

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

(株)大林組 正会員 ○畑 浩 二

(株)大林組 正会員 二島 建

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 大久保秀一

1. はじめに

従来の AE センサは、伝播する微小振動を圧電素子で電気信号に変換し計数していた。近年、光ファイバを利用した AE センサ (Fiber Optical Doppler センサ¹⁾) が開発された。このセンサは、伝播する微小振動が光ファイバを伸縮させることで生じる光のドップラー効果を利用する。最大の特徴として、計測経路に電気が流れないため高湿度条件下で生じる絶縁抵抗の低下や可燃性ガス突出による防爆などのリスクが低減されることにある。

著者らは、原位置での利用を念頭に、低周波数領域での感度特性をさらに向上させた新しい光式 AE センサ^{2), 3)}を開発し波方ブタン/プロパン兼用貯槽の岩盤モニタリングに適用したので、その特徴ならびに作業トンネル充水期間での計測結果について報告する。

2. 光式 AE センサ

光式 AE センサは、ファイバ長が長くなればなるほど感度も高くなる特性がある。そこで、当初、センサ素子を円筒型の積層構造にしたことで 80~130kHz の周波数領域の感度を高め感知領域は概ね半径 1~2m を確保したが、岩盤に内在するき裂の密度、弾性波伝播特性、減衰特性などにより感知領域は大きく影響される。そこで、円筒型より低周波領域でより高感度な特性を有する楕円積層構造をした新しいセンサを開発した。外観を図 1 に、感度特性を図 2 に示す。円筒型に比べ、感度ピークが 15kHz および 30kHz~50kHz にあるとともに、概ね 20dB 程度の感度向上が図れており、原位置計測で実績のある 30kHz 共振型 PZT 式 AE センサに比べて遜色無い感度特性を得た。その結果、感知領域は概ね半径 5m 程度は確保できる見込みである。

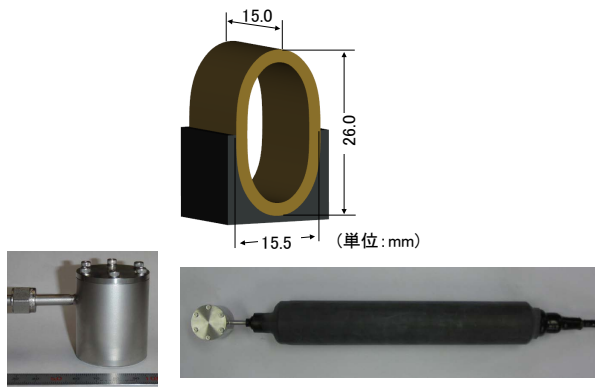


図 1 楕円積層型の光式 AE センサと現場設置外観

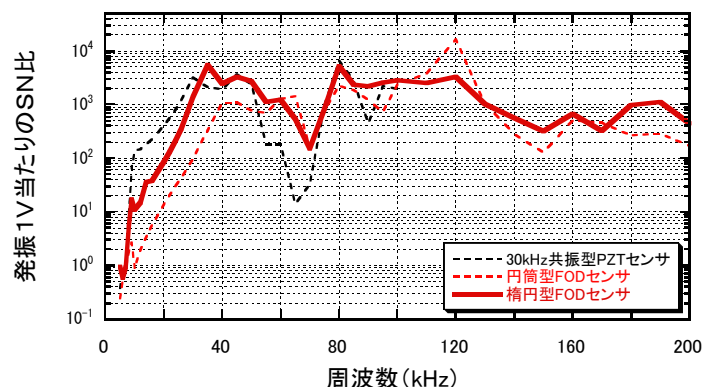


図 2 感度特性

3. 波方ブタン/プロパン兼用貯槽への適用

液化石油ガス (LPG) の安定供給を確保するため、愛媛県波方に 450,000t の地下岩盤貯蔵方式の石油ガス備蓄基地が完成した。その内、ブタン/プロパン兼用貯槽は 150,000t 1 槽からなる。貯槽には外界との接続部が 4 ヶ所存在し、気密性を確保するためマスコンクリート (以下、プラグと称する) で密閉されている。これらプラグには、作業トンネル充水により外水圧が作用するため、健全性の評価が必要となった。そこで、図 3 に示す 3 ヶ所 (頂設トンネルプラグ、配管堅坑プラグ、底設トンネルプラグ) でプラグ周辺岩盤の健全性を評価するため種々なセンサが配置された。その内、光式 AE センサはプラグコンクリート張出し部から岩盤内部約 1m に孔内埋設された。計

キーワード：光ファイバ、AE、光式 AE、原位置岩盤モニタリング

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

測諸量は、AE 発生数、最大振幅値、周波数および m 値である。

図 4 に 3 ヶ所全 8 チャンネルの AE データ時間推移を示す。図中、最下端は作業トンネルの水位変動を、上位 3 つの図は各プラグ部での AE 発生数、最大振幅値の経時変化である。倉敷基地での AE 計測実績等を勘案し、管理基準として AE 発生数は 100 波/時間以上、最大振幅は頂設・底設で 2000mV 以上、配管堅坑で 1000mV 以上の連続波発生と設定した。

