

III-A 273

低レベル放射性廃棄物埋設施設における  
ベントナイト混合土のせん断変形時の透水特性

清水建設 正会員 三谷泰浩, 石井卓, 中島均  
原子力環境整備センター 非会員 平田征弥, 正会員 吉田弘明  
九州大学 正会員 江崎哲郎, 張銘

1. はじめに

わが国の原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物を埋設する鉄筋コンクリート造の埋設設備は、その側部と上部2 mを土砂とベントナイトを混合したベントナイト混合土（難透水性覆土）で埋め戻し、さらにその上部4 mを通常の土砂（通常覆土）で埋戻す。「廃棄物埋設事業許可申請書」では、埋設設備埋戻し後、約300年の長期にわたって、これら覆土の安定性が保たれる必要があるとしている。

難透水性覆土には、埋設施設から、万が一、漏出した場合の放射性核種の移行を抑制するために地下水の流速を低減する高い遮水性能が要求される。この遮水性を損なう要因としては、将来的な難透水性覆土中のせん断変形が考えられ、その具体的な因子として、地震、沈下およびベントナイトの膨潤等が挙げられる。

本研究では、難透水性覆土であるベントナイト混合土が、将来的に懸念されるせん断変形に対して、要求される遮水性が維持できることを確認するために実証試験を行った。

2. 実験概要

実験には、六カ所村の現地発生土である段丘砂とベントナイトを重量比85:15の割合で混合したベントナイト混合土を使用した。本材料の仕様とその物性を表1に示す。

表1 ベントナイト混合土の物性

仕様	段丘砂:ベントナイト=85:15
粘着力 [kg/cm <sup>2</sup> ]	0.48
内部摩擦角 [°]	32.7
変形係数 [kg/cm <sup>2</sup> ]	420
塑性時の変形係数 [kg/cm <sup>2</sup> ]	20
ポアソン比 [-]	0.5

透水試験は、最大せん断ひずみが生じる主ひずみ面に垂直な方向（透水性が卓越する方向）に実施することが望ましい。そのため、新たに差圧型せん断透水試験機（図1）の開発を行った。実験では、厚肉型円筒形供試体を用いてその内外側面に作用させる圧力を調節することによって、供試体内に図2に示すような任意のせん断ひずみを発生させ、目的とする方向への透水試験を行う。発生するせん断ひずみについては、理論解析により半径方向に分布するせん断ひずみ分布を評価する<sup>2)</sup>。また、理論解析によるせん断ひずみの妥当性については、供試体内側の体積変化を計測することで確認する。この実験では、任意のせん断ひずみを発生させ、その時の透水係数の変化を調べた。

また、過大なせん断ひずみが発生し、せん断破壊が生じた場合を想定して、図3に示すように、円柱供試体に一面せん断破壊を発生させ、その一部分を切り取り、供試体中のせん断断面に沿って透水試験を実施した。

透水試験は、ベントナイト混合土の透水係数が非常に小さいため、いずれもフローポンプ法<sup>3)</sup>を適用した。

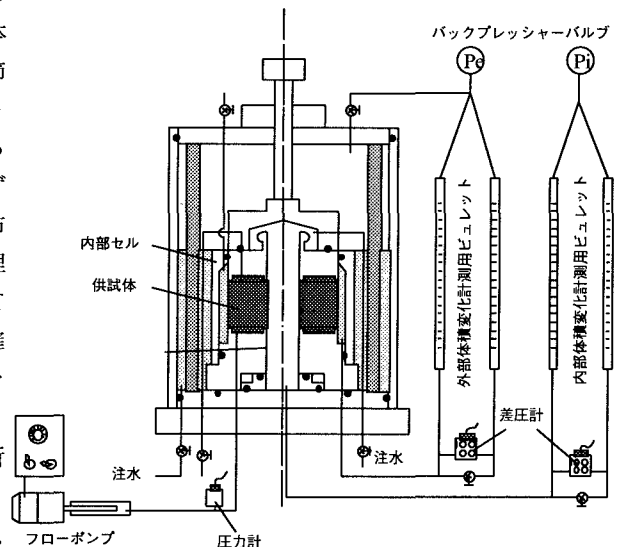


図1 差圧型せん断透水試験装置概略図

### 3. 実験結果および考察

供試体に等しい内外圧（0.5MPa）を作用させた状態から、内圧を徐々に減少させること（最終的には、0.03MPaまで）によって、発生する最大せん断ひずみは、約10%まで増大する。最大せん断ひずみの増加にともなう透水係数の変化について図4に示す。せん断ひずみが発生していない初期段階においてベントナイト混合土の透水係数は $7.47 \times 10^{-9}$ (cm/s)であったが、図に示すように、供試体内に発生する最大せん断ひずみ量が増加しても透水係数の増大はみられず、逆にわずかながら減少する。このようにベントナイト混合土中に最大せん断ひずみが10%程度発生しても $10^{-9}$ (cm/s)のオーダーを維持することを確認した。

