

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(2)

—地下空洞型処分施設機能確認試験(その10)—

(株)大林組 正会員 ○深谷正明 佐藤伸 丹生屋純夫

鹿島建設(株) 正会員 須山泰宏

東電設計(株) 正会員 矢込吉則

原環センター 正会員 広中良和 藤原啓司 田中正人 寺田賢二

1. はじめに

著者らは、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⁾。本検討では、施設構築時及び閉鎖後長期の計測可能なモニタリング項目を抽出するため、水・力学・空気連成解析(以降、HMG 連成解析)及び熱・水・空気連成解析(以降、THG 連成解析)を実施して施設建設段階及び閉鎖後の人工バリア部の挙動を推定する。なお、検討対象とするのは、低レベル放射性廃棄物処分施設の一つである中深度処分施設とする。

2. 検討概要

本検討で着目すべき事項は、構築段階も含めた低透水層の膨潤による施設内の圧力変化と変形及び廃棄体からの発熱による影響である。そこで、前者の力学挙動については、HMG 連成解析を実施し、後者の熱影響については THG 連成解析を実施する。HMG 連成解析については、膨潤性粘土の弾塑性挙動を表現できる Barcelona Basic モデル²⁾を考慮できる THMG 連成解析コードの CODE_BRIGHT³⁾を使用する。THG 連成解析については、温度影響による密度変化に伴う透過性及び流体の体積膨張を考慮できる TOUGH2⁴⁾を使用した。

3. HMG 連成解析

本検討では図-1 に示す構築ステップを考慮した。HMG 連成解析で必要となる解析パラメータは既往の検討^{5),6)}を基に設定した。検討結果として、構築ステップごとの飽和度分布を図-2 に示す。解析では廃棄体は3年後から10年後までに間に設置されるため、この間に底部低透水層は圧密されることにより、飽和度が上昇する。一方、側部については大気圧解放されていることから、体積膨張し、その分、飽和度は低下する。10年後から30年後までは時間のみを経過させているが、ベントナイトのサクションがコンクリート系部材より高く周辺の水分を吸水するため、コンクリート系部材の飽和度は低下する。その後の飽和度変化についても、低透水

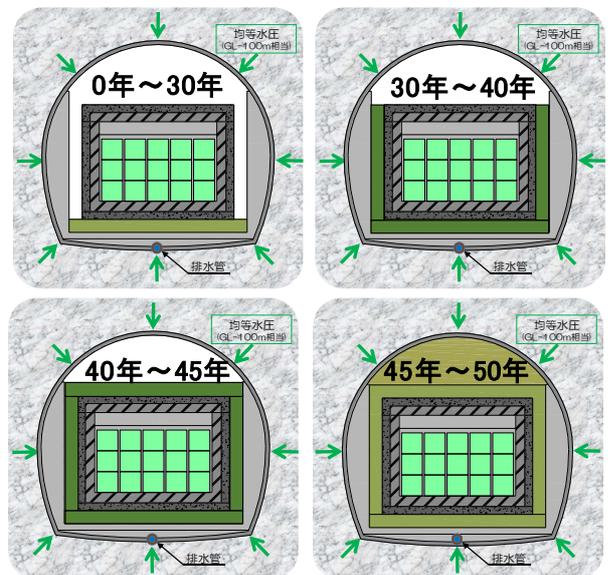


図-1 HMG連成解析で考慮した構築ステップ

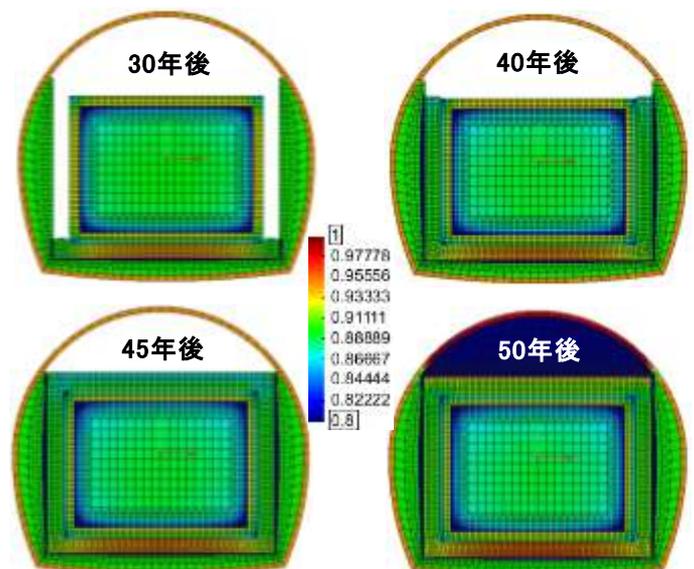


図-2 構築ステップごとの飽和度分布

キーワード 放射性廃棄物, 地下空洞型処分, 中深度処分, 機能確認, モニタリング, 連成解析

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 原子力本部原子力環境技術部 TEL 03-5769-1309

層が設置されることによって、周辺部材の飽和度が低下する。

次に、図-3 に示す位置における平均有効応力変化を図-4 に示し、間隙率変化を図-5 に示す。底部低透水層については、廃棄体の载荷とともに平均有効応力が増加する。また、そのほかの箇所も含めて時間の経過が進むと、サクシジョンによる周辺部材からの吸水によって、膨潤圧が発現し、平均有効応力も増加する。間隙率の変化についても、部位によって構築ステップの影響を受け、圧縮される箇所と膨潤に伴って膨張する箇所に分かれる。なお、HMG 連成解析の結果、構築時にせん断破壊等は生じない。

