

光ファイバセンサー技術を活用した中深度処分施設における機能確認方法の検討 (2) — 地下空洞型処分施設機能確認試験 (その 26) —

鹿島建設(株)	正会員	○佐々木敏幸	今井 道男	佐原 史浩
(株)大林組	正会員			丹生屋純夫
東電設計(株)	正会員			伊藤 喜広
原環センター	正会員			広中 良和
原環センター		藤原 啓司	脇 寿一	寺田 賢二

1. はじめに

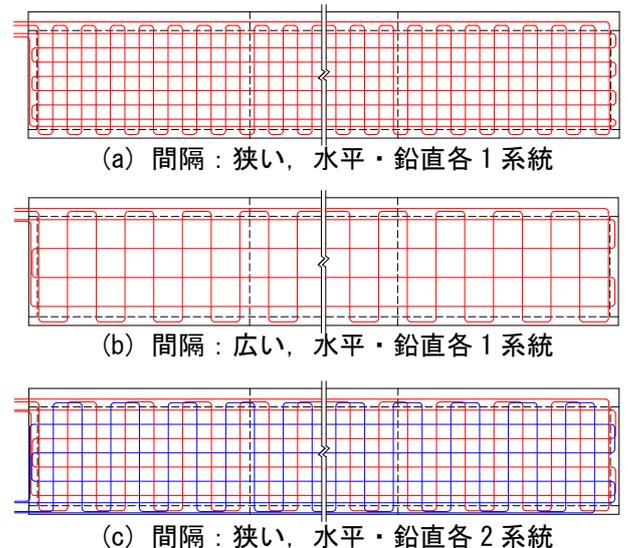
著者らは、中深度処分施設における閉鎖後長期の管理に資する人工バリアや周辺岩盤の機能確認方法を確立するために、機能確認の概念の構築、モニタリング技術の整備に向けた調査・検討・試験を進めている¹⁾。本報告では、光ファイバセンサー技術を活用した中深度処分施設の機能確認のうち、低拡散層のひび割れ発生状況と再冠水に伴って変化する施設内の圧力分布をモニタリングする方法について検討した結果を示す。

2. 低拡散層のひび割れ計測方法

低拡散層は、拡散による放射性核種の移行を抑制するセメント系人工バリア部材であるが、ひび割れの発生により部材を貫通する隙間が生じることで、その移行抑制機能が低下する。また、低拡散層は無筋モルタル部材であるため、ひび割れの発生を完全に防ぐことは困難であり、ひび割れが発生した場合には部材を貫通する可能性が高いと考えられる。このような観点から、中深度処分施設の機能確認における計測対象のひとつとして、低拡散層のひび割れ発生状況を抽出した²⁾。

既報³⁾では、中深度処分施設を模擬した実規模施設の低拡散層に発生したひび割れ形態から、ひび割れの場所や向きを予測することが難しいこと、打継ぎ部の目開きをひび割れと同様に「部材を貫通する隙間」として評価する必要があることを考慮して、低拡散層表面に格子状に光ファイバセンサーを配置することを提案した。

光ファイバセンサーによりひび割れ計測を行う場合、ひび割れの発生や進展に伴うひずみの変化を計測し、ひずみ計測結果からひび割れ発生状況（ひび割れの幅、長さ）やひび割れ開口面積を推定する。その推定精度は、光ファイバセンサーの設置間隔に依存する。高い推定精度が要求される場合には、**図-1(a)**に示すように、光ファイバセンサーを密に配置することが有効である。ただし、この場合は、光ファイバセンサーの延長が増大するため、累積破断確率は相対的に高くなり、耐久性の観点で不利となる。光ファイバセンサーの耐久性を重視する場合には、**図-1(b)**に示すように、配置間隔を広くすることで、光ファイバセンサーの延長を低減し、累積破断確率を低下させることが有効である。ただし、この場合は、**図-1(a)**と比較して、ひび割れ発生状況の推定精度は低下する。これに対して、**図-1(c)**に示すように、光ファイバセンサーの系統数を増加させることで、ひび割れ発生状況の推定精度を低下させずに、累積破断確率を維持する配置を実現することができる。しかし、この場合には、光ファイバセンサーの本数が増加するため、



※系統数の数値は一例を示したものであり、破線は打継ぎを示す

**図-1 側部低拡散層のひび割れ計測用
光ファイバセンサーの配置概念図**

キーワード：放射性廃棄物、中深度処分、モニタリング、光ファイバ、ひび割れ、再冠水

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株) 土木設計本部 TEL 03-6229-6534

処分施設内部に潜在的な水みちを形成するリスクが増大する。このように、計測精度と光ファイバセンサーの耐久性及び水みち形成のリスクはトレードオフの関係にある。したがって、本検討で提案する計測手法を採用する場合には、設計上見込んでいる裕度、計測範囲、計測期間および規制要求への対応等を総合的に勘案して光ファイバセンサーの配置を決定する必要がある。

