

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）—

鹿島建設(株) 正会員 ○水成基之 今井道男 佐々木敏幸
 原環センター 正会員 広中良和 藤原啓司 脇 寿一 寺田賢二

1. はじめに

筆者らは、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。モニタリング技術の一つとして、長期耐久性を有し、分布計測が可能な光ファイバセンサーに着目し、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ている。本報告では、埋設段階終了以降のモニタリング計画への適用に向けて、分布型光ファイバセンサーの性能を確認する目的で実施した、敷設方法と圧力計測の検討について報告する。

2. 光ファイバセンサーの敷設方法の検討

光ファイバセンサーによって、ひずみ分布を計測するためには、対象物との一体性を確保して、生じた変形やひび割れなどに伴う変化を光ファイバセンサーに伝達する必要がある。これまで、コンクリート表面のひび割れを検知することを目的に、光ファイバセンサーをコンクリート表面に接着剤を用いて固定することを想定してきた。しかし、接着剤による一体性が、処分施設において期待されるような長期に亘って維持されることは考えにくい。そのため、その他の敷設方法を検討した。

光ファイバの敷設イメージを図-1に示す。ベントナイトとコンクリートに挟まれるように、光ファイバセンサーを配置する。ベントナイトの締固め時の圧力、またその後の膨潤圧によって、光ファイバセンサーがコンクリートに押し付けられる。その圧力によって、光ファイバセンサーとコンクリートの間に摩擦力が発生し、固定されるため、コンクリートの挙動を捉えられると考えられる。

しかしながら、圧力の大きさによって、摩擦力は異なるため、ひずみによるひび割れ計測の感度に影響を及ぼすことが懸念される。本試験では、図-2のような摩擦試験機を用いて、負荷する圧力を変えながら、接着剤による付着がない場合にひび割れ検知が可能かどうかを確認した。試験は効率や再現性を考慮し、ベントナイトを模擬した軟質ゴムにて実施した。また、通水後の膨潤圧発生による加圧については、ジャッキによる加圧とした。光ファイバ計測はPPP-BOTDA方式およびTW-COTDR方式にて行い、空間分解能は2cm、サンプリング間隔は1cmとした。

試験結果を図-3に示す。ジャッキ圧力を一定とし隙間を段階的に広げながら、光ファイバセンサーによりひずみ分布計測を行った結果である。光ファイバセンサーが計測対象に対して押し付けられるような圧力を受けることによって、200kPa以上の圧力下では、同等のひずみが発生し

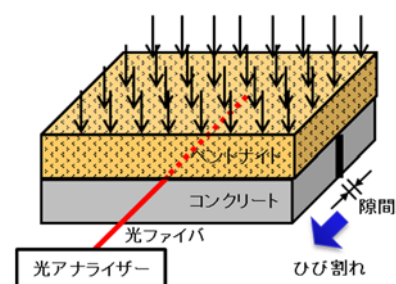


図-1 光ファイバセンサー敷設イメージ

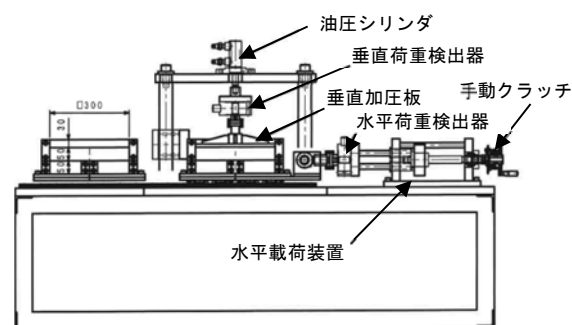


図-2 摩擦試験機

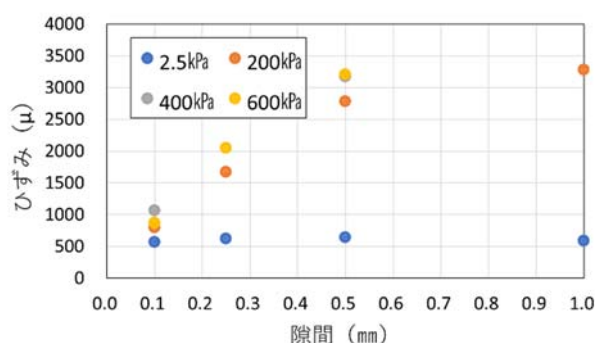


図-3 ジャッキ圧力の増加に伴うひずみ変化

キーワード 放射性廃棄物処分, 地下空洞型処分, 中深度処分, 機能確認, モニタリング, 光ファイバ, 圧力計測
 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 TEL042-489-6190

