

カナダ URL における実規模プラグの性能確認試験

鹿島建設(株)技術研究所 正会員 ○ 升元 一彦
核燃料サイクル開発機構 正会員 杉田 裕

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物処分の作業時に地下深部に掘削した坑道をそのままの状態で放置しておいた場合、坑道やその周辺ゆるみ域が卓越した核種の移行経路になることや地圧により坑道周辺部の力学的安定性が減少することにより、処分場に求められるバリア機能に有意な影響を及ぼす可能性がある。これらの処分システムに影響を及ぼす要因を排除することを目的として、作業時に使われた坑道は適切に処理しておく必要がある¹⁾。現況のコンセプトとしては、埋め戻し材を坑道に充填しプラグやグラウトを組み合わせる閉鎖技術の適用が考えられている。本報告では、カナダ AECL (Atomic Energy of Canada Ltd.) の URL (Underground Research Laboratory) で実施中の閉鎖技術に関する原位置試験結果について報告する。

2. トンネルシーリング試験の概要

トンネルシーリング試験は、AECL と核燃料サイクル開発機構の共同研究として、カナダ URL で実施されている閉鎖技術の性能確認のための原位置試験である。図 - 1 に試験の概要を示す。これまでにベントナイトブロックを積み上げて構築したベントナイトプラグとコンクリートプラグの実規模における施工性を確認しており²⁾、性能確認試験として、2つのプラグに挟まれた区間に水圧を作用させる試験(圧入試験)とトレーサーを圧入する試験(トレーサー試験)を実施中である。圧入試験では、プラグ周辺に生じる高動水勾配により、プラグ内の湿潤過程やプラグもしくはプラグ周辺の岩盤を通過してきた湧水状況を、トレーサー試験ではトレーサーの移行状況をモニタリングしており、各試験の結果から閉鎖性能の評価を行う。チャンバー内を800kPaで加圧した時の試験結果については前報³⁾で報告した。2MPa、4MPaに加圧した時の圧入試験とトレーサー試験の結果を以下に示す。

3. 圧入試験結果

ベントナイトプラグ側からの湧水量の経時変化を図 - 2 に示す。チャンバー内圧が800kPaと2MPaの場合、安定した時点での湧水量を測定するため昇圧後最低9ヵ月間湧水量のモニタリングを継続した。800kPaへの昇圧の段階においては、急速なチャンバー内の昇圧のためベントナイトブロックの膨潤が追いつかず、ベントナイトプラグ側から4回の10mL/minを越える大きな湧水量が計測されたが、その後はブロックが十分に膨潤し、4MPaに昇圧する過程において大きな湧水量は計測されなかった。800kPa加圧時に約0.1mL/minの、2MPa加圧時に約0.5mL/minのほぼ一定の湧水が計測された。4MPaへの昇圧直後は約1.0mL/minの湧水量が計測されたが、その後、数ヶ月で約0.4~0.5mL/minまで湧水量は減少しており、2MPa加圧時とほぼ同じ量になった。4MPa加圧時における湧水量からベントナイトプラグの概算の透水係数を算定すると、 3.6×10^{-12} m/sに相当することが分かった。

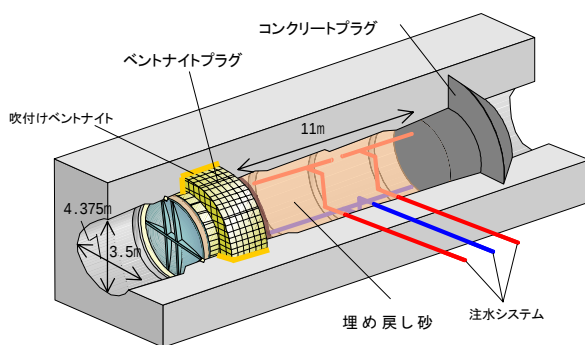


図 - 1 トンネルシーリング試験の概要

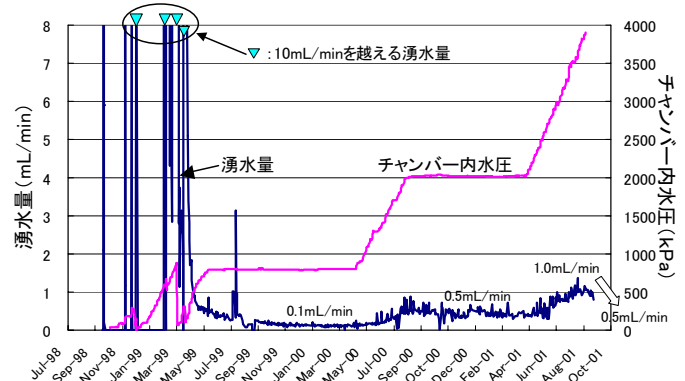


図 - 2 ベントナイトプラグからの湧水量

キーワード：高レベル放射性廃棄物，ベントナイトプラグ，トレーサー試験

連絡先：サイクル機構，〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 TEL029-287-3247 FAX029-287-3704

