

Ⅲ-B150

原位置における熱-水-応力連成試験（その2）

-熱-水-応力連成挙動に関するデータ-

サイクル機構 正会員 藤田朝雄, 杉田裕, 千々松正和
ハザマ 正会員 雨宮清

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（ガラス固化体を鋼製容器（オーバーパック）に封入したもの）を膨潤性の粘土でくるんで地下深部へ埋設し、人工バリアを形成することが考えられている¹⁾。地下深部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、ここで起こりえる現象を把握し、そのモデル化を行うことが必要となる。実岩盤中で起これる連成現象を把握するためにはそれに関するデータを取得することが不可欠である。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、岩盤中に設置した模擬人工バリアで得られた熱-水-応力連成挙動に関するデータについて報告する。

2.レイアウトおよび試験条件

試験坑道掘削後に実施した坑道床面の割れ目調査では、長さ50cm以上の割れ目が399本観察された³⁾。本試験では、図1に示す割れ目A, B, Cに着目し、試験孔を割れ目Bに交わり、割れ目A, Cに挟まれるように配置した。本試験では、岩盤内及び粘土内の連成現象を把握するため、種々の計測機器を設置した。図1には岩盤内の計測機器の配置を、図2には粘土内の計測機器の配置を示す。岩盤内には間隙水圧計、熱電対、ひずみ計、ポアホール型ひずみ計、割れ目変位計及び岩盤変位計を設置した。粘土内には間隙水圧計、水分計、湿度計、熱電対、熱流束計、ひずみ計及び土圧計を設置した。これらの計測機器は水分計を除いてデータロガーに接続し、データを蓄積した。粘土内の計測機器の配置は、試験孔を掘削した後に実施した試験孔への地下水の浸潤分布測定結果⁴⁾を考慮して図2に示すO-BBC, O-CD, O-DDAの3断面に決定した。

本試験では、実岩盤で起こりうる連成現象を試験区域内で再現するために、熱、水、応力のそれぞれの作用を設定した。熱に関しては、試験区域の岩盤温度は年間ほぼ一定なため、廃棄体の発熱のみ模擬することとした。粘土