て、接着剤を使わずともひび割れ検知ができる可能性を確認した。空間分解能 2cm を考慮すると、隙間量に対してひずみ値は全体的に小さい傾向があるものの、ベントナイトの膨潤圧想定値である最大 1.5MPa よりも小さな圧力範囲でひび割れの検知が可能であった。ベントナイトの締固め圧や膨潤圧が、光ファイバセンサーとコンクリートの付着力に寄与することが示された。

3. 光ファイバセンサーの圧力計測の検討

光ファイバセンサーによって、ひずみ・温度分布だけでなく圧力分布が計測可能であれば、ベントナイト膨潤圧などのモニタリング計画の具体化に繋げることができる。ベントナイト中の光ファイバセンサーに側圧を与える試験によって、段階的な载荷にともなうひずみ変化が得られ、圧力分布計測の可能性を示唆する結果が示されている²⁾。

光ファイバセンサーによる圧力計測のイメージ³⁾を図-4に示す。ベントナイトとコンクリートに挟まれるように、被覆（材料や厚さなど）が異なる二種類の光ファイバセンサーを平行に配置する。被覆面で受けた側圧は、被覆を経て内部の光ファイバに伝達され、その伝達具合は被覆によって異なるため、両者の光ファイバセンサーの計測結果の差は、温度ではなく、側圧によるものと考えられる。

試験は前章と同様に効率や再現性を考慮し、軟質ゴムおよびジャッキによる加圧とした（図-5, 6）。光ファイバセンサーの計測パラメータについては、空間分解能を 2cm, サンプル間隔を 1cm とした。

図-7 は、被覆の異なる光ファイバセンサーに生じたひずみの差とジャッキ圧力の関係である。二種類のひずみ計測結果の差から、圧力の定性的な上昇傾向を確認することができた。しかしながら、そのひずみの差の最大値は 20 μ 程度であり、極めて微小な範囲での変動であり、実用に値するには精度が課題であった。

4. おわりに

放射性廃棄物処分場への適用を目指し、室内試験にて光ファイバセンサーの敷設方法の検討および圧力計測の検討を行った。今後、これらの試験結果をもとに仕様性能を明らかにした上で、モニタリング計画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「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) （財）原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 29 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 報告書，平成 30 年 3 月
- 3) （財）原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 30 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 報告書，平成 31 年 3 月

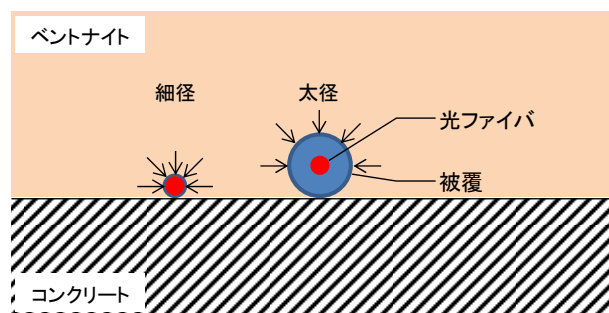


図-4 光ファイバセンサー圧力計測イメージ

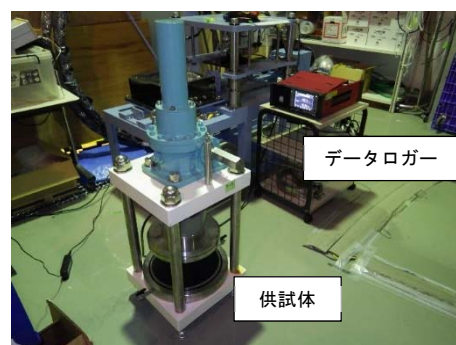


図-5 圧力計測試験装置



図-6 軟質ゴム上への光ファイバセンサーの配置

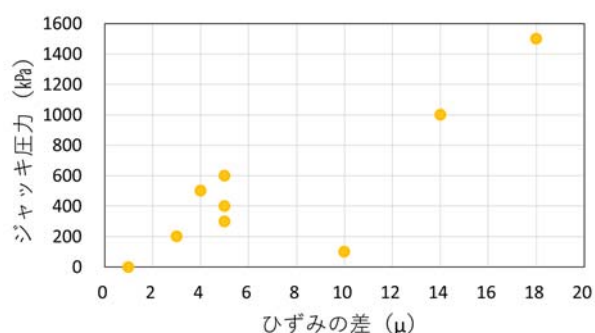


図-7 圧力とひずみの関係