ベントナイト混合土中にせん断破壊が生じた場合の透水係数の値も図4中に示す。透水試験は三軸状態で試験を行い、拘束圧0.05MPaの場合、透水係数は $1.72 \times 10^{-9}$ (cm/s)となり、せん断破壊面を有する供試体であっても透水係数は $10^{-9}$ (cm/s)のオーダーを維持することを確認した。

以上の結果から、難透水性覆土としてベントナイト混合土を使用すれば、難透水性覆土中に発生するせん断変形に対する遮水性能は十分維持できることを確認した。このような現象のメカニズムは、ベントナイトのゲル化による自己修復性によるものであると考えられる。

### 4. おわりに

以上、低レベル放射性廃棄物貯蔵施設の難透水性覆土として使用されるベントナイト混合土のせん断変形時による透水特性について報告した。その結果、ベントナイト混合土中に約10%程度のせん断ひずみが発生しても、また局部的にせん断破壊が発生しても、その透水性能として透水係数を $10^{-9}$ (cm/s)オーダーの範囲内で維持できることが分かり、高い遮水性を要求される低レベル放射性廃棄物貯蔵施設の材料として有用であることを確認した。なお、本研究は、(財)原子力環境整備センターが科学技術庁の委託を受けて行った「低レベル放射性廃棄物最終貯蔵システム安全性実証試験」の一環として、難透水性覆土としてのベントナイト混合土の遮水性を実証するために行った試験の一部である。

### 参考文献

- 1)日本原燃株式会社, 1988.
- 2) Esaki, T et al., The 18th Annual MRS Symp. on the Scientific Basis For Nuclear Waste Management, Kyoto, Part1 pp.261-288, 1994.
- 3)Olsen, H.W. et al., Geotechnique, Vol.35, No.2, pp.145-157, 1985.

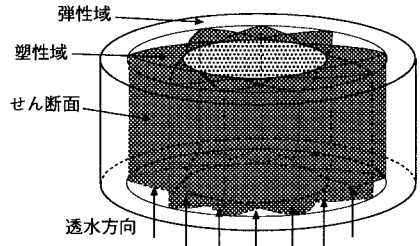


図2 せん断ひずみ分布概念図

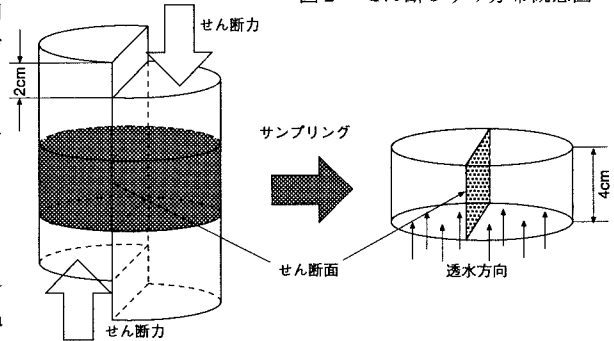


図3 一面せん断破壊供試体作成概念図

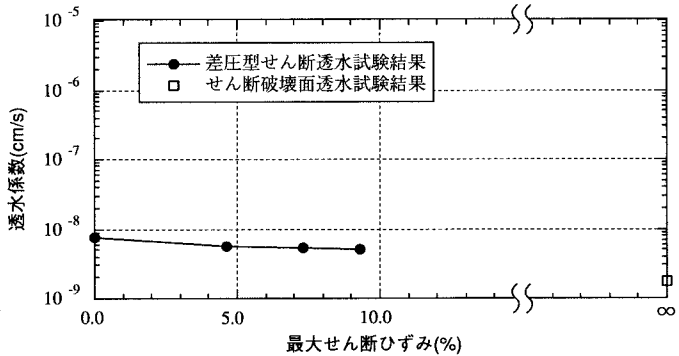


図4 せん断ひずみに応じた透水係数の変化