

緩衝材の膨潤・透水特性 - 隙間の影響 -

産業創造研究所
日揮

正会員
正会員

九石正美、川口光夫
○竹ヶ原竜大、高尾 肇

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、地下数百メートル以深に、放射性廃棄物が収納された容器(廃棄体)を定置し、さらにその周りに緩衝材が設置されることになっている。緩衝材の候補材料の一つであるベントナイトまたはベントナイトと砂の混合物では、ベントナイトが水を吸収して体積膨張する性質(以降、膨潤性とする)があり、この膨潤性により、低透水性や放射性核種の移行を遅延することが期待されている。緩衝材や廃棄体の定置作業においては、緩衝材と廃棄体、あるいは岩盤との間に施工上の隙間が生ずる可能性がある。このような隙間は、時間の経過にともない充填されると考えられているが、隙間が充填される種々の条件(材料条件、環境条件等)を明らかにすることは、緩衝材の設計の観点から非常に重要である。これまでに、隙間充填に関する検討がなされているが¹⁻⁹⁾、隙間がありかつ人工海水条件での試験報告例は少ない。そこで、本研究では、隙間が存在する場合の膨潤および透水特性と材料条件、水質条件等との関係を調べた。

2.試験方法

本研究で実施した試験は、膨潤圧試験および透水試験である。膨潤圧試験用の供試体は、500kN アムスラーを用いて圧縮成型した。成型用のセルから供試体を取り出し、所定隙間を設けた膨潤圧試験装置にセットして、下部から注水を行った。透水試験用の供試体は、膨潤試験用供試体と同様の方法で圧縮成型(円柱型)した後に、直方体に整形し、透水試験用セルにセットした。セット後、試験用セル下部から注水を行なった。試験セルが試験水で満たされた後、一旦、注水を中止し、供試体が十分に膨潤した後に、再度注水を開始した。その後、供試体が飽和になった時点で透水係数の測定を行った。透水試験は定水位法により、膨潤圧試験は膨潤圧試験装置を用いて行った。表1に膨潤試験および透水試験の試験条件を示す。図1、図2には隙間を考慮した膨潤圧試験および透水試験の概念図を示す。

表1 試験条件

項目	膨潤圧試験	透水試験
試験材料	ベントナイト：クニゲルV1 混合ケイ砂：瓢屋7号	
試験容器内寸	φ60mm×h20mm	□50mm×h20mm
ベントナイト配合率	100, 90, 70, 50%	
設定隙間量(供試体体積比)	0.06, 0.11, 0.20, 0.28	0.11, 0.22
隙間充填後の乾燥密度	1.3, 1.6	1.2, 1.4, 1.6
試験液	蒸留水、人工海水	

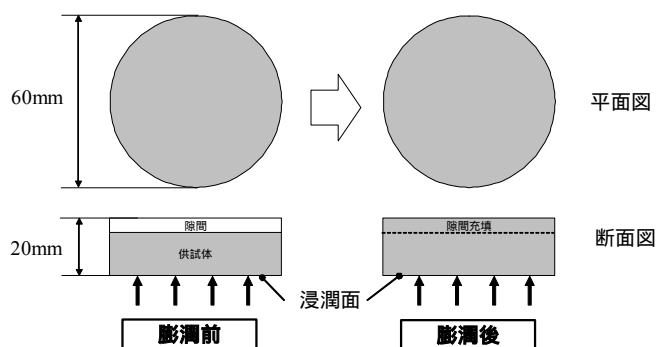


図1 隙間を考慮した膨潤圧試験の概念図

3.試験結果および考察

図3は蒸留水を用いて得られた平衡膨潤圧と有効粘土密度の関係を示している。ここで、有効粘土密度は、砂の体積を除いてベントナイトの乾燥密度を計算した値であり、乾燥密度やベントナイトの配合率にかかわらず、単位体積あたりのベントナイト量を統一的に評価できる指標である。なお、試験結果には比較のためにJNCの関数式⁵⁾によるプロットも記載しており、±30%の値のプロットも示してある。蒸留水条件では、いずれの試験条件でもJNCの関数値±30%の範囲に入っていることが分かる。図4に人工海水を用いた場合