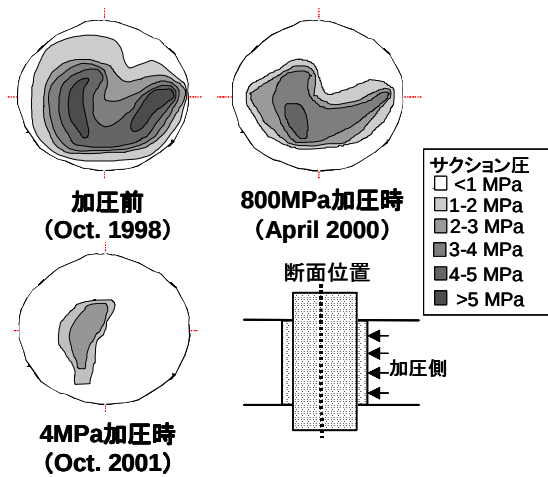


図 - 3 Psychrometer による飽和度計測結果

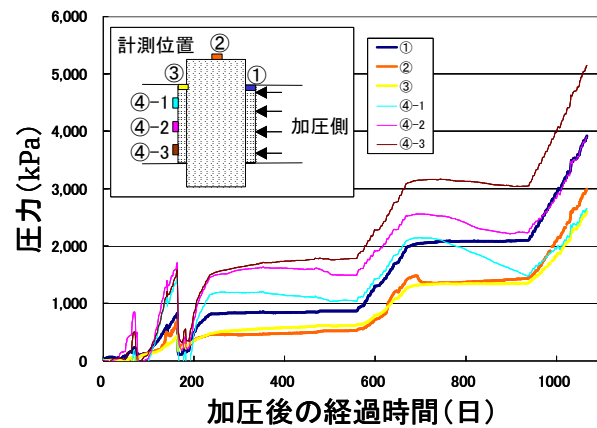


図 - 4 ベントナイトプラグ内の圧力計測結果

今回の試験では水分量、変位、圧力、温度等を計測するために約 500 個のセンサーを設置した。計測開始後 3 年以上経過したが、約 90% のセンサーが正常に稼働していることが確認された。ベントナイトプラグ内の含水状態は、Psychrometer、TDR、Hygrometer で計測した。図 - 3 に Psychrometer で計測されたサクション圧変化を示す。サクション圧が 1MPa 以下ではほぼ飽和度 100% であることから、加圧に伴いプラグの周辺部から中心部に向かって水の浸潤が進行していることがわかる。これはプラグに接している岩盤のゆるみ域やプラグと岩盤の境界部に設置した吹付けベントナイト部の透水性が相対的に大きいためである。4MPa 昇圧時においては、プラグの中心部のわずかな部分を除き、ほぼ飽和状態に達したことが分かる。また、2MPa 加圧時のベントナイトプラグの変位量の計測結果から、プラグのチャンバー側の面が 45mm、プラグ最下流面のスチールプレートが 6mm それぞれ下流側へ変位し、プラグ自体がトンネル軸方向に 38mm 圧縮されていることが計測された。図 - 4 にベントナイトプラグ天盤付近のトンネル周囲方向の圧力変化（～）とスチールプレートにおけるトンネル軸方向の圧力変化（ ）を示す。スチールプレートにおいてチャンパー内の加圧より大きな値が計測されているのは、ベントナイトプラグの膨潤圧が付加されたためである。トンネル周囲方向の計測では膨潤圧を計測しているものと考えられるが、加圧に従い増加しており、これは飽和度の増加に加えプラグ変形の影響を受けているためである。

4. トレーサー試験結果

トレーサー試験では NaI をトレーサーとして用いており、ベントナイトプラグ近傍に削孔された間隙水圧計測用の 2 本の水平ボーリングからサンプリングと分析を実施した。図 - 5 に実測トレーサー濃度のブレイクスルーカーブを示す。トレーサーの移行状況を把握するために、トンネル軸に対する軸対象モデルにおいて、浸透流解析と移流分散解析を実施した。プラグ周辺のゆるみ域の透水係数をパラメーターにして解析を行い、湧水量を実測値に合うように設定した場合（Case A）は、図 - 5 に示すように実測のブレイクスルーカーブと一致しなかった。一方、ゆるみ域の透水係数を大きくした場合（Case B）において最適な計算結果が得られた。このことは、サンプリング位置を通過するゆるみ域付近の透水性が大きく、その他の部分の透水性はやや小さいことを示しており、プラグ周方向で局所的にゆるみ域の透水係数が異なることが分かる。

5. おわりに

トンネルシーリング試験は現在も継続中であり、今後、温水を圧入する試験、さらにプラグ内部を詳細に調査するため、減圧後プラグの解体試験を実施する予定である。

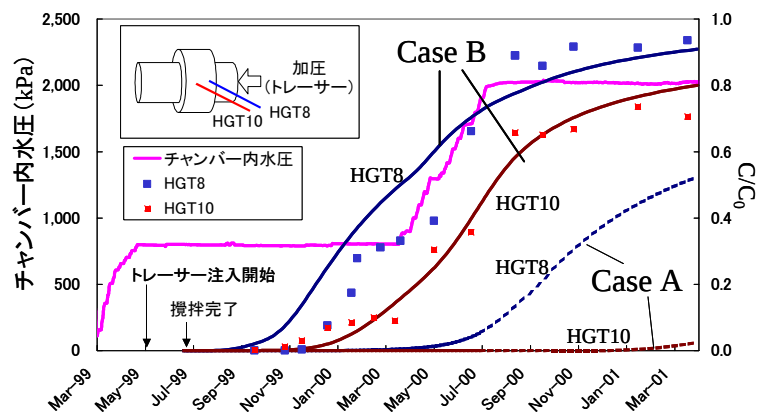


図 - 5 トレーサー試験結果と解析結果

- 参考文献** 1) 核燃料サイクル開発機構：わが国における高レベル放射廃棄物地層処分の技術的信頼性，JNC TN1400 99-022，1999。
 2) 升元，藤田，杉田：カナダ URL におけるトンネルシーリング試験，土木学会第 54 回年次学術講演会，-A280，p.560-561，1999。
 3) 升元，原，杉田，藤田，古市：カナダ地下実験施設における閉鎖技術の検証試験，土木学会第 55 回年次学術講演会，CS-184，2000。