

熱-水-応力-化学連成モデルの開発に関する国際共同研究「DECOVALEX-2011」(その 1) ー概要および Task A におけるベンチレーション試験の解析についてー

日本原子力研究開発機構 正会員 ○中間 茂雄, 藤田 朝雄
京都大学 正会員 小山 倫史 間組 正会員 千々松正和

1. はじめに

本稿では、熱-水-応力-化学連成モデルの開発に関する国際共同研究「DECOVALEX-2011」の概要を示すとともに、Task A におけるスイス・モンテリ岩盤研究所におけるベンチレーション試験を対象とした、泥質岩における連成解析について示す。

2. DECOVALEX-2011 の概要

「DECOVALEX-2011」は、高レベル放射性廃棄物の地層処分システムの性能評価において重要な課題の一つである熱-水-応力-化学連成モデルの開発・検証を目的とした国際共同研究である。現在、日本原子力研究開発機構を含む 8 カ国・8 機関の参加のもとに、2008 年 4 月より 3 年半の計画で、各国から提案された連成に関する原位置試験データ等の解析、モデル／解析コードの比較・検証が進められてきている。本共同研究は、各参加機関が独自にモデル予測を行い、比較検討するための 3 つの Task から構成されており、Task A は上述のとおり、Task B はスウェーデン・エスポ地下研究実験施設におけるピラー試験が対象となっている。Task C は、亀裂性岩盤における熱-水-応力-化学連成解析モデル開発に関する様々な検討が行われている。

3. ベンチレーション試験の解析

Task A のベンチレーション試験は、モンテリ岩盤研究所において掘削されたマイクロトンネル(直径 1.3m, 長さ約 60m, 以下、本文では単にトンネルと称する)のうちの 10m 区間を対象として、通気によるトンネル内の湿度制御により、トンネル周辺岩盤を飽和ー不飽和状態に至らしめ、飽和ー不飽和状態における岩盤の水理・力学・化学的な変化を計測している。図 1 (a)にトンネルの概略図を、図 1 (b)にトンネル内の相対湿度の経時変化を示す。また、現地の泥質岩である Opalinus Clay の物理・力学特性や水理特性に関する室内実験も行われており¹⁾、これらの条件をもとに初期条件や境界条件などを設定し、水-応力-化学連成解析を実施した。

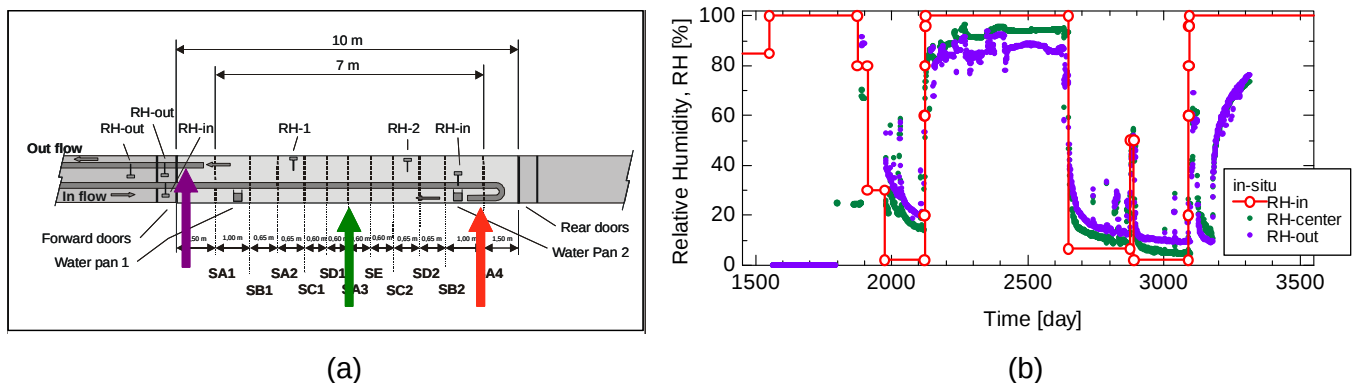


図 1 マイクロトンネルの概略図(図(a))およびマイクロトンネル内の相対湿度(RH)の経時変化(図(b))
図(a)中の矢印は相対湿度の測定位置を示しており、図(b)の線の色と対応している。

連成解析は、日本原子力研究開発機構において開発中の連成解析プラットフォーム COUPLYS²⁾を用いた。Opalinus Clay を用いた室内試験結果¹⁾から、解析に必要な物性およびパラメータ等を設定し、ベンチレーション試験の解析を実施した。解析期間は、トンネルの掘削後から試験開始、トンネルの湿潤・乾燥を 2 回繰り返す計 3300 日とした。トンネル内の湿度変化に対応したサクションをトンネル壁面の境界条件として与え、ト
キーワード 地層処分, 連成解析, DECOVALEX-2011, ベンチレーション試験

連絡先 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 日本原子力研究開発機構地層処分研究開発部門 TEL 029-282-1133

