

高レベル放射性廃棄物処分孔でのオーバーパックの沈下挙動 ーベントナイト種類の影響と沈下予測手法の高度化ー

背景

高レベル放射性廃棄物処分において、ベントナイト緩衝材で囲まれたオーバーパックは、地下水の浸入に伴って緩衝材が変形するため、沈下する可能性が指摘されている(図 1)。オーバーパックの沈下により、オーバーパック底部の緩衝材厚さが減少した場合、緩衝材が止水性などの要求性能を果たせなくなることが指摘されている。そのため、オーバーパックの沈下挙動を把握し、緩衝材が要求性能を満足する厚さを保持できるかを確認しておく必要がある。しかし、ベントナイトは非常に難透水性であり、飽和・変形に時間を要するため既往の模型実験例は少ない。それらも緩衝材が完全飽和していないこと、実現象に対して相似性が満足されていないこと等の問題点が指摘されている。従って、遠心载荷模型装置を用い、沈下の実現象を時間短縮し相似性を満足させた状態での実験が必要である。

また、沈下挙動は、ベントナイト種類や地下水環境条件等によって影響を受けることが考えられるが、それらの影響に対する検討は模型実験、解析とも充分なされていないのが現状である。

目的

ベントナイトの種類がオーバーパックの沈下に及ぼす影響を解明するとともに、沈下量予測手法を高度化する。

主な成果

1. 実験的検討

長期に亘る実現象を短期間で再現可能な遠心载荷模型実験装置を用い、ベントナイトの種類(クニゲル V1、MX80、ネオクニボンド)と乾燥密度を変えて、オーバーパックの沈下実験を実施した。想定したベントナイト緩衝材の厚さは 40cm である。以下に結果を示す。

- (1) ベントナイトの種類と密度によらず、ベントナイトの平衡膨潤圧が同程度であれば、オーバーパックの実物換算沈下量は同程度であった。
- (2) オーバーパックの実物換算沈下量は、平衡膨潤圧が 1MPa 程度で 1~2mm 程度であった。また、ベントナイトの平衡膨潤圧が小さくなるに従い指数関数的に大きくなることが分かった。

2. 解析的検討

既報¹⁾の一次元の沈下量予測手法を、軸対称二次元場に拡張するとともに、解析に組み込む膨潤評価式²⁾を海水濃度なども考慮可能なものに改良して解析を実施した(図 2)。本検討により、以下の成果を得た。

- (1) 今回提案した軸対称二次元解析は、実験結果を高精度に評価できることが示された(図 3)。
- (2) 海水条件下を想定した軸対称二次元解析結果から、海水濃度が高くなるに従いオーバーパックの沈下量が增大する傾向が示された(図 4)。また、ベントナイトの平衡膨潤圧が同程度であれば、オーバーパックの沈下量は、海水濃度によらずほぼ同程度であることが示された。

今後の展開

放射性廃棄物処分環境における、高アルカリ環境などによるベントナイトの変質が、オーバーパックや廃棄体の沈下に及ぼす影響を検討する。

主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 主任研究員 中村 邦彦

関連報告書 「高レベル放射性廃棄物処分孔でのオーバーパックの沈下挙動ーベントナイト種類の影響と沈下予測手法の高度化ー」 電力中央研究所報告: N05029

「高レベル放射性廃棄物処分孔での廃棄体の沈下挙動ー遠心模型実験と簡易沈下予測法の提案ー」 電力中央研究所報告: U03074 [既報¹⁾]

「海水の濃度と高温履歴がベントナイトの膨潤特性に及ぼす影響」 電力中央研究所報告: N04007 [膨潤評価式²⁾]

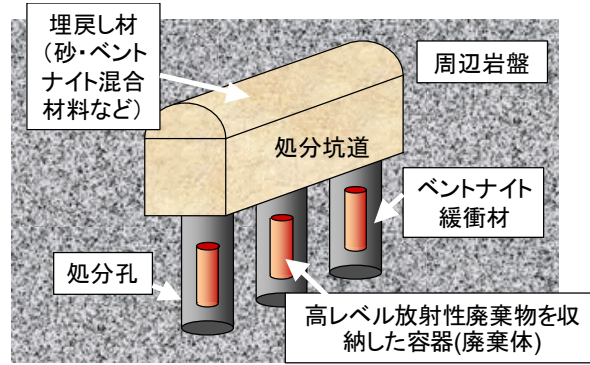


図1 高レベル放射性廃棄物処分施設の概念図(例)

