

飽和した高密度ベントナイトのガス移行解析手法の開発

ー力学連成気液 2 相流によるモデル化と適用性の検討ー

背景

放射性廃棄物処分においては、放射性核種の移行を抑止するためなどの理由により高密度ベントナイトが用いられる。ところが、高密度ベントナイトは緻密であるため透気性が低く、地下深部の還元性環境下における金属廃棄物の腐食等により発生する可能性がある水素ガスを速やかに排出しないことが予想される。そのためガス圧上昇による周辺施設や岩盤への影響の評価などを行なう必要があり、ガス移行現象のメカニズムの解明とそれを踏まえたモデル化が必要となる。当所では、これまでにガス加圧に伴いベントナイト供試体の変形することを実験的に明らかとしてきた。一方、既往の手法の多くはベントナイトの変形が考慮されない従来型の気液 2 相流モデルに基づくため、解析精度の向上のためにはベントナイトの変形を考慮することが有効である。

目的

実験的に把握した飽和した高密度ベントナイト中のガス移行メカニズムを踏まえ、力学連成気液 2 相流モデルに基づく数値解析コードを開発し、その適用性を検証する。

主な成果

1. 力学連成気液 2 相流モデルに基づくガス移行解析手法の開発

ベントナイトの変形を考慮したガス相ならびに水相の連続式を定式化するとともに、新たにベントナイトの不飽和応力ひずみ関係式を提案した。さらに、これらに不飽和有効応力の定義式、応力の釣合式などを加えて現象を支配する方程式を誘導し、それに基づいて数値解析コードを開発した。

2. ガス移行実験結果との比較

上記 1. の解析手法を用いて当所が実施したガス移行実験の数値シミュレーション計算を行った。その結果、本ガス移行解析手法を用いれば、精度良く実測ガス移行挙動評価ができることが明らかとなった。

3. 従来型の気液 2 相流モデルによる計算結果に対するベントナイト変形の影響の簡易補正方法の提案

従来型の気液 2 相流モデルはベントナイト変形の影響を考慮できないが、実務に用いられる機会が多いため、その影響を補正する方法があれば有益である。そこで、別々に実施し応力ひずみ解析と従来型の気液 2 相流モデルによる解析の計算結果を加え合わせることで簡易に補正する方法を提案した。本補正法により、供試体の変形による土圧ならびに排水量の増大を簡易に表すことができる可能性が示された。

今後の展開

ガス圧による亀裂発生に伴う透気量の増大を模擬できる機能の追加、実験データの取得継続等を通じて本数値解析手法の信頼性向上を図るとともに、実務で用いられる気液 2 相流解析コードとあいまって放射性廃棄物処分のガス移行特性評価の信頼性向上を図る。

主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 上席研究員 田中 幸久

関連報告書 「飽和した高密度ベントナイトのガス移行解析手法の開発ー力学連成気液 2 相流によるモデル化と適用性の検討ー」 電力中央研究所報告：N08065（2009 年）