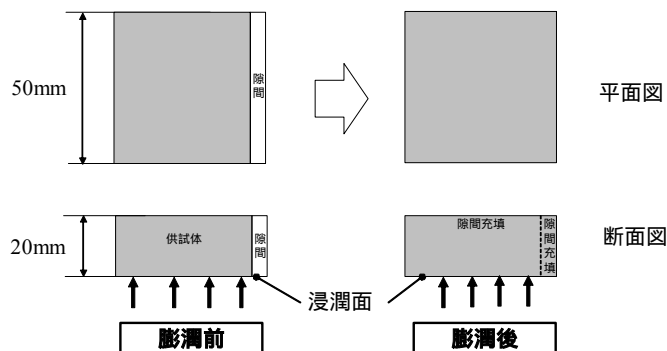


図2 隙間を考慮した透水試験の概念

の平衡膨潤圧と有効粘土密度の関係を示す。人工海水を用いた場合は、隙間が小さい場合には、平衡膨潤圧の値は JNC の関数式の $\pm 30\%$ の範囲に入っているが、隙間が大きい場合には、平衡膨潤圧の値は JNC の関数式 $\pm 30\%$ からも大きく離れ、小さい値になることが分かる。

図 5 に蒸留水を用いて実施した隙間透水試験の結果と JNC により示されている実験式¹⁰⁾との比較を示す。蒸留水を用いたケースではケイ砂混合率、隙間の大小に関わらず、全て JNC の関数式とほぼ同じ傾向を示している。一方、図 6 に示した、人工海水を用いた隙間透水試験の結果では有効粘土密度が小さくなるほど透水係数が大きくなっており、JNC の関数式と今回の膨潤圧測定結果との比較から、有効粘土密度 1.15 Mg/m^3 の場合に JNC の関数式から乖離していることが分かる。

4.まとめ

膨潤圧試験結果から次のことが明らかになった。

- ・ 隙間が増加すると膨潤圧が低下する
- ・ 隙間が大きい場合、人工海水を用いた系では有効粘土密度が小さいほど JNC の評価式から乖離する
- ・ 有効粘土密度 1.15 Mg/m^3 、隙間 20% で膨潤圧がほとんど発生しない

透水試験結果から次のことが明らかになった。

- ・ 隙間が増加すると透水係数が増加する
- ・ 人工海水系では有効粘土密度が低く、隙間が増加するほど JNC の評価式から乖離する
- ・ 有効粘土密度 1.15 Mg/m^3 、隙間 20% で透水係数が 10^{-8} m/s に急増する

本研究は経済産業省の委託を受けて実施した「地層処分技術調査等（塩水環境下処分技術調査）」の成果の一部である。

参考文献

- 1) AECL(1994) : The Disposal of Canada's Nuclear Fuel Waste: Engineering for a Disposal Facility, AECL-10715
- 2) SKB(1999) : Deep repository for spent nuclear fuel SR97 – Post-closure safety, TR-99-06
- 3) 杉田ら(2001) : ベントナイトペレットを用いた緩衝材の隙間充填性に関する検討(その1)ベントナイトペレット膨潤後の止水性に関する検討、第56回土木学会年次学術講演会
- 4) 千々松ら(2001) : ベントナイトペレットを用いた緩衝材の隙間充填性に関する検討(その2)楔形状の隙間に対する充填性に関する検討、第56回土木学会年次学術講演会
- 5) 鈴木ら(1999) : 緩衝材の膨潤特性、JNC TN8400 99-038
- 6) 杉田ら(2002) : 人工バリアにおける緩衝材の隙間充填挙動に関する基礎試験、JNC TN8430 2002-003
- 7) 杉田ら(2003) : 人工バリアにおける緩衝材の隙間充填挙動に関する基礎試験、JNC TN8430 2003-007
- 8) 菊池ら(2003) : 海水系地下水条件下における埋め戻し材特性に関する基礎試験、JNC TN8430 2003-008
- 9) 杉田ら(2004) : 要素試験結果に基づく隙間共存下におけるブロック緩衝材のバリア性能の評価
- 10) 菊池ら(2003) : 緩衝材の飽和透水特性-、JNC TN8430 2003-002

