

21. 廃棄物処分場建設システムの開発（その2）

市川 隆文

土岐 晃生

要 旨

廃棄物処分場における自然修復型のしゃ水工法（自然加圧修復システム）は、膨潤性粘土溶液が泥膜および浸透沈積層を形成し、しゃ水シートの破損を自然に修復できるシステムである。この自然修復機構が機能するための条件を得るために3種類の室内透水実験を行った。その結果、①保護土および基盤の締固め管理が必要である。②締固め管理が困難な土であっても泥膜促進材料を使用すれば修復が可能である。③膨潤性粘土溶液は浸出水に含まれる塩類に対しても有効であることがわかった。また、しゃ水シート破損時の修復機能の有効性を確認するために行った大規模実証実験でも所定の成果を得ることができた。

キーワード

廃棄物／膨潤性粘土溶液／漏水検知／自然加圧修復／泥膜／浸透沈積層

目 次

1. はじめに
2. 室内透水実験
3. 大規模実証実験
4. ま と め
5. おわりに

21. DEVELOPMENT OF WASTE DISPOSAL PLANT CONSTRUCTION SYSTEM (PART 2)

Takafumi Ichikawa

Teruo Toki

Abstract

Self-restoring waterproof construction method (self-pressurizing restoration system) for waste disposal plant utilizes swelling clay solution that forms mud cake and infiltration-sedimentation layer, which in turn restores broken parts of waterproof sheets. Three kinds of water infiltration experiments were performed to confirm the conditions needed for functioning of the self-restoration mechanism. It has been shown that : 1) compaction control of covering soil layer and foundation ground is necessary : 2) for types of soil that are difficult to control compaction, the self-restoration effect can be obtained if an agent geomembrane to accelerate formation of mud cake is used : and 3) swelling clay solution is also effective against salt contained in infiltrating water.

Furthermore, satisfactory results were obtained also at large-scale performance tests that confirmed effectiveness of restoration capacity at a time of waterproof sheet breakage.

1. はじめに

廃棄物処分場から漏出する有害物質により引き起こされる環境汚染の問題が顕在化する中、新規の処分場建設においては、しゃ水構造のより高い安全性と信頼性が求められている。

このような状況の中、これまでに2重しゃ水シートの内部に膨潤性粘土溶液をあらかじめ充填しておくことにより、しゃ水シートが破損しても、不透水な泥膜および浸透沈積層を形成し自然に修復できるシステムの開発を行ってきた。前回の報告で、本システムの概要と、修復機能に関わる基礎実験について、その結果を述べた。

今回、泥膜および浸透沈積層を形成するために重要となる保護土の施工管理基準や、形成の阻害要因である塩類の混入による膨潤性粘土溶液の挙動に着目して室内透水実験を行ったので、その結果を報告する。また、システムの設計・施工仕様を定める目的で行った実大実証実験についてもあわせて報告する。

2. 室内透水実験

2.1 実験の目的

本実験の目的は以下の通りである。

- (1) 修復機構が機能するための保護土および基盤の締固め管理値を求める。
- (2) 締固め管理が困難な土を使用する場合の補助対策を検討する。
- (3) 浸出水に含まれる塩類に対する膨潤性粘土溶液の有効性を確認する。

2.2 実験条件

実験条件を表－1に示す。

表－1 実験条件

シリーズ	ケース	締 固 め 度	備 考
I	ケース1	$\rho d \max \times 80\%$	
	ケース2	$\rho d \max \times 85\%$	
	ケース3	$\rho d \max \times 90\%$	
	ケース4	$\rho d \max \times 95\%$	
II	ケース5	$\rho d \max \times 80\%$	粘土混合
	ケース6	$\rho d \max \times 80\%$	泥膜促進材料
III	ケース7	$\rho d \max \times 80\%$	塩水濃度 3%
	ケース8	$\rho d \max \times 80\%$	塩水濃度 8%

シリーズIでは、締固め度と泥膜および浸透沈積層形成との関係を調べるものであり、保護土の締固め度を変えて4ケースの実験を行う。シリーズIIは、泥膜形成を促進させる対策の効果を確認するものであり、その内ケース5は保護土としてまさ土に粘土を混合した場合、ケース6は泥膜の形成を促進させる材料を保護土としゃ水シートとの間に挿入した場合の実験である。シリーズIIIは、塩類に対する実験であり、保護土を塩水で飽和し、塩水濃度の異なる2ケースについて実験を行う。