ンネル周辺岩盤の間隙水圧，飽和度，変形の分布を解析により求めた。解析結果の一例を図2に示す。図2(a)は連成解析によって得られたトンネル周辺岩盤の相対変位の経時変化である。図より，トンネル内の湿度変化に伴う変形の挙動，すなわち湿潤による岩盤の膨張，乾燥による岩盤の収縮の挙動が解析によって表現出来ていることがわかる。しかし，トンネルの掘削影響を考慮していないCase01については湿潤による岩盤の膨張の効果があまり出ていない。一番影響が出ている膨潤をモデル化したCase08においても1900日時点の相対変位が0.25mmであり，原位置試験の結果(0.4~0.5mm)よりも小さい。なお2100日以降の原位置試験データは測定されているが，DECOVALEX-2011の予測解析課題として目隠しされているため，ここでは解析結果との比較を論ずることはできない。図2(b)は1571日時点におけるトンネル周辺岩盤の間隙水圧分布である。解析結果については，間隙水圧が0の位置が不飽和領域の境目と評価されるため，たとえば，Case01, 06, 08については不飽和領域の境界がトンネル壁面から1.5mの位置にあることを示している。同じくCase07については1.7mとなる。一方，原位置での水圧はボーリング孔に設置したパッカーシステムにより測定されており，装置の構造より，パッカー内の水圧が100kPa以下の領域を不飽和領域としている。原位置試験の結果より，水圧が100kPa以下からこれ以上に転じる地点がおおよそ1.6~1.8mの間に位置すると読み取ることができ，解析結果とほぼ同様の結果となっている。

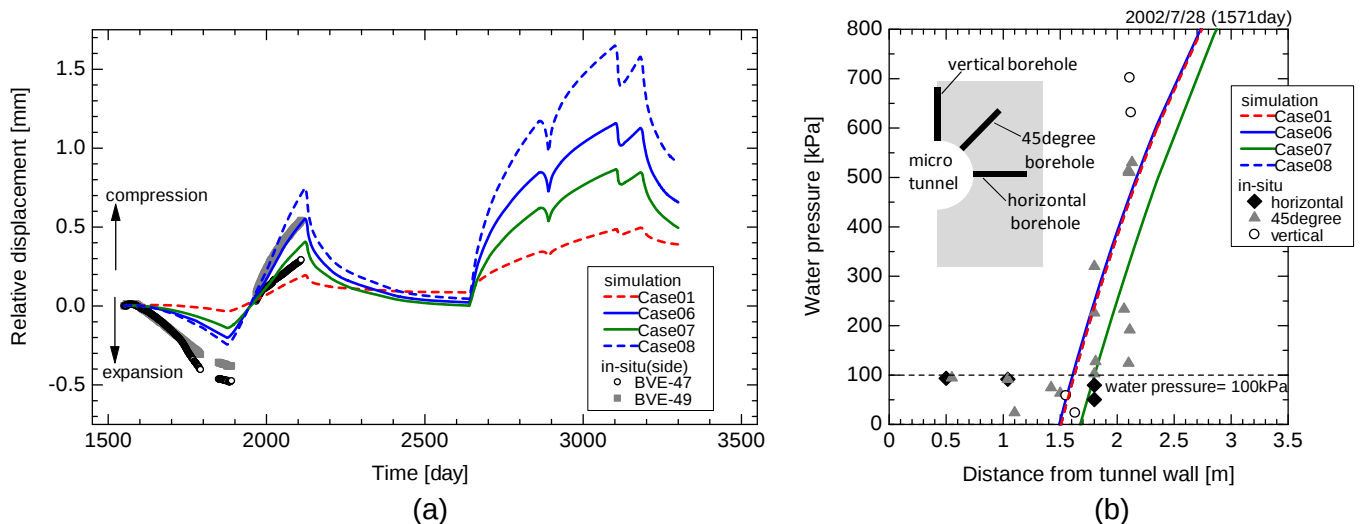


図2 連成解析結果と原位置試験結果の比較の一例 図(a)はトンネル周辺岩盤の相対変位の経時変化，図(b)は試験開始から1571日目における間隙水圧の分布。Case01は掘削影響を考慮しない解析，Case06は掘削影響，Case07は掘削影響と各種異方性（応力，透水係数，変形係数），Case08は掘削影響と岩盤の膨潤を考慮した解析結果である。

4. おわりに

国際共同研究「DECOVALEX-2011」におけるスイス・モンテリ岩盤研究所におけるベンチレーション試験を対象とした連成解析を実施し，日本原子力研究開発機構で開発中の連成解析モデルおよびコードを用いた連成解析の実施を通じて，それらの適用性の検討を行った。その結果，適切に解析条件やパラメータ設定を行うことにより，原位置における連成挙動を適切に表現可能であることが確認され，開発中のモデルおよびコードの妥当性を確認することができた。

なお，本件の一部は，経済産業省資源エネルギー庁平成22年度の「地層処分技術調査等委託費（高レベル放射性廃棄物処分関連：処分システム化学影響評価高度化開発）」として実施したものである。

参考文献

- 1) 例えば Book, H.: Rock Mechanics Analyses and Synthesis: Data Report on Rock Mechanics. RA Experiment, Mont Terri Project Technical Report 2000-02, 2001.
- 2) 木村誠，九石正美，藤田朝雄，中間茂雄，鈴木英明：緩衝材中の化学影響評価に向けた熱-水-応力-化学連成解析モデルの開発，JAEA-Research 2010-034, 2010.