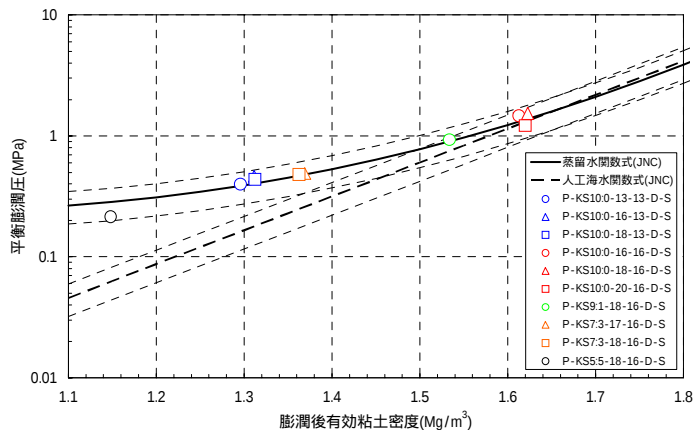


図 3 膨潤圧試験結果（蒸留水条件）

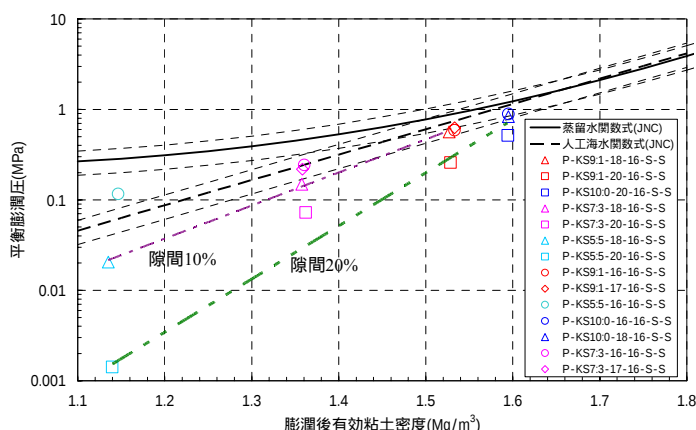


図 4 膨潤圧試験結果（人工海水条件）

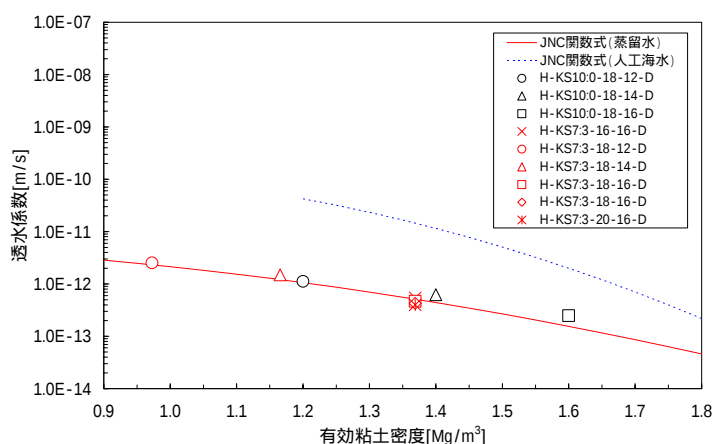


図 5 透水試験結果（蒸留水条件）

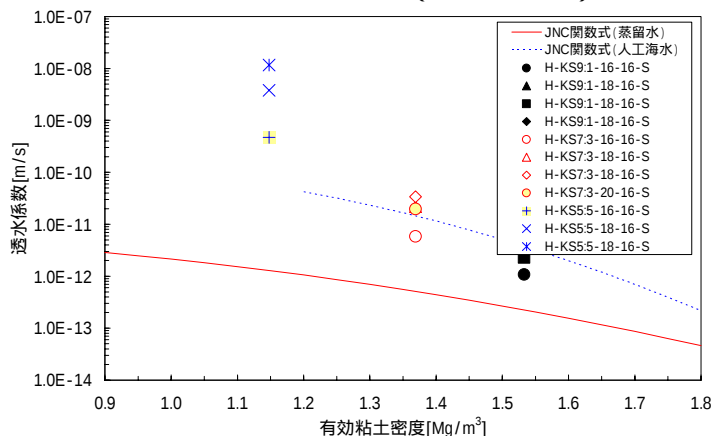


図 6 透水試験結果（人工海水条件）