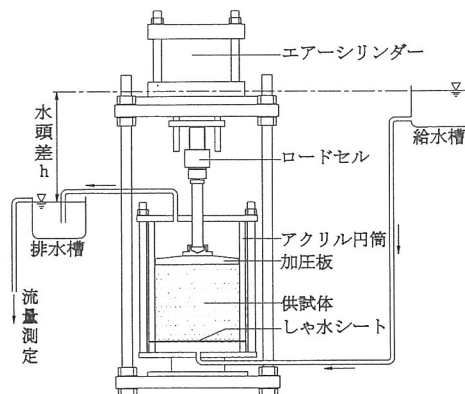
2.3 実験装置

実験に用いる試料は、大阪府枚方産のまさ土と岡山県笠岡産の粘土である。まさ土は最大粒径19.0mm、平均粒径9mm、細粒分含有率11%である。この試料の物理・力学特性を表－2に示す。

表－2 まさ土の物理・力学特性

土粒子密度	ρ_s	2.662
均等係数	U_c	28.1
曲率係数	U_c'	2.9
最大乾燥密度	$\rho_{dmax} (g/cm^3)$	1.971
最適含水比	w_{opt}	10.4

本実験での実験装置の概略図を図－1に示す。アクリル円筒(φ300mm)に試料を1層あたりの仕上がり厚さ50mmで所定の密度になるように締固め、高さ300mmの供試体を作製する。供試体下部に、上からしゃ水シート(HDPE,厚さ1.5mm)、長繊維不織布(厚さ0.4mm)、プラスチックドレーン(厚さ10mm)の順に設置する。しゃ水シートの中心に、破損を想定して1.0cm²の穴を開けている。供試体作製後、真空ポンプを用いた吸水脱気法で供試体の飽和度を高めている。



図－1 実験装置概略図

2.4 実験方法

- (1) 給水槽と排水槽に越流口が設置してあり、給水槽には膨潤性粘土溶液を、排水槽には水を入れ、越流するまで水位を上げておく。
- (2) 給水槽は膨潤性粘土溶液を常時補給し、水位を一定に保つ。
- (3) 膨潤性粘土溶液を供試体下部から浸透させる。
- (4) 排水槽から越流する流出量 (cm^3/min) を電子天秤を用いて計測を行う。給水槽と排水槽の水頭差 45cm とする。透水実験状況を写真-1に示す。

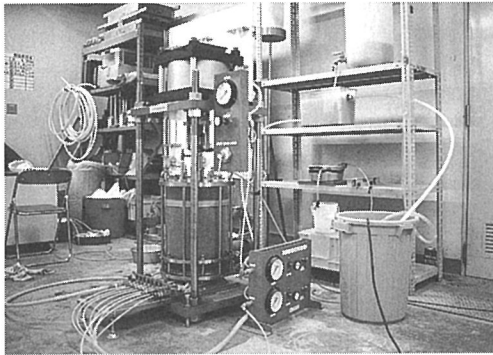


写真-1 室内透水実験状況

2.5 実験結果

実験を行った結果、得られた流出量の経時的变化を各シリーズごとに図-2, 3, 4に示す。

(1) シリーズ I

保護土および基盤の締固め度による泥膜形成の状況を観測するために行った実験結果を図-2に示す。

ケース1では、実験開始後100分までに流出量が低下したが、完全に流出が止まることはなく、7200分後も $3\text{cm}^3/\text{min}$ の流出があった。また実験開始数時間後、供試体上部に膨潤性粘土溶液が上がってきており、粘土粒子が土粒子に吸着せず、浸透沈積層が十分に形成されていない状況が見られた。実験終了後の観察で泥膜の形成も確認できなかった。

ケース2, 3, 4では、試料の締固め度が高くなるにつれて初期の流出量が少なくなり、3ケースとも1000分以内に流出が完全に止まった。実験終了後の観察によって、しゃ水シートの穴を塞ぐように泥膜が形成されているのが確認された。また、ケース1のように膨潤性粘土溶液が供試体上部まで上がっておらず、粘土粒子が供試体の間隙を塞ぎ、浸透沈積層が形成された。

以上の結果より、破損箇所泥膜と浸透沈積層を形

成させるための締固め管理値として、まさ土の場合、締固め度85%以上になるように保護土および基盤を管理する必要がある。

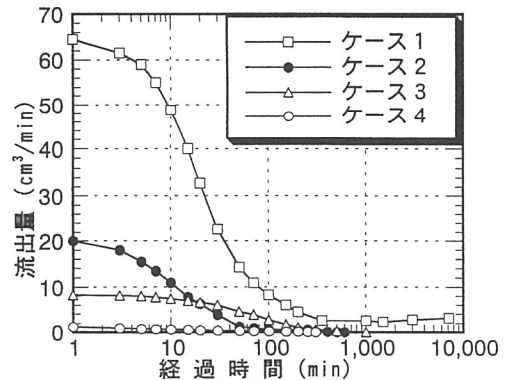


図-2 実験結果 (シリーズ I)

