

Ⅲ-B149

原位置における熱-水-応力連成試験（その1） -模擬人工バリアの設置-

ハザマ 正会員 雨宮清

サイクル機構 正会員 杉田裕, 千々松正和, 藤田朝雄

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては、廃棄体（ガラス固化体を銅製容器（オーバーパック）に封入したもの）を地下深部へ埋設することが考えられている¹⁾。廃棄体は岩盤内に掘削された坑道内に定置されるが、廃棄体の周囲には緩衝材と呼ばれる粘土を充填する。これら処分のために人為的な処置を施したものを人工バリアと称している。地下深部へ廃棄体定置後の人工バリアでは地熱、廃棄体の発熱、粘土への地下水の浸潤及び浸潤による膨潤圧の発生、岩盤内の地下水流動及び地圧の作用という複数の現象が相互に作用し合う熱-水-応力連成現象²⁾が起これと予想される。人工バリアの健全性を評価するためには、熱-水-応力連成挙動を把握し、そのモデル化を行うことが必要となる。これまでに、これらの解明として著者らは人工岩盤内を対象とした室内試験³⁾、粘土を対象とした要素試験⁴⁾を実施してきたが、実岩盤中での連成現象に関する知見は得られていなかった。そこで、花崗閃緑岩を対象とした原位置での熱-水-応力連成試験を実施した。本論では、熱-水-応力連成挙動を取得するために設置した模擬人工バリアについて報告する。

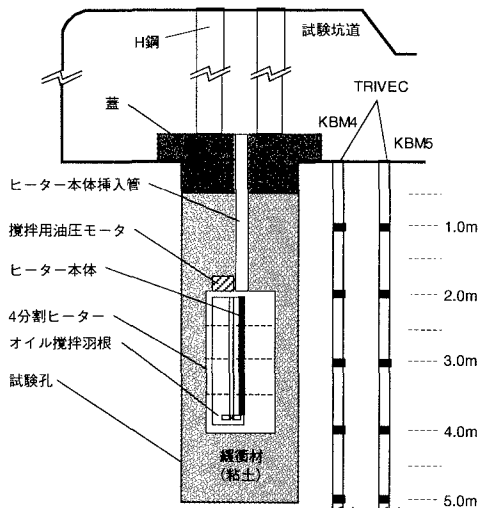


図1 模擬人工バリア

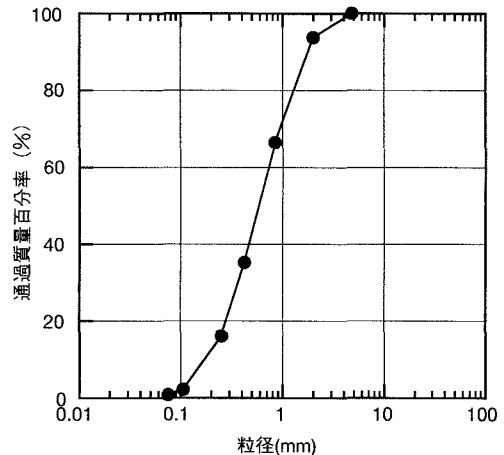


図2 OT-9607の粒径加積曲線

2. 模擬人工バリアの設置

(1) 試験孔掘削

試験は、岩手県釜石市の釜石鉱山の一画における釜石原位置試験場で実施した。母岩は栗橋花崗閃緑岩で、海拔550mの坑道（掘り約300m）に試験坑道を掘削した。模擬人工バリアを設置するための試験孔は、直径1.7m、深さ5.0mで、試験坑道の床盤に配置した。試験孔内に、図-1に示すような廃棄体を模擬したヒーター（直径1.04m、高さ1.95m）、ヒーターと岩盤の間に粘土を設置した。ヒーター中心部には電気ヒーターが設置され、媒体のオイルを介してヒーター表面を加熱する構造とした。試験孔は大口径削孔機を用いたショットボーリング工法で掘削した。この工法では、粒径2mm程度のショット（鉄球）を随時先端に供給することにより一つのケーシングパイプで交換の必要なく掘進むことが可能である。掘削は、ケーシングパイプと孔壁の摩擦抵抗及び機械の能力を考慮して50cmずつ進めた。50cm削孔後内部の岩盤を削岩機で破碎した。このとき、試験孔掘削時の周辺岩盤の変位をKBM4, 5のTRIVEC計測ボーリング孔（深さ10m）を用いて計測した。計測結果と解析結果はほぼ一致した。掘削した試験孔の岩盤壁面は滑らかであり、試験孔内への湧水量は一日あたり数リットル程度⁵⁾と微量であった。この

キーワード；高レベル放射性廃棄物，人工バリア，原位置，熱-水-応力連成

連絡先；サイクル機構 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 TEL 029-287-3247 FAX 029-287-3704

ため、ポンプアップ等の湧水対策を施すことなく粘土の締固めは行われた。

(2)緩衝材設置(粘土充填)