4. THG 連成解析

熱影響を考慮するために、廃棄体から発生する発熱量を規定する必要がある。そこで、既往の文献⁷⁾をもとに15年後から発熱量を10W/m³と規定し、40年以降も1W/m³の発熱があるものと設定した。坑道内の初期温度は15℃と仮定した。二相流パラメータ及び熱特性については、HMG 連成解析と同様に既往の文献⁷⁾を参照した。

解析結果として、図-3 に示す位置における飽和度の経時変化を示す。発熱を考慮する場合、水の粘性低下によって透過性の上昇、間隙内の水の体積の増加及び水蒸気による廃棄体側からの水分の供給によって、施設内の飽和度の上昇が早くなる。特に上部埋戻しには顕著に温度を考慮する影響が生じているのが分かる。

5. おわりに

本検討では、施設構築時及び閉鎖後長期の計測可能なモニタリング項目を抽出するため、HMG 連成解析 THG 連成解析を実施して施設建設段階及び閉鎖後の人工バリア部の挙動を推定した。検討の結果、HMG 連成解析からは、せん断破壊は生じないこと、THG 連成解析からは、温度を考慮することにより、施設内の飽和が早まることが示された。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「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)E. E. Alonso, et al.: A Constitutive model for partially saturated soils, Géotechnique, 40, No.3, 1990. 3)UPC : CODE BRIGHT User's Guide 2017. 4)Pruess, K., et al.: TOUGH2 User's Guide, Version 2.0, Lawrence Berkeley National Laboratory Report, LBNL-43134, 1999. 5)公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター: 平成26年度 管理型処分技術調査等事業 地下空洞型処分施設閉鎖技術確認試験 平成19年~平成26年度の取りまとめ報告書, 平成27年3月 6)財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター: 平成17年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連処分技術調査 人工バリア・天然バリアガス移行挙動評価 報告書, 平成18年3月. 7) 余裕深度処分対象廃棄物に関する基本データ集, 電気事業連合会, 平成28年8月

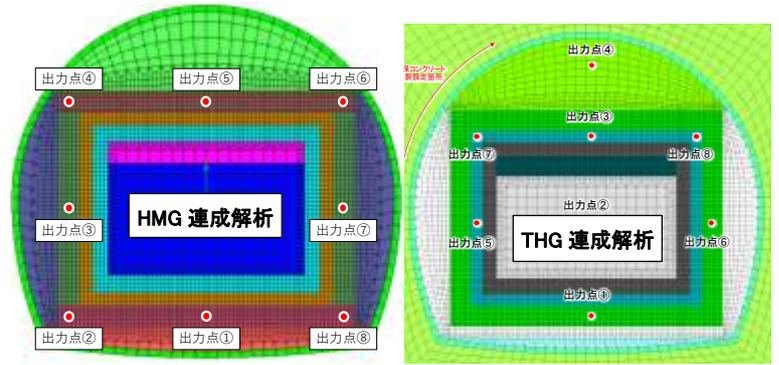


図-3 解析結果の出力点

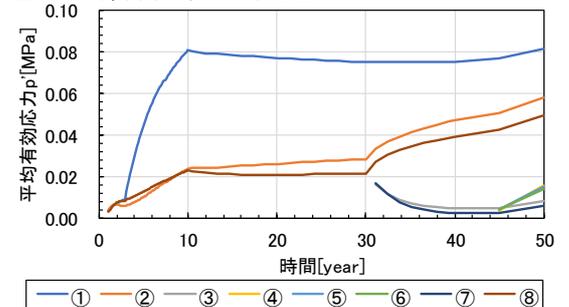


図-4 平均有効応力の経時変化

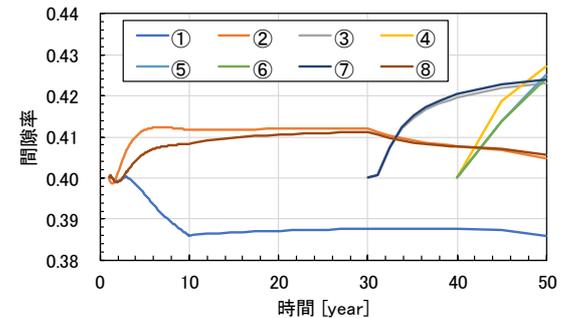


図-5 間隙率の経時変化

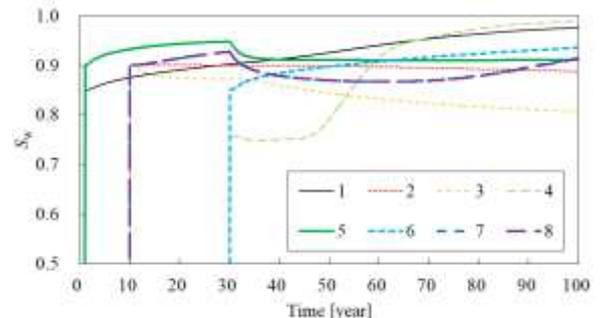


図-6 発熱を考慮しない場合の飽和度経時変化

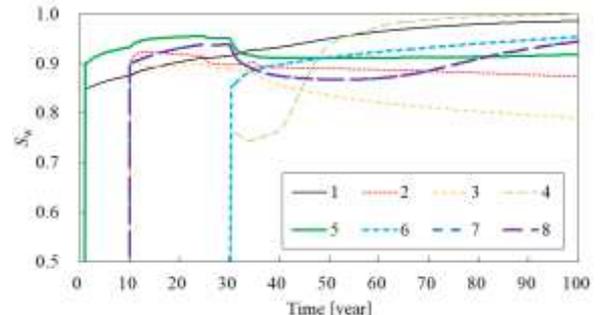


図-7 発熱を考慮した場合の飽和度経時変化