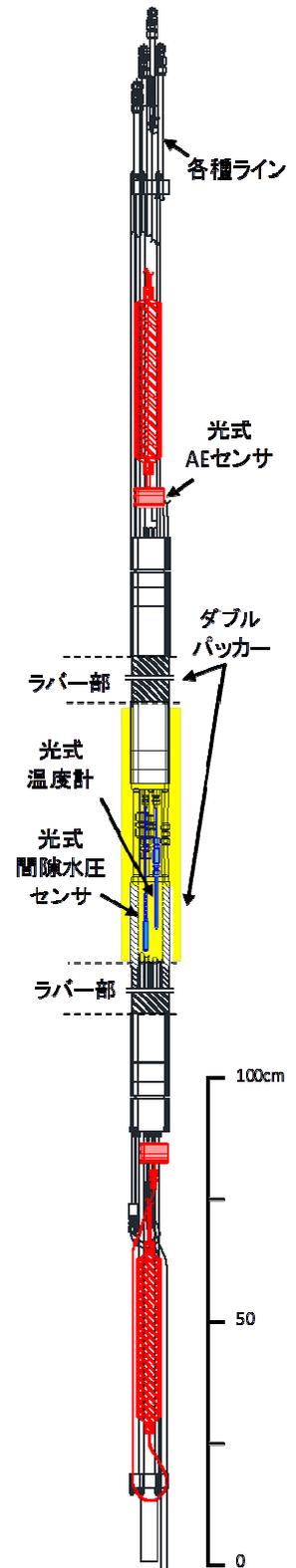


図2 マルチ光計測  
プローブの外観

### 参考文献

- 1) 畑浩二, 宮崎裕光, 田仲正弘, 布谷勝彦, 斉藤義弘, 藤井宏和: 光ファイバーを利用した原位置 AE センサの開発, 第40回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.109~114, 2011.
- 2) 畑浩二, 二島 建, 大久保秀一: 光式 AE センサによる波方国家石油ガス備蓄基地での岩盤健全性評価, 第68回土木学会年次学術講演会講演概要集 第VI部門, pp.381~382, 2013.
- 3) 畑 浩二, 丹生屋純夫, 津坂仁和, 青柳和平: 幌延深地層研究所におけるマルチ光計測プローブを用いた立坑掘削影響領域の長期モニタリング計画, 第69回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2014.