

地下空洞型処分施設のモニタリングにおける光ファイバセンサー技術の適用性

ー地下空洞型処分施設機能確認試験（その5）ー

鹿島建設(株) 正会員○今井道男 須山泰宏 佐々木敏幸

(株)大林組 正会員 志村友行 丹生屋純夫

東電設計(株) 正会員 矢込吉則 伊藤喜広

原環センター 正会員 渥美博行 藤原啓司 田中正人 寺田賢二

1. はじめに

筆者らは、地下空洞型処分施設における閉鎖後長期の管理に資するモニタリング技術の確立やその実証試験の必要性に鑑み、中深度処分施設の人工バリアや周辺岩盤の長期にわたる機能確認方法の確立を目的とした調査・検討を進めている¹⁾。これまでの検討を通じて得られた機能確認のポイントと計測項目から、光ファイバセンサーの有効性に注目している。本報では、中深度処分施設における機能確認への適用性について検討し、機械的・光学的耐久性の観点から光ファイバセンサーの評価試験方法を立案、着手した内容について報告する。

2. 光ファイバセンサー技術

これまでの検討を踏まえた機能確認ポイント（主としてセメント系材料の変質とひび割れの可能性）のモニタリング手段として、各種センサ技術の利用が挙げられる。しかし、従来の電気式センサの場合、計測点数によりケーブル数とその断面が増大し、放射性核種の移行が促進される恐れがある。また、長期的な計測が困難であること等が懸念された。そこで、下記の特長を有する光ファイバセンサーを計測技術候補として選定した。

- ・長期耐久性…センサ部に電気・電子部品を含まず、電源不要なこと
- ・ポイント計測ではなく、分布計測ができること。つまり、ケーブル量の最少化が図れること
- ・小型軽量で、設置方法が簡易なこと

光ファイバセンサーには数多くの種類があるが、ここでは光ファイバそのものがセンサとして機能する分布計測技術の適用を前提とした検討を行う²⁾。この場合、使用する光ファイバに特殊な加工などは不要で、通信用と同じ汎用のものが利用できる。

3. 光ファイバセンサーの耐久性評価

(1) 概 要

光ファイバがセンサとして長期的にその性能を保持するためには、機械的強度に大きな低下がない（断線しない）とともに、光学的特性が確保されている（光が通る）必要がある。本検討では、光ファイバのサンプルに劣化促進を与え、その前後で機械的・光学的評価試験を行う。評価試験のフローを図-1に示す。

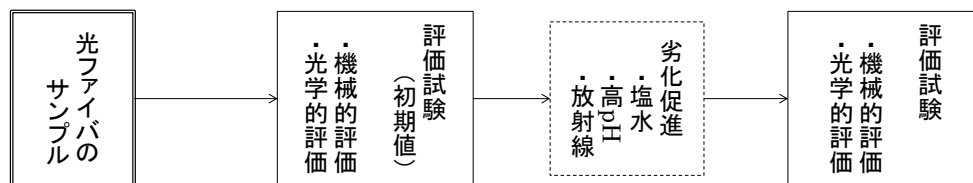


図-1 耐久性評価フロー

光ファイバの劣化因子としては、既往研究の多い温度・湿度（水分）・応力以外に、放射性廃棄物処分場における特有のものとして塩水・高pH・放射線が挙げられる。本検討では、これらを劣化因子として選択し、劣化水準を段階的に変化させて評価試験を行う。劣化因子はそれぞれ単独で与え、複合的な影響は本研究では対象としない。また、使用する光ファイバのサンプルはすべて一次被覆（外径250ミクロン）のみが施されたものであり、耐久性向上などを目的とした二次被覆を施さないことで、安全側の評価を試みる。

キーワード 放射性廃棄物処分、モニタリング、光ファイバセンサー、耐久性評価、引張試験、光損失測定
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-489-6264

(2) 光ファイバサンプル

劣化因子を考慮し、以下に示す三種類の光ファイバのサンプル（すべてシングルモード光ファイバ）を用意し、耐久性評価を行うこととした（図-2）。

- No.1：汎用の光ファイバ
- No.2：クラッド外側にカーボンコートが施された耐水型
- No.3：コアとクラッドの材料を最適化した耐放射線型

(3) 引張試験

機械的評価として引張試験を行った結果の一例を挙げる。サンプル No.1 と 2 に対して、高アルカリ水（pH13）に 60℃ 下で 10 日間浸漬（図-3）する前後の、動的疲労試験結果を両対数グラフで図-4 に示す。動的疲労試験では、引張速度を変えながら破断強度を計測する。その結果、光ファイバ破断の原因となる表面の小さな傷の成長度合いがわかり、寿命推定に必要なパラメータ（疲労定数）を得ることができる。サンプル No.1 では、高アルカリ水による溶解が進んだため、強度が大きく低下し、引張試験を行うことさえできなかった。一方、サンプル No.2 では、高アルカリ水への浸漬にも関わらず、強度の低下はみられなかった。

