

## 覆土式遮水構造の設計に向けた砂層をベントナイト層で挟み込む 三層構造試料における浸潤・膨潤特性の視覚的簡易評価

早稲田大学 学生会員 ○尾崎 匠  
早稲田大学 正会員 小峯 秀雄  
(株)大林組 正会員 山本 修一  
早稲田大学 学生会員 浦田 智仁

### 1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に東北地方太平洋沖地震が発生し、それに伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故を原因とする放射性物質による環境汚染が発生した。現在設置が決定している中間貯蔵施設には、仮置きされている除染により生じた廃棄物を、最終処分場での廃棄が可能になるまでの最大 30 年間保管できる性能が必要とされている。中でも重要となるのが、外部から水が浸入し放射性廃棄物に接触することを軽減するための遮水性である。当施設では、低透水性に優れるベントナイトを用いて、覆土および遮水工を設ける案がある。

この覆土で使用される可能性のあるベントナイトと現地発生土とを組み合わせると多層構造とすると、保水性の異なる材料を挟み込むことにより、吸水特性を変化させることができ、遮水性が向上することが考えられる。本研究ではこれを踏まえ、サクシジョンの異なる試料を組み合わせた層構造内において、水が浸潤する際の挙動などを研究し、適切な材料や構造を検討する。研究ではメスシリンダー法による視覚的な簡易評価により、砂層をベントナイト層で挟み込んだ三層構造供試体の浸潤・膨潤特性を評価した。

### 2. 使用した材料

著者らのグループで進めている研究では、モンモリロナイト含有率と交換性陽イオン組成の異なる A~E のベントナイトを選定している。本研究では、ベントナイト（クニミネ工業製、クニボンド RW）および三河珪砂（三河珪石製、三河珪砂 V7 号）を使用した。表 1 はベントナイト B の基本物性を示す。また、三河珪砂の基本物性は土粒子密度 2.65 (Mg/m<sup>3</sup>)、自然含水比 0 (%)、平均粒径 0.177 (mm)、均等係数 1.62 である。

表 1 ベントナイト B の基本物性

試料	ベントナイト B
タイプ	Ca 型
土粒子密度(Mg/m <sup>3</sup> )	2.65
液性限界(%)	139.35
塑性限界(%)	60.77
塑性指数	78.58
モンモリロナイト含有率 (%)	89
自然含水比(%)	10.32

### 3. メスシリンダー法による浸潤・膨潤特性評価の概要

図 1 にメスシリンダー法の概略図を示す。本試験では、供試体に直径 5(mm)のステンレスボールを用いて一定鉛直圧 2.0 (kPa)を作用させた状態で、内部に試料が充填されたメスシリンダーの上部より給水を行った。所定の経過時間における供試体における水の浸潤面および膨潤面をメスシリンダーの目盛りを用いて目視で計測した<sup>2)</sup>。浸潤面がメスシリンダー底部に到達したと判断した時点で、供試体内の水分移動が終了したとみなし試験を終了した。また、メスシリンダー底部は閉じているため、ベントナイトが吸水した際に透気性が著しく下がり浸潤に伴う間隙空気の排出に支障をきたす。これを防ぐためメスシリンダーは底部に穴をあけたものを使用し、間隙空気を自由に排出できるようにした。

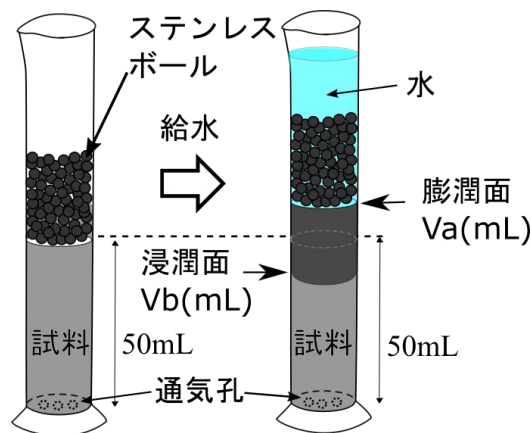


図 1 メスシリンダー法の概略図

キーワード ベントナイト, 不飽和土, 吸水膨張

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58-203 早稲田大学理工学術院 TEL03-5286-2940

### 4. 供試体の作製手順

供試体はベントナイトの単一層構造, 砂層をベントナイト層で挟み込んだ三層構造の2種類の供試体を作製した. 供試体は, 内径 28 (mm)のメスシリンダー内で, ベントナイト層は突き棒を用いた動的突き固めで作製し, 砂層は試料を投入し側方からカラーを等方的に打撃して充填することで作製した. 試料の充填はメスシリンダーの目盛りを基準とし 10 (mL)毎に分けて突き固めた. 図2は各層の層厚および乾燥密度を示したものである.

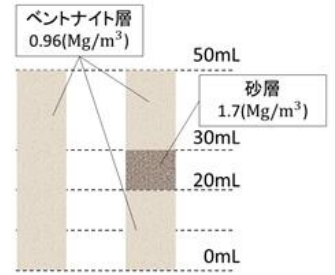


図2 供試体の条件

### 5. 経過時間ごとの浸潤量および膨潤量の比較

浸潤面の判別ができる範囲(9日後まで)での浸潤面と膨潤面の推移を図3, 4に示す. 図3の三層構造に関して, 浸潤面が20mLで停止しているのは, 9日後までは下部ベントナイト層の変色が見られていないため, この表記とした. また, 図4より三層構造をなすと膨潤量はわずかに大きくなることが見て取れる. さらに図5, 6に浸潤の状況を比較した写真を示す. 三層構造供試体の下部のベントナイト層は, 浸潤面の判別が目視では不可能であったため, 下部ベントナイト層全体の変色がなくなった時点で浸潤終了とみなした. 三層構造供試体の方が, 浸潤が遅延していることがわかる.