3. 施設内の圧力分布の計測方法

閉鎖措置段階以降の再冠水過程において、ベントナイト系材料である低透水層に地下水が浸潤し、膨潤圧が発生する。閉鎖後数百年間と見込まれる管理期間中の施設挙動は非常に緩慢であると考えられるが、その中で、地下水浸潤に伴う膨潤圧の発生は比較的大きな状態変化であると考えられる。このような観点から、中深度処分施設の機能確認における計測対象のひとつとして、地下水浸潤に伴い発生する低透水層の膨潤圧を含む施設内の圧力分布を抽出した²⁾。

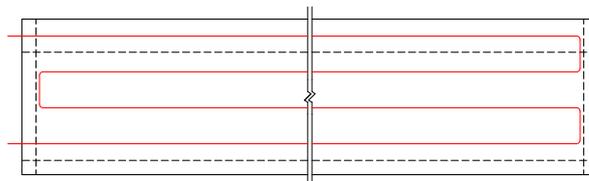
別途実施した解析的検討⁴⁾によると、低透水層と隣接するセメント系部材に作用する全応力の面直成分は、低透水層の飽和度上昇に伴って増加し、1.3~1.5MPa程度に収束すること、全応力と飽和度は高い相関があり、飽和度が95%を超えると急激に全応力が上昇することが確認されている。すなわち、低透水層の内面または外面において全応力を計測することにより、低透水層の飽和度（地下水浸潤状況）を把握できる可能性が示唆されている。本検討では、面的に圧力分布を計測できる手法として、光ファイバセンサーによる圧力分布計測技術⁵⁾を活用した計測方法を提示する。この技術は、現時点では実用段階に至っていないものの、中深度処分施設の閉鎖措置段階以降における施設挙動を把握するための計測技術として大いに期待できるものである。光ファイバセンサーにより圧力分布を計測する場合には、前述した低拡散層のひび割れと異なり、格子状にセンサーを配置する必要がなく、**図-2**に示すような配置で計測可能と考えられる。また、地下水が不均一に浸潤した場合にも、面的に圧力分布を計測しているため、地下水浸潤過程を把握することが可能と考えられる。センサーの設置方法は、光ファイバセンサーをベントナイト系材料の表面に設置することは困難であるため、建設・作業手順も考慮して、先行設置される隣接セメント系部材の表面に接着剤を用いて全線固定する方法を基本とした。なお、光ファイバセンサーの設置間隔と系統数は、低拡散層のひび割れ計測と同様に、計測精度、計測範囲および計測期間等を総合的に勘案して決定する必要がある。

4. まとめ

中深度処分施設の機能確認方法のうち、低拡散層のひび割れと施設内の圧力分布の変化を対象として、光ファイバセンサー技術を活用した計測方法を提案した。提案した方法は、閉鎖措置段階以降の施設挙動を把握するためのオプションと位置付けられるが、今後は、光ファイバセンサーが設置される環境条件を考慮した定量的な耐久性評価手法の確立、接着剤の接着効果喪失後の計測精度の評価、圧力分布計測技術の高度化等の課題を解決することが望まれる。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「平成31年度低レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発事業(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事業概要—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，VII-028，平成29年9月
- 2) 佐々木ほか：地下空洞型処分施設の機能確認における確認対象項目の抽出—地下空洞型処分施設機能確認試験（その8）—，土木学会第73回年次学術講演会，CS7-002，平成30年8月
- 3) 佐々木ほか：光ファイバセンサー技術を活用した中深度処分施設における機能確認方法の検討—地下空洞型処分施設機能確認試験（その20）—，令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会，VII-130，令和元年9月
- 4) 丹生屋ほか：地下空洞型処分施設におけるモニタリング項目の計測実現性確認（5）—地下空洞型処分施設機能確認試験（その21）—，令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会，投稿中
- 5) 水成ほか：地下空洞型処分施設への適用に向けた光ファイバセンサーの敷設方法と圧力計測の検討—地下空洞型処分施設機能確認試験（その23）—，令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会，投稿中



水平方向1系統

※系統数の数値は一例を示したものであり、
破線は底部・側部・上部・妻部の境界を示す

図-2 圧力分布計測用光ファイバセンサーの配置概念図（側部）