「飽和した高密度ベントナイトのガス移行メカニズムとそのモデル化」 電力中央研究所報告：N07005（2007 年）

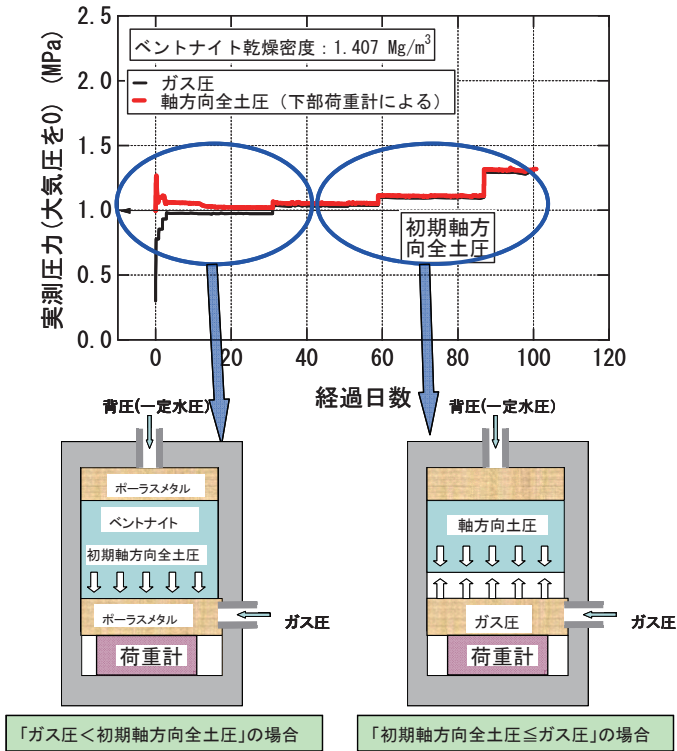
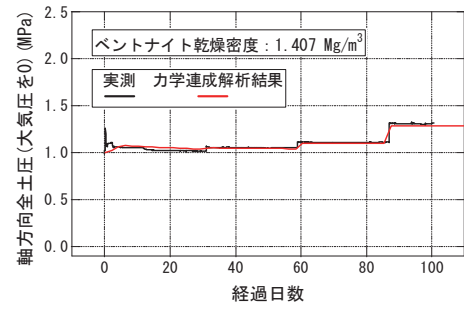
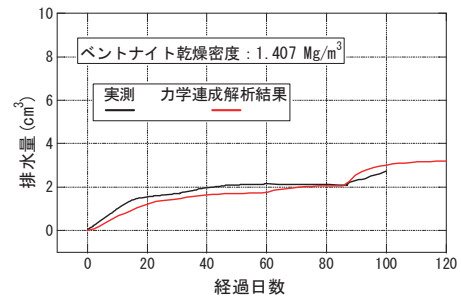


図1 ガス移行実験結果におけるガス圧と初期軸方向全土圧の大きさとの関係

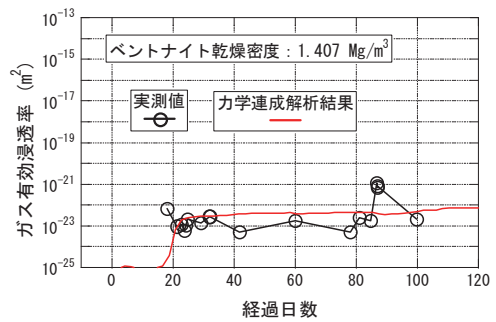
「ガス圧>初期軸方向全土圧」であれば、軸方向全土圧はガス圧と一致し、供試体は変形し、下端面と下部ポーラスメタル上端面の間に隙間が生じる。



(a) 軸方向全土圧



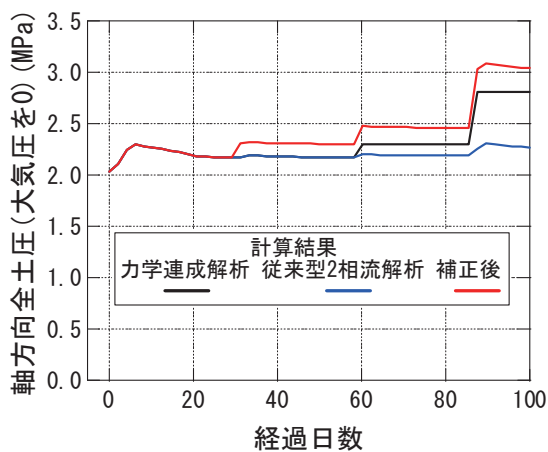
(b) 排水量



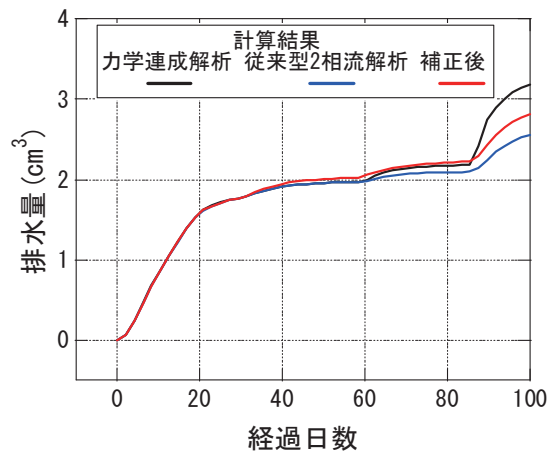
(c) ガス有効浸透率

図2 実測結果と計算結果の比較

計算値と実測値は良好に一致していることがわかる。



(a) 軸方向全土圧



(b) 排水量

図3 従来型2相流解析結果とその補正結果ならびに力学連成解析結果の比較

ガス加圧に伴う供試体の変形の影響を補正することにより、従来型2相流解析結果を力学連成解析結果に近づけることができる。