(4) 光損失測定

光学的評価として光損失測定を行った結果の一例を挙げる。光ファイバを構成する石英ガラスは、放射線を照射すると透過率が低下し、照射を停止すると損失変化が徐々に復帰していくことが知られている。放射線装置（図-5）内でサンプル No.1 と 3 に対して照射（線源セシウム 137, 200Gy/h）した際の計測結果（約 150m 長）を図-6 に示す。サンプル No.1 では時間経過とともに損失が増大しているのに対して、サンプル No.3 では 0.2dB 程度のわずかな損失増加に抑えられた。

4. おわりに

廃棄物処分場への適用を目指し、塩水・高 pH・放射線に対する光ファイバセンサーの耐久性評価に着手した。今後、劣化水準を何段階か変えながらバックデータを取得し、現地での使用環境を鑑みた寿命推定を行う予定である。その結果をもとに、二次被覆の設計や、冗長性を確保したシステム構成の検討などにフィードバックする。なお、本報告は経済産業省資源エネルギー庁からの委託による「管理型処分技術調査等事業 地下空洞型処分施設機能確認試験」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 藤原ほか、地下空洞型処分施設機能確認試験の概要ー地下空洞型処分施設機能確認試験（その1）、土木学会第72回年次学術講演会、平成29年9月、投稿中
- 2) Leung, C. K., Wan, K. T., Inaudi, D., Bao, X., Habel, W., Zhou, Z., Ou, J., Ghandehari, M., Wu, H. C., Imai, M.: Review: optical fiber sensors for civil engineering applications. Materials and Structures 48(4), 871-906 (2015).

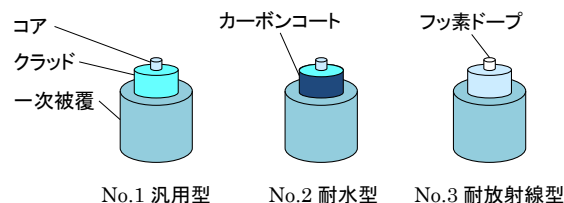


図-2 光ファイバサンプル



図-3 高アルカリ水への浸漬

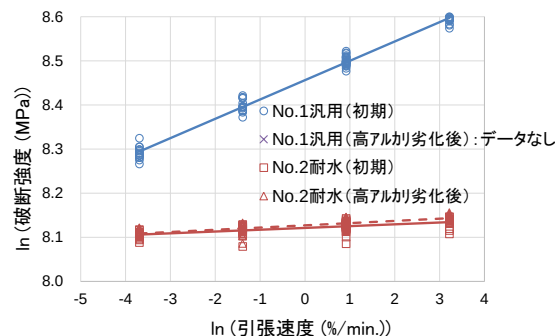


図-4 引張試験結果

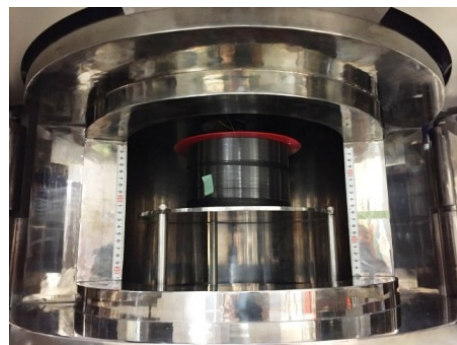


図-5 放射線の照射

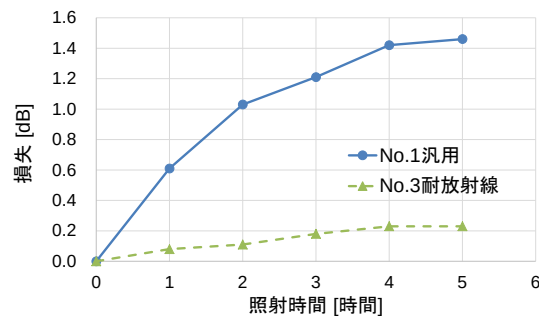


図-6 光損失測定結果