

光ファイバーを用いた水分計測センサの性能確認試験

鹿島建設(株) 正会員 ○瀬尾 昭治
 (株)アサノ大成基礎エンジニアリング 竹延 千良, 田岸 宏孝
 岡山大学大学院 正会員 西垣 誠, 正会員 小松 満
 日本原子力開発機構 岸 敦康

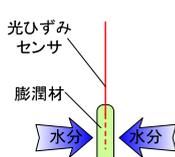
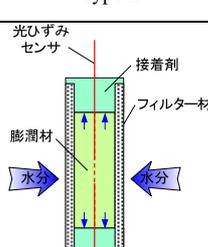
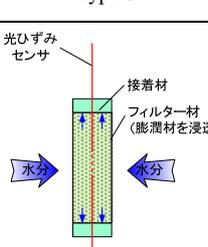
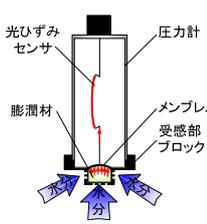
1. はじめに

放射性廃棄物の地層処分における安全評価や地下空洞の建設において、地下水浸透流解析を実施して地下水流動場を理解することは非常に重要である¹⁾。本研究は、地下水流動解析の上部境界条件として必要となる地下水涵養量を降雨が土中に浸透した水分量の変動から求める手法²⁾に着目し、その算定手法の体系化と現場で安定して長期間計測可能なシステムの構築を目的として実施している。土中水分の観測は、従来から用いられているテンシオメータ法や誘電率を用いた方法が挙げられるが、筆者らは多点かつ長距離にわたって伝送が可能で従来の測定法と比較して水分分布を求める上での利点が多いと考えられる光ファイバーを用いた土中水分観測手法の開発を行っている³⁾。本報告では、光ファイバー水分計の構造・計測原理および光ファイバー水分計測センサの開発にあたって実施した性能確認試験結果について報告する。

2. 光ファイバー式水分センサの計測原理とその構造

光ファイバー式水分センサの測定原理は、①光ファイバー式ひずみゲージを土中水分の変化に対応して膨潤・収縮する材料（以下、膨潤材とする）により伸縮させることで計測する手法、②土中水分の変化により膨潤・収縮する材料の膨潤圧を圧力計で計測する手法、の2つの手法によった。これらの測定原理を応用して表-1に示す4つのTypeのセンサを試作した。なお、膨潤材は、先に実施した膨潤材の基本性能試験結果を受けて決定した⁴⁾。

表-1 試作センサー一覧

センサタイプ	Type-1	Type-2	Type-3	Type-4
概略図				
センサ構造	・光ひずみセンサに膨潤材を直接塗布	・中空フィルタ中に膨潤材を充填	・フィルタ材に膨潤材を浸透	・圧力計の受感部に膨潤材を充填
計測原理	・光ひずみセンサで直接ひずみを計測	・光ひずみセンサで直接ひずみを計測	・光ひずみセンサで直接ひずみを計測	・受圧面を介し光ひずみセンサでひずみを計測 ・圧力計は、電気式でも可

3. 性能確認試験

試作したセンサの基本性能を確認するために、水中での湿潤過程と気中での乾燥過程における光ひずみセンサのひずみ量（Type-1～3）および膨潤圧（Type-4）を計測し、土中の水分量を測定するセンサとしての適応性について検討した。試験方法はセンサを試験容器内に入れ、湿潤過程では容器内を精製水で満たし、乾燥過程では精製水からセンサを取り出し、各センサの測定値が定常状態近くに達するまで測定した。試験は恒温室内で実施し、温度 23℃、湿度 50%一定とした。

キーワード 光ファイバー, 水分センサ, 土中水分観測, 地下水涵養量

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-16 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 042-489-6647

(1) Type-1

Type-1 センサは、FPI 式ひずみセンサに膨潤材を直接塗布した構造である。図-1 に示す通り、浸漬時の膨潤時間は約 0.5 時間、気中乾燥時の収縮時間は約 2 時間であった。このセンサは非常に単純な構造であるが、土中への埋設を想定したセンサの強度・耐久性、および膨潤材と光ファイバーセンサとの接着性が課題として挙げられる。

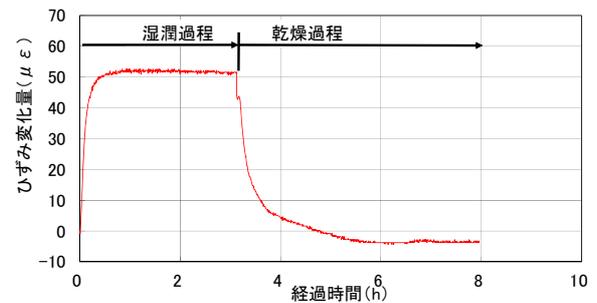


図-1 Type-1 試験結果

(2) Type-2

Type-2 センサは、中空フィルタ中に膨潤材を充填し、FBG センサで直接ひずみを計測する構造である。浸漬時の膨潤時間は約 30 時間以上、気中乾燥時の収縮時間は約 4 時間であった (図-2 参照)。膨潤・収縮時間は、中空部の膨潤材の量を減らす事で短縮が可能である。また、光ファイバーとフィルタ材との接合方法が課題である。