水位上昇に伴い、各プラグには外水圧が作用し AE が継続的に発生した。頂設プラグでは水位上昇途中の EL. -80m 程度から、底設プラグでは充水開始直後から連続的に AE が発生し始めた。一方、配管堅坑プラグでは散発的であった。いずれの場合も、時間当たり 100 波を超えることは無く、かつ管理値を超える最大振幅値が連続的に頻発することも無かった。水位が一旦ピーク (EL.5.0m) に達した期間も同様に管理値以内であった。EL. -15.2m に排水した後、AE 発生頻度は低下する傾向になり、漸次安定化状態に移行したものと推定される。以上の AE 発生状況を勘案すると、作業トンネル充水期間ではプラグ周辺岩盤は健全性を保っていると判断された。

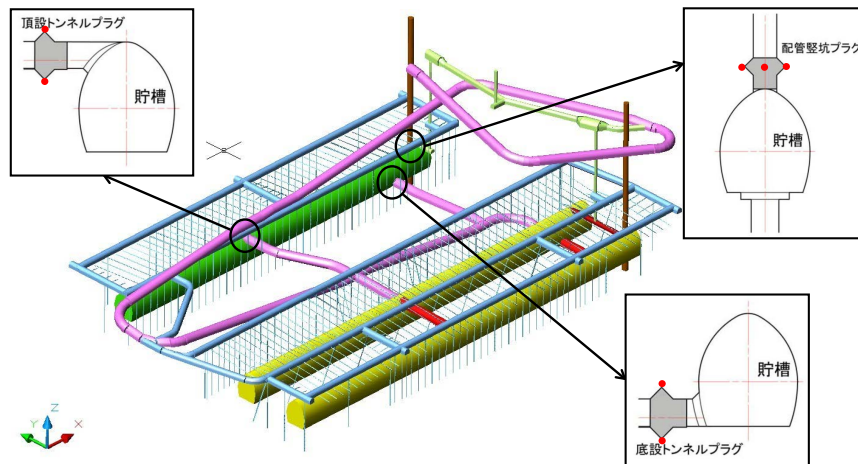


図 3 光式 AE センサ配置ヶ所 (岩盤モニタリング計測位置)

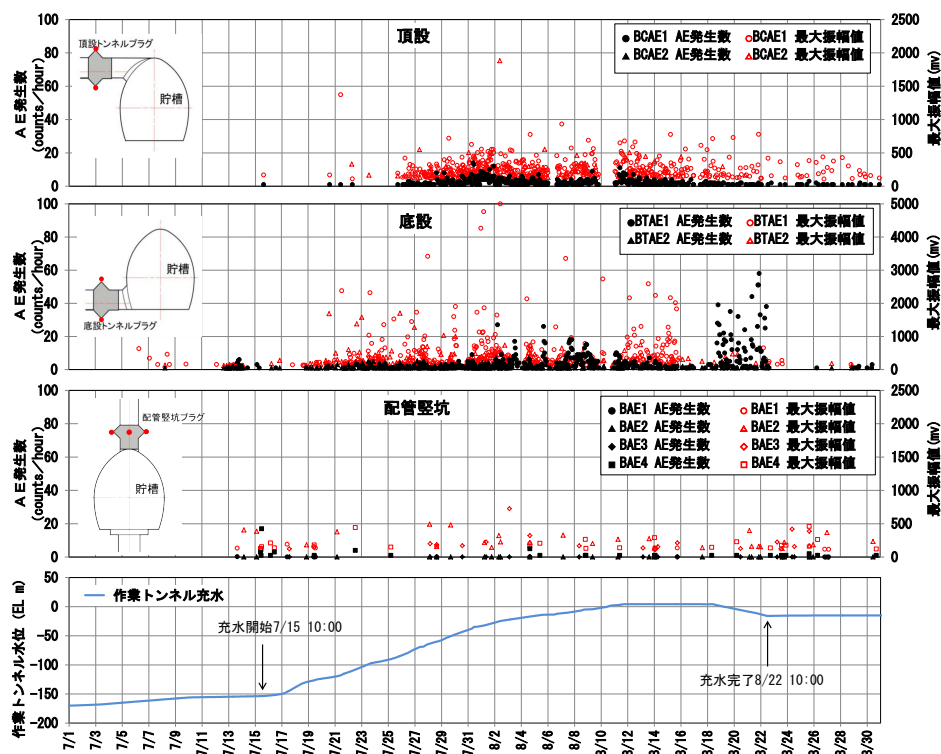


図 4 作業トンネル充水期間における AE 計測結果

4. まとめ

岩盤モニタリングでは、AE 計測のほか振動計、加速度計による評価も併用している。いずれの計測結果からもプラグ周辺岩盤には損傷は生じていないことが明らかになった。なお、光式 AE センサは設置後最長で約 5 年経過しているが、伝送トラブルは無く正常であることから長期モニタリングへの展開も可能であると考えられる。

参考文献

- 1) Kageyama, K., Murayama, H., Ohsawa, I., Kanai, M., Motegi, T., Nagata, K., Machijima, Y., Matsumura, F. : Development of a new fiber-optic acoustic/vibration sensor, Proc. of International Workshop on Structural Health Monitoring 2003, pp.1150-1157, 2003.
- 2) 畑浩二, 宮崎裕光, 田仲正弘, 布谷勝彦, 齊藤義弘, 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.
- 3) Hirokazu Fuji, Yoshihiro Saito, Masahiro Tanaka, Koji Hata, Hiromitsu Miyazaki : A study on application of Fiber Optical Sensor for monitoring rock mass failure around a deep underground chamber, The 20th International Acoustic Emission Symposium (IAES20-KUMAMOTO), pp.265~270, 2010.