緩衝材の定置方式は、ブロック定置方式と現場締固め方式があるが、ここでは、施工性や品質に関して施工場所の環境に依存する部分が多く、現地での実施により技術的な課題の確認が必要である後者のうち、まきだし転圧工法を採用した。使用した粘土は初期含水比を15%に調整したベントナイトOT-9607⁴⁾である。図-2はOT-9607の粒径加積曲線で、粒径のほとんどが0.1mm以上である。試験孔内にまきだした粘土を電動タンピングランマーで転圧した。岩盤との境界部等ではエアーサンドタンパーを使用した。充填乾燥密度の管理値は予備試験⁶⁾に基づき1.60-1.70g/cm³とし、1層当たりの仕上がり高さは10cmとした。

粘土は試験孔下部より順次設置した。ヒーターは4分割の炭素鋼製の円筒缶であり、試験孔内で施工に合わせて組み立てた。深さ0.5mまで粘土を設置した後、コンクリート製の蓋を設置した。これは、連成試験中、試験区域床盤に設置したプールの水が試験孔に直接流入するのを遮断すると同時に、水が浸潤して膨潤した緩衝材が試験孔上部から膨出するのを防ぐためである。さらに、コンクリート蓋の持ち上りを支える補助機能として天盤で反力をとるようにH鋼を設置した。粘土の充填密度の達成の確認は出来形測定とした。層と層の間の密着性を確保するため前回の充填層の表面にリッピングを施した。

設置時にまきだした各層の含水比のヒストグラムを図3に示す。平均値は14.99%、標準偏差は0.911であり、層毎のばらつきは小さくできた。図4に各層における充填乾燥密度のヒストグラムを示す。平均値は1.653g/cm³、標準偏差は0.0408であり、層毎のばらつきは非常に小さくできた。乾燥密度が管理充填密度から低密度側に外れたのはわずかに2層であった。逆に、施工管理密度を超えたものは、46層中6層あった。

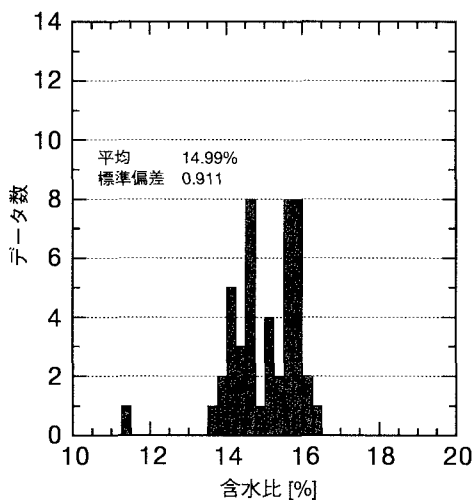


図3 含水比のヒストグラム

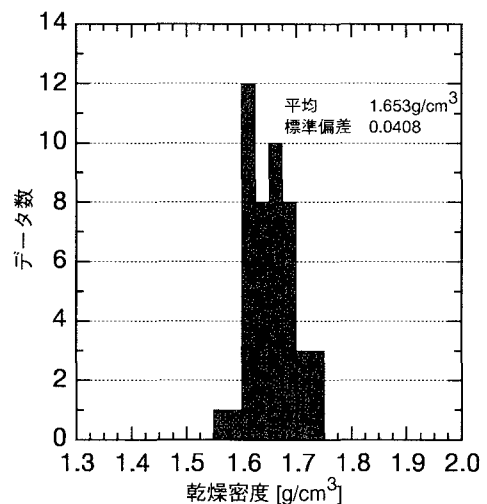


図4 乾燥密度のヒストグラム

3.まとめ

実岩盤における模擬人工バリアを設置した結果、①試験孔掘削による周囲岩盤の変位は小さく、その程度は解析により表現できる。②ショットボーリング工法により円滑な表面の試験孔を掘削できる。③粒状ベントナイトにより高密度の設置が可能である。④まきだし転圧工法により均一な充填が可能である。

参考文献

- 1) 動燃事業団(1992): 高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書-平成3年度-.
- 2) O. Stephansson, et al.(1995): Thermo - Hydro - Mechanical Coupling in Rock Mechanics, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech.Abst., Vol.32, No.5.
- 3) S. Sato, et al (1991): Full scale test on coupled thermo-hydro-mechanical process in engineered barrier system, Proc. of '91 Joint int. waste Management Conference, ASME, Seoul, Korea.
- 4) T. Fujita, et al. (1997): Coupled thermo- hydro-mechanical experment at Kamaishi Mine, TN 11-96-04, Fundamental Properties of Bentonite OT-9607, PNC TN8410 97-071.
- 5) M. Chijimatsu, et al. (1997): Coupled thermo- hydro-mechanical experiment at Kamaishi mine, TN 09-96-02, Measurements of inflow rate into the test pit, PNC TN8410 97-070.
- 6) 杉田裕他(1998): 粘土充填・熱負荷試験における緩衝材充填技術の検証, JNC TN8430 98-003.