

メスシリンダー法による砂とベントナイトから構成される二層構造の吸水特性 —中間貯蔵施設の遮水工設計を想定して—

早稲田大学 学生会員 ○浦田 智仁

早稲田大学 国際会員 小峯 秀雄

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の影響で、福島第一原子力発電所で炉心融解が発生した。炉心融解により放射性物質が放出され、環境汚染が発生した。その際に生じた膨大な量の除染廃棄物を処分しなければならない。その除染廃棄物を最終処分するまでの過程の中で、保管場所として中間貯蔵施設が用いられることが計画されている。保管期間30年とされている除染廃棄物の中間貯蔵施設に用いられる遮水工には、30年間飽和しないことや、廃棄物と接触した地下水が遮水工の外に漏出するのを30年間防ぐことが必要と考えられる¹⁾。この30年という長期間遮水するための粘土系材料としてベントナイトがあげられる。ベントナイトは低透水性や膨潤性を特長とした粘土であり、遮水材料として優れた性質を持っている。本研究では、中間貯蔵施設の遮水工設計を想定し、砂とベントナイトから構成される二層構造の吸水特性を検討するため、ベントナイトのもつ浸潤特性等の基礎データを比較的短い時間で入手することができ、簡易的に評価できるメスシリンダー法²⁾を行うことで、二層構造の吸水特性について考察する。

2. 使用した試料

本研究では、実際に廃棄物処分場で遮水シートとして使われている粒状ベントナイト PG(ホージュン製・パラグラニューラー、粒径 0.075mm~2.000mm, 含水比 $w_0=8.5\%$)、および三河珪砂 V5号(三河珪石株式会社製、粒径 0.075mm~2.000mm, 乾燥密度 $\rho_s=2.66\text{Mg/m}^3$, 含水比 $w_0=0.3\%$)を使用した。表-1 に使用したベントナイトの基本的性質を示す。

表-1 使用したベントナイトの基本的性質

ベントナイトの名称	パラグラニューラー
土粒子の密度(Mg/m^3)	2.47
液性限界(%)	377.59
塑性限界(%)	70.51
塑性指数	307.08

3. メスシリンダー法の概要

3.1 メスシリンダー法の装置および概要

本試験では、簡易的かつ同時に多くの実験条件で入手することが出来るメスシリンダー法²⁾を用いて、砂層とベントナイト PG 層(以下 PG 層)の二層構造である供試体を作製し、鉛直荷重を 1.54kPa 作用させた状態で蒸留水を 65mL 給水し、浸潤速度および吸水量の測定を行った。メスシリンダー法の概要を図-1、実験の様子を図-2 に示す。メスシリンダーは容量 100mL、内径 28.0mm のアクリル製のものを使用した。また、供試体に鉛直圧を作用させるために直径 0.5mm、質量 0.51g のステンレスボールを投入した。浸潤速度を以下の式(1)より算出した。

$$V_s = \frac{V_0 - V_b}{A \times t_s} \times 10 \quad (1)$$

ここで、 V_s : 浸潤速度, V_0 : メスシリンダーの目盛りから読んだ供試体の初期体積(mL), V_b : 所定時間経過したときの浸潤部の下端部のメスシリンダーの読み(mL), A : 供試体断面積(cm^2), t_s : 経過時間(min)

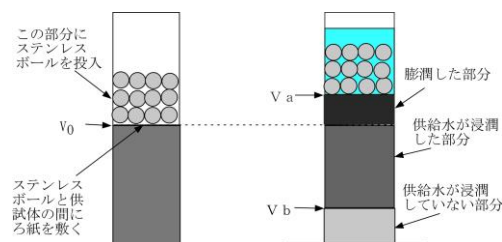
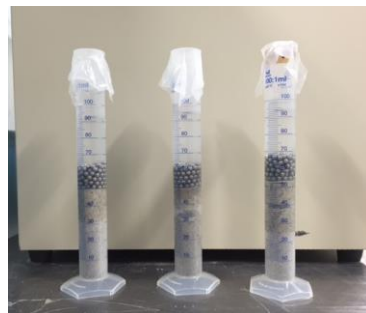


図-1 メスシリンダー法の概要

図-2 約 30000 分経過後に
空隙が発生したときの実験の様子

キーワード ベントナイト, 吸水膨潤, 透水性, メスシリンダー

連絡先 〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1 58 号館 203 室 早稲田大学理工学術院 社会環境工学科 Tel 03-5286-2940

3.2 供試体の作製方法

供試体は所定量の試料を投入し、ランマー(直径 20.0 mm, 質量 549.4 g)で落下させ、各供試体についての層構造(表-2)および概略図(図-3)に示すように、砂層の乾燥密度は $1.6(\text{Mg}/\text{m}^3)$ 、PG 層は乾燥密度 $1.1(\text{Mg}/\text{m}^3)$ 程度で突固め、供試体を作製した。

