

分布型光ファイバ圧力センサの開発に向けた実験的検討

Experimental Study for Development of Distributed Optical Fiber Pressure Sensor

平野 裕之 藤原 航太郎 今井 道男 川久保 政洋¹⁾ 市川 恭子^{1) 2)} 宇田 俊秋¹⁾

Hiroyuki Hirano, Kotaro Fujiwara, Michio Imai, Masahiro Kawakubo¹⁾, Kyoko Ichikawa^{1) 2)} and Toshiaki Uda¹⁾

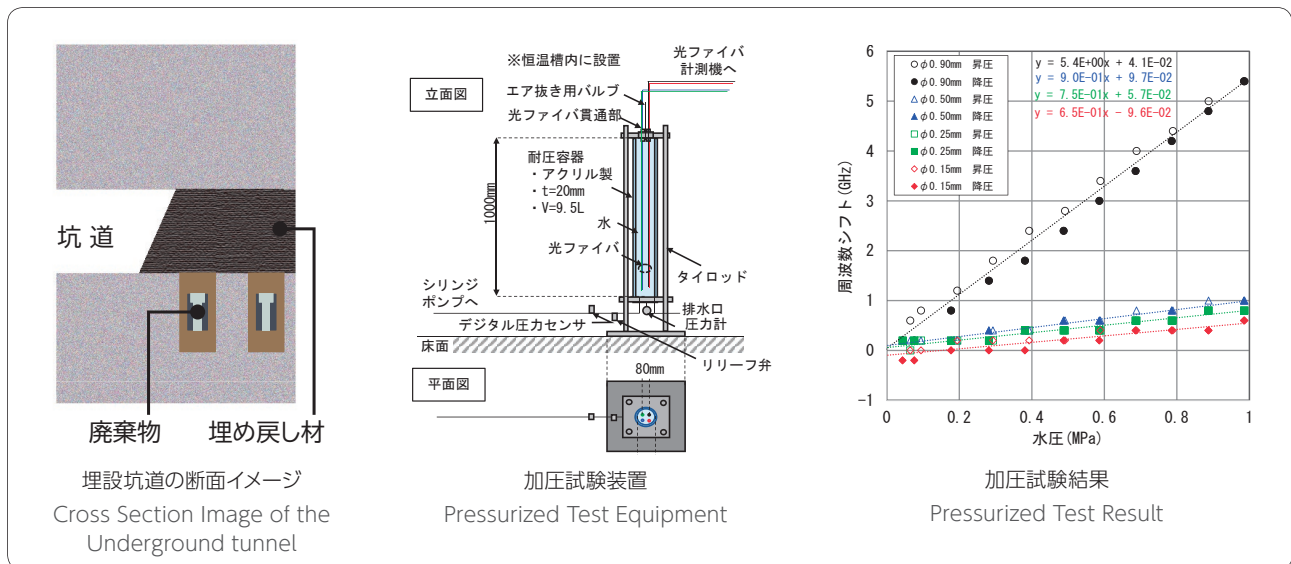
研究の背景と目的

高レベル放射性廃棄物の地層処分施設の計画では、廃棄物を埋設した後に坑道を埋め戻す。このとき、埋設坑道の天端に隙間が生じないように、埋め戻し材のベントナイト量を調整して膨潤により隙間を閉塞する技術が検討されている。埋め戻し材の特性評価や閉塞技術の性能確認を事前の要素試験で行うため、膨潤により生じた圧力の分布を計測する技術開発が求められている。

分布型光ファイバセンサは、光ファイバ中で散乱された光の周波数が、光ファイバの温度やひずみの変化によりシフトする現象を利用して温度やひずみの変化を計測する技術で、構造物のモニタリングなどへの適用が図られている。従来のポイント型センサを高密度に配置して分布計測を行うと、センサの計測線が膨大となり設置や位置出しの負荷が高くなるが、分布型光ファイバセンサは有感部と計測線が同一であるため、設置や位置出しの負荷が低減される。そこで、本研究では、分布型光ファイバセンサをベースとした圧力センサの技術開発の基礎として、圧力が光ファイバひずみ計測に及ぼす影響を加圧試験と数値解析によって確認し考察した。

研究の成果と活用

実験には石英ガラス部と樹脂製の被覆部で構成されたシングルモード光ファイバ素線を用いた。被覆径と材質が異なる4種類の光ファイバに静水圧を加えてひずみ計測を行い、光ファイバに加わった圧力の影響を確認したところ、圧力ひずみの指標である周波数シフトが圧力に比例することが確認された。また、有限要素解析により加圧試験条件下の光ファイバのひずみを模擬した結果、計測値とよく一致した。両者の比較から、圧力が分布型光ファイバひずみ計測へ及ぼす影響の主要因は、光ファイバのひずみ変化に由来したものであると推定され、被覆条件が異なる2本の光ファイバの計測値の差をとって温度やひずみの影響を相殺し、圧力を取り出す分布型光ファイバ圧力センサの実現可能性を示すことができた。今回得られた結果を実用的な分布型光ファイバ圧力センサケーブルの開発に繋げていく。



研究手法

光ファイバ計測への圧力影響の要因には、光路に沿ったひずみの変化、径方向のひずみの変化、屈折率の変化があるとされている。光ファイバへ圧力を加えて生じるひずみを有限要素解析で算出し、加圧試験による実測値と比較して、両者がよく一致すれば、主要因がひずみの変化であると推定できる。周波数シフトを圧力に換算する方法が、温度やひずみの変化と同様にシンプルな感度係数で表される (比例する) ことを確認できれば、分布型光ファイバ圧力センサの設計を行えるようになる。

1) 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター Radioactive Waste Management Funding and Research Center

2) 日本エヌ・ユー・エス株式会社 JAPAN NUS CO.,LTD.