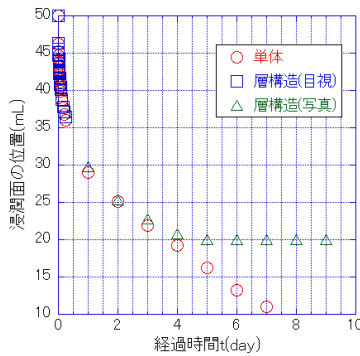


図3 時間ごとの浸潤面推移

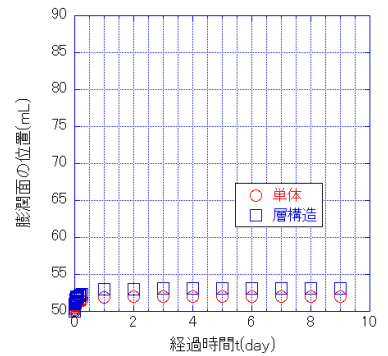


図4 時間ごとの膨潤面推移

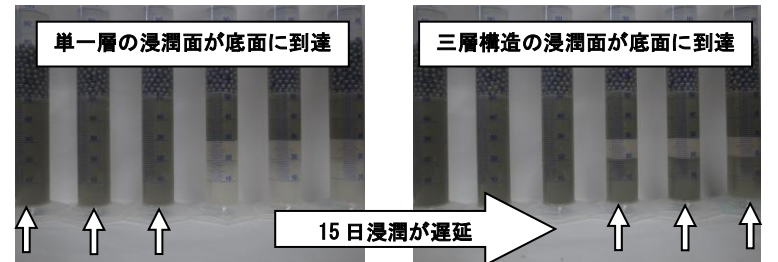


図5 単一層の水分移動終了時 (試験開始から12日後)

図6 層構造の水分移動終了時 (試験開始から27日後)

浸潤が遅延する要因としては図7に示すメカニズムが考えられる. 上部ベントナイト層では, ベントナイトのサクシオンを主な駆動力として試料上部から浸潤していく. 上部ベントナイト層の飽和度が上がっていき通水に至ると, 上部ベントナイト層を通過した水が砂層を通り浸潤していくが, この際, 砂のサクシオンは著しく低いため水分移動に滞りが生じる. その間も, 単一供試体の方はサクシオンにより水分移動が生じるため浸潤が進む. そのため, 最終的な全体の湿潤終了までの時間に差が生じる.

### 6. 結論

メスシリンダー法により単一層供試体と三層構造供試体の浸潤・膨潤特性の視覚的簡易評価を行い, 以下の結論が得られた.

- ① ベントナイト単一層構造供試体よりも砂層をベントナイト層で挟み込む三層構造供試体の方が全体の湿潤終了までの時間が長い.
- ② ベントナイト単一層構造供試体よりも砂層をベントナイト層で挟み込む三層構造供試体の方が, 膨潤量が全体を通して高い.

②の結論は参考文献3)にて吸水量測定試験で得られた膨潤特性の傾向と異なる結果となっている. そのため, メスシリンダー法と吸水量測定試験の試験条件の違いを考慮する必要がある. 主な条件の違いは, 供試体の層厚および内径, 供試体に載荷された鉛直圧であり, これらの膨潤量に及ぼす影響については今後の課題となる.

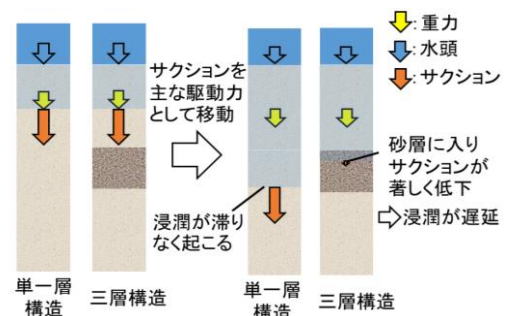


図7 浸潤メカニズムの差異

参考文献 1) 直井優, 小峯秀雄, 安原一哉, 村上哲, 百瀬和夫, 坂上武晴: 各種ベントナイト系緩衝材の膨潤特性に及ぼす人工海水の影響, 土木学会論文集 No. 785/III-70, 39-49, 2005.03. 2) 小峯秀雄, 直井優, 安原一哉, 村上哲, 百瀬和夫, 坂上武晴: メスシリンダーを用いたベントナイト系材料の浸潤・膨潤特性の簡易実験法, 土木学会論文集, No771/III-68, PP.225-234, 2004 3) 尾崎匠, 小峯秀雄, 山本修一, 浦田智仁: 粗粒材と粘性土で構成される覆土式遮水構造の設計に向けた砂層をベントナイト層で挟み込む三層構造の吸水・膨潤特性評価, 第51回地盤工学研究発表会(投稿中)