4.メスシリンダー法により得られた二層構造の浸潤・吸水特性

供試体 A の 25～35mL と供試体 B の三河珪砂層通過後の 20～30mL における浸潤速度と経過時間の関係を図-4 に示す。供試体 A の 25～35mL における浸潤速度は約 $1.5 \times 10^{-3}(\text{mm}/\text{min})$ 、供試体 B の 20～30mL の浸潤速度は約 $1.2 \times 10^{-3}(\text{mm}/\text{min})$ に収束した。また、供試体 C は 1440 分頃から 14000 分の間 25mL からほぼ浸潤した部分が変化していなかった。これは三河珪砂 V5 号とベントナイト PG の保水性が違うことによって、キャピラリー効果が働いたためではないかと考えられる。

供試体 A, B および C の吸水量と経過時間の関係を図-5 に示す。供試体の 5000 分までの吸水量が増加するのは砂層の保水量が増加しているためと考えられる。供試体 A に対して、供試体 B および C の吸水量は 20000 分まで少なかった。これは、砂層の間隙空気によって水が浸潤しなくなったためと考えられる。また、経過時間 25000 分まで各供試体の吸水量が増加した後、吸水がほぼ停止し、図-2 に示すように供試体に亀裂が入った。これは上部の間隙空気が抜けた後、図-6 に示すように、供試体全体に空気が充満し、逃げ場を失った空気により圧力が生じたためではないかと考えられる。

表-2 各供試体の組成

供試体番号		メスシリンダーの目盛り			
		0～20mL	20～25mL	25～30mL	30～35mL
		A	ベントナイトPG	三河砂	PG
	B	ベントナイトPG	PG	PG	三河砂
	C	ベントナイトPG	PG	三河砂	PG

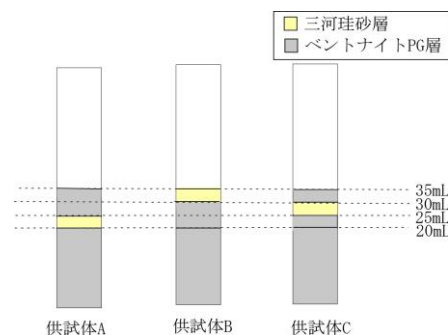


図-3 各供試体の概略図

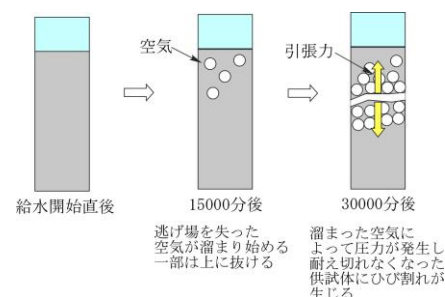
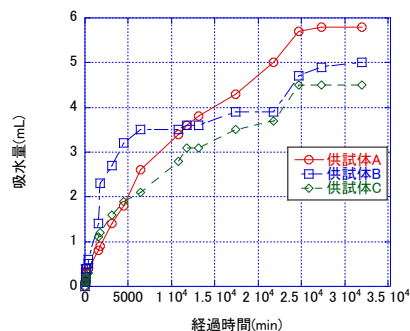
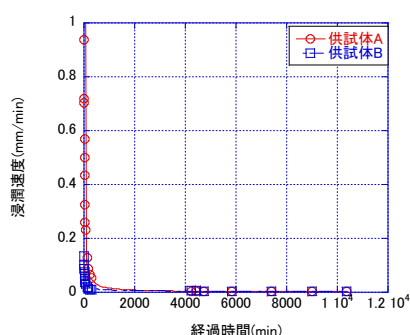


図-4 浸潤速度と経過時間の関係

図-5 吸水量と経過時間の関係

図-6 ひび割れ発生メカニズム

5.結論

砂層を PG 層の間に敷設することで、砂とベントナイトの保水性の違いによって、一時的に不透水面が発生し、浸潤速度を低下させることが確認できた。このため、ベントナイト層の間に砂層を敷設した二層構造は中間貯蔵施設の遮水工設計に利用できるのではないかと考えられる。また、密閉した空間を作ることによって、吸水量をほぼ停止させることが確認できた。この結果より、中間貯蔵施設の遮水工設計の際に密閉した空間を作ることによって、長期間遮水を行うことが可能であると考えられる。今後の課題としては、メスシリンダーに溜まった空気を排気することが挙げられる。

謝辞 本研究は、文部科学省費補助金基盤研究 B(代表：小峯秀雄) のご支援の下、実施した。ここに感謝を申し上げます。

参考文献 1)小峯秀雄：放射性物質汚染土の中間貯蔵施設設計における地盤工学の貢献，第 9 回地盤工学会関東支部発表会，2012.10. 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 No. 771/III-68, 225-234, 2004.9.