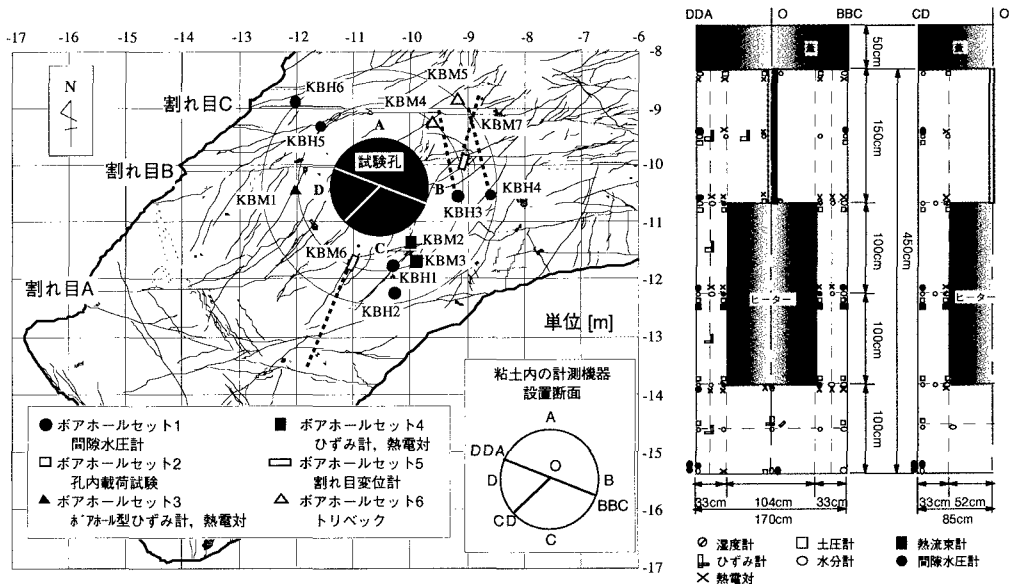


図1 岩盤のレイアウト

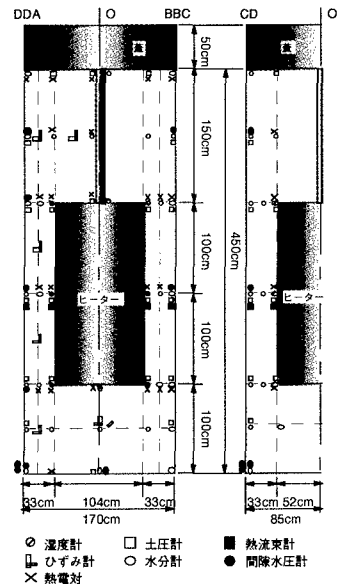


図2 緩衝材内のレイアウト

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

内に図3のように廃棄体を模擬したヒーターを設置した。加熱・浸潤試験時の温度は、ヒーター表面温度制御点で100℃となるようにした。電気ヒーターの熱は攪拌する潤滑オイルによりヒーター表面を均一に加熱した。水に関しては、地下水位より深い岩盤内に坑道を掘削すると、坑道の開放により岩盤内の水圧が一時的に低下する。しかし、坑道充填後は徐々に回復し、最終的に周囲の岩盤が飽和となる。本試験区域は、試験終了まで試験坑道が掘削されたまま開放状態であり、周囲の岩盤は飽和にならない。そこで、周囲の岩盤を強制的に飽和状態にするために試験区域を覆うように試験坑道床盤にプールを設置した。試験区域床盤にためられた地下水は岩盤内を通じて試験孔に浸透していくことが期待される。プールは試験孔の中心部で常に床盤上に40 cmの水位となるように制御した。供給した地下水は鉱山内の湧水であり、年間を通じてほぼ一定温度であることから温度境界を兼ねさせた。応力に関しては、熱応力、地下水を吸収した粘土の膨潤による膨潤圧は本試験で再現することができる。加熱・浸潤試験期間は平成8年12月17日から平成9年9月1日まで実施した。その後、温度が下降する状態での連成現象を把握するため、加熱を停止した減熱・浸潤試験を平成9年9月1日から平成10年3月10日まで実施した。

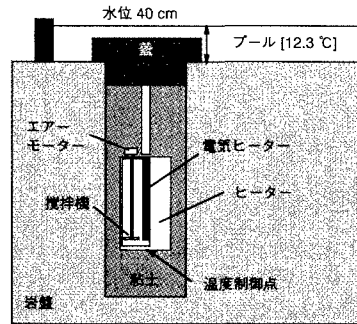


図3 熱-水-応力連成試験条件

3.試験結果

図4の試験期間における温度の経時変化では、ヒーター中心部となる深度-3.0mの各点では加熱開始後、ヒーター表面部は直ちに温度が上昇し、ヒーターからの距離が遠くなるに従い、温度の立ち上がりに時間を要した。岩盤内のボーリング孔KBH5、6においては100日程度でほぼ定常に達した。定常後の温度はヒーター表面部で100℃、岩盤と粘土の境界部で55℃であった。図では断面BBC及びDDAの温度を示しているが、断面による差はなく粘土内における温度分布は均一であることがわかった。加熱停止後は、温度は徐々に低下し150日程度で定常に達した。定常後の温度は、試験開始時と同じ12℃程度であった。

図5の含水比の経時変化では、ヒーター表面部では加熱開始後から含水比が低下し始め、150日程度で定常に達した。これに対応するように粘土内部の含水比は加熱開始と同時に一旦上昇し、その後低下している。また、岩盤と粘土の境界部の含水比は加熱後上昇し、飽和に近い値で推移した。加熱停止後は、ヒーター表面部において含水比が上昇した。上昇は緩やかであり、試験終了時においても定常には達しなかった。計測による含水比の値は粘土のサンプリングによる含水比測定とよく一致し、計測の妥当性を確認できた。

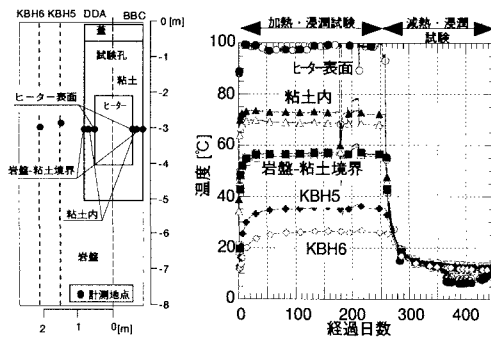


図4 温度の経時変化

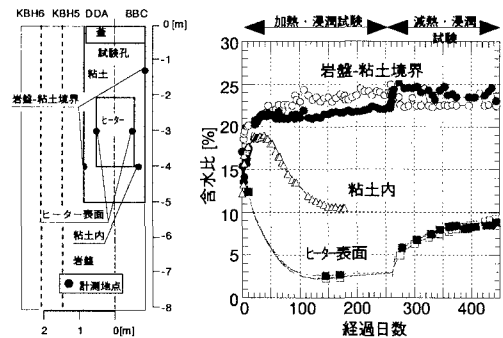


図5 含水比の経時変化

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熱-水-応力連成挙動に関するデータを取得した。②温度と水分分布では、温度の方が早くに定常に達した。③粘土内に浸潤面が形成される挙動を確認できた。

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. Abstr., Vol.32, No.5.3) T. Fujita, et al. (1997): Coupled thermo- hydro-mechanical experiment at Kamaishi Mine, TN 04-95-04, Fracture characteristics, PNC TN8410 96-061.4) 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.