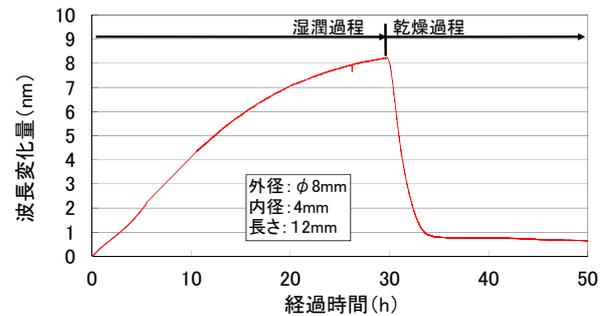


図-2 Type-2 試験結果

(3) Type-3

Type-3 センサは、膨潤材を浸透させたフィルタ材に細孔を施し、そこを通過させた FBG センサで直接ひずみを計測する構造である。浸漬時の膨潤時間は約 15 時間、気中乾燥時の収縮時間は約 10 時間である (図-3 参照)。膨潤・収縮時間はフィルタ材の小径化で短縮が可能である。Type-2 と同様、光ファイバーとフィルタ材との接合が課題である。

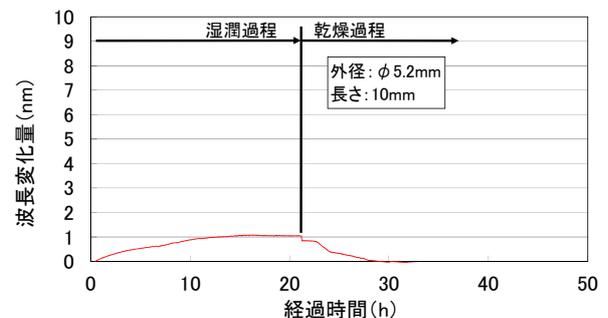


図-3 Type-3 試験結果

(4) Type-4

Type-4 センサは、光ファイバー式(FBG) 圧力計に膨潤材の膨潤圧を、受圧面を介して内蔵された FBG センサで計測する構造である。浸漬時の膨潤時間は約 8 時間、気中乾燥時の収縮時間は約 5 時間である (図-4 参照)。膨潤・収縮時間は、受感部の膨潤材の量を減らす事で短縮が可能であり、センサの強度・耐久性の向上も比較的容易である。また、電気式圧力計を用いて計測することもできるので今後の応用が期待できる。

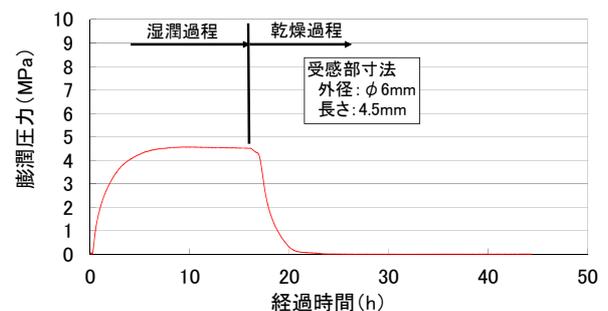


図-4 Type-4 試験結果

4. まとめ

本報では、4つの Type の光ファイバー水分センサ試作し、湿潤過程と乾燥過程での受感性能を確認するための試験を実施した結果について報告した。現在、センサの実用化に向けて改良を継続中である。また、開発したセンサを対象に、測定範囲や精度を確認するためキャリブレーションと計測範囲の特定、温度変化影響の検討、計測に及ぼす種々の影響に対する検討を実施することになっている。

参考文献

- 1) 操上広志, 竹内竜史, 藪内聡, 瀬尾昭治, 戸村豪治, 柴野一則, 原稔, 國丸貴紀: 幌延深地層研究計画の地上からの調査研究段階における地下水流動に関する調査研究, 土木学会論文集C, Vol. 64No. 3, pp. 680-695, 2008.
- 2) 瀬尾昭治, 竹内竜史, 操上広志, 原稔: 幌延深地層研究計画における水収支法による地下水涵養量の推定-2003年8月~2004年7月-, 核燃料サイクル開発機構技術資料, JNC TN5400 2005-005, 2005.
- 3) 小松満, 西垣誠, 瀬尾昭治, 平田洋一, 國丸貴紀: 光ファイバー式圧力計を用いた土中水分量計測に関する研究, 日本地下水学会秋季講演会講演要旨, pp. 66-71, 2009.
- 4) 西垣誠, 小松満, 瀬尾昭治, 平田洋一, 竹延千良, 田岸宏孝, 前川恵輔: 光ファイバー土中水分計の開発に関わる水膨潤材料の検討, 日本地下水学会秋季講演会講演要旨, pp. 58-61, 2010.