廃棄体周辺には、ベントナイトが止水性や核種収着性等の性能を要求された緩衝材として設置される。

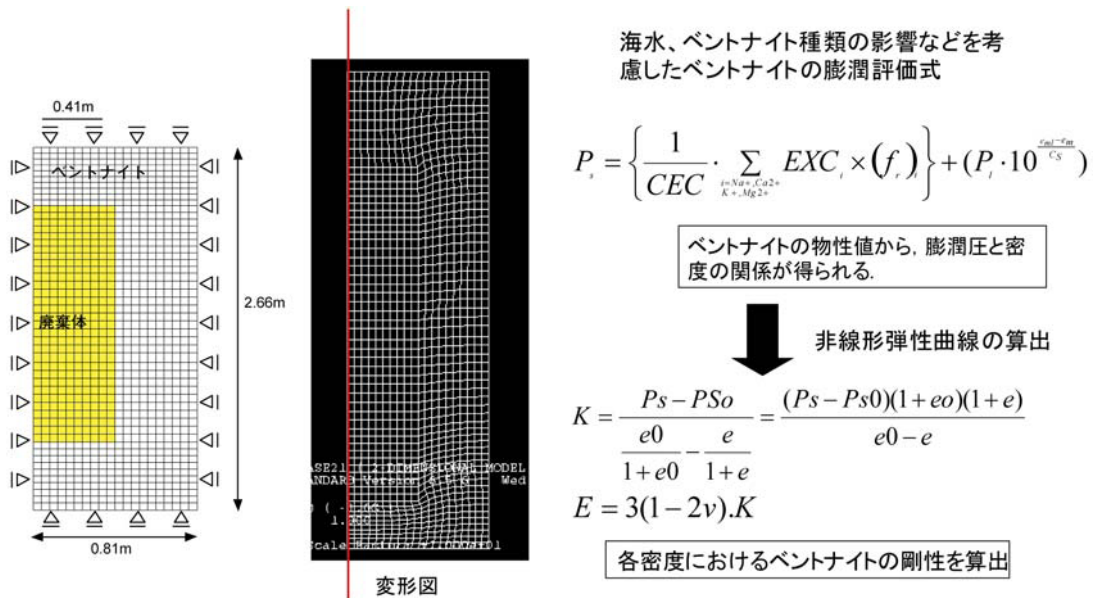


図2 海水、ベントナイト種類を考慮したオーバーパック沈下量解析手法の概念

膨潤評価式を組み込むことにより、海水やベントナイト種類を考慮して沈下量が予測可能である。

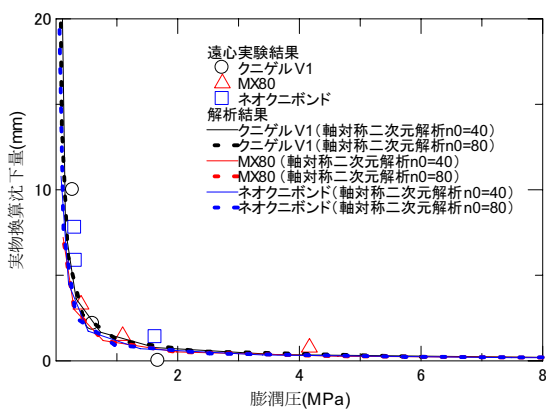


図3 実験結果と計算結果の比較

膨潤圧が低下すると、沈下量は急増する。また、ベントナイトの種類と密度によらず、ベントナイトの平衡膨潤圧が同程度であれば、オーバーパックの実物換算沈下量は同程度である。

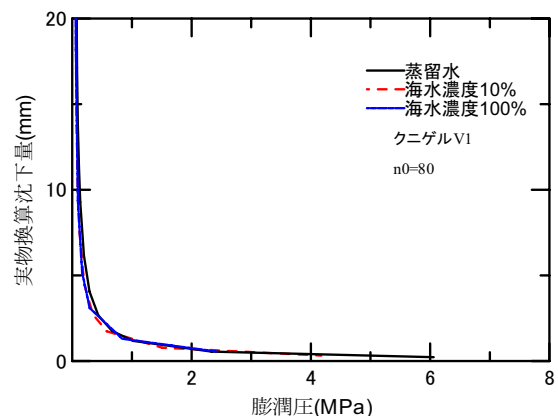


図4 計算による海水濃度の影響検討

提案した手法によれば海水濃度の影響を考慮して沈下量を予測することが出来る。