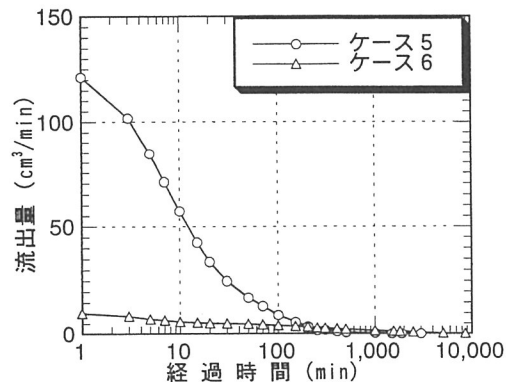


図-3 実験結果 (シリーズ II)

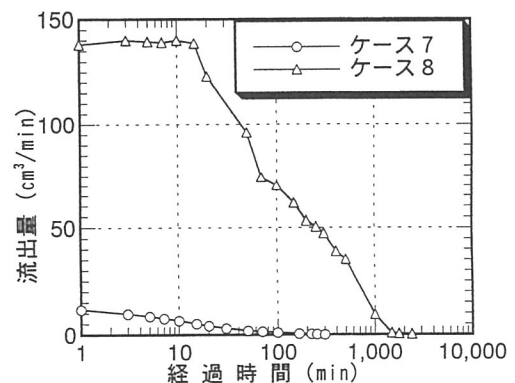


図-4 実験結果 (シリーズ III)

(2) シリーズⅡ

泥膜形成を促進させる対策の効果を確認するためにを行った実験結果を図－3に示す。

ケース5では、まき土に重量比で10%の粘土を混合した試料を用いて、締固め度80%にて供試体の作製を行った。実験開始後、流出は3000分で完全に止まったが、初期の流出量がケース1に比べ多く、パイピングなどを起こしやすい状態となった。

ケース6では、泥膜の形成を促進させる泥膜促進材料をしゃ水シートの下に設置して実験を行った。初期の流出量を抑える効果があり、流出を完全に止められることが確認できた。2つの実験から、やむを得ない事情でケース1のように完全には止水が困難な締固め度の地盤でも、泥膜促進材料を使用することによって修復が可能となることがわかった。

(3) シリーズⅢ

廃棄物の種類によっては、高濃度の塩類が生じ浸出水に混入することがあり、この場合の膨潤性粘土溶液への影響度を調べる目的で行った実験結果を図－4に示す。

ケース7では、スメクタイト水系分散液の安定性に関する報告³⁾によると、膨潤性粘土の粒子が凝集したものと、非凝集のものが混同している状態のため、浸透沈積層が形成されやすくなり、短時間で流出が止まったと考えられる。

ケース8では、塩水濃度が高かったため、膨潤性粘土粒子が塩水の影響を受けて完全に凝集し、流出量が多くなった。しかし、時間経過とともに膨潤性粘土溶液の流出によって塩水の濃度が低下し、修復機能が回復したと考えられる。

この結果から、浸出水の塩類混入に対しても、膨潤性粘土溶液によって、泥膜および浸透沈積層を形成することが確認された。

3. 大規模実証実験

3.1 実験の目的

本実験の目的は、以下の3点である。

- (1) 膨潤性粘土溶液充填時の注入特性を把握する。
- (2) 膨潤性粘土溶液の環流特性を把握する。
- (3) 実大規模での修復機能を確認する。

3.2 実験概要

実証実験の全景を写真－2に、平面図、断面図を図－

5, 6に示す。

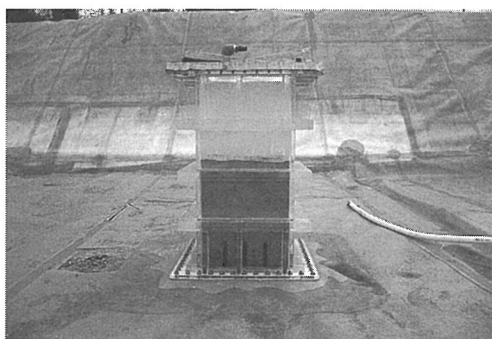
2重しゃ水シートの中間層は、碎石を用いたタイプとプラスチックドレーンを用いたタイプの2つのタイプを施工した。碎石タイプは4×13m、プラスチックドレーンタイプは4×16mの大きさである。なお、底盤下部中央には、共同溝を設置し計測と送排水の作業を容易にした。

しゃ水シートには、内部の注入状況を観察できるように、透明なEVAシート（厚さ2.0mm）を使用した。また、膨潤性粘土溶液注入時に、上載圧としてシート上部に水圧を作用させた。

しゃ水シートの破損を想定した実験は、防水構造のアクリル容器を碎石タイプの上部シートに3箇所設置した。アクリル容器内には、保護土を厚さ50cm充填し、しゃ水シートの破損の大きさは、1.0cm²の穴を開けている。アクリル容器の設置状況を写真－3に示す。



写真－2 実大実証実験の全景



写真－3 アクリル容器の設置状況

3.3 実験方法

(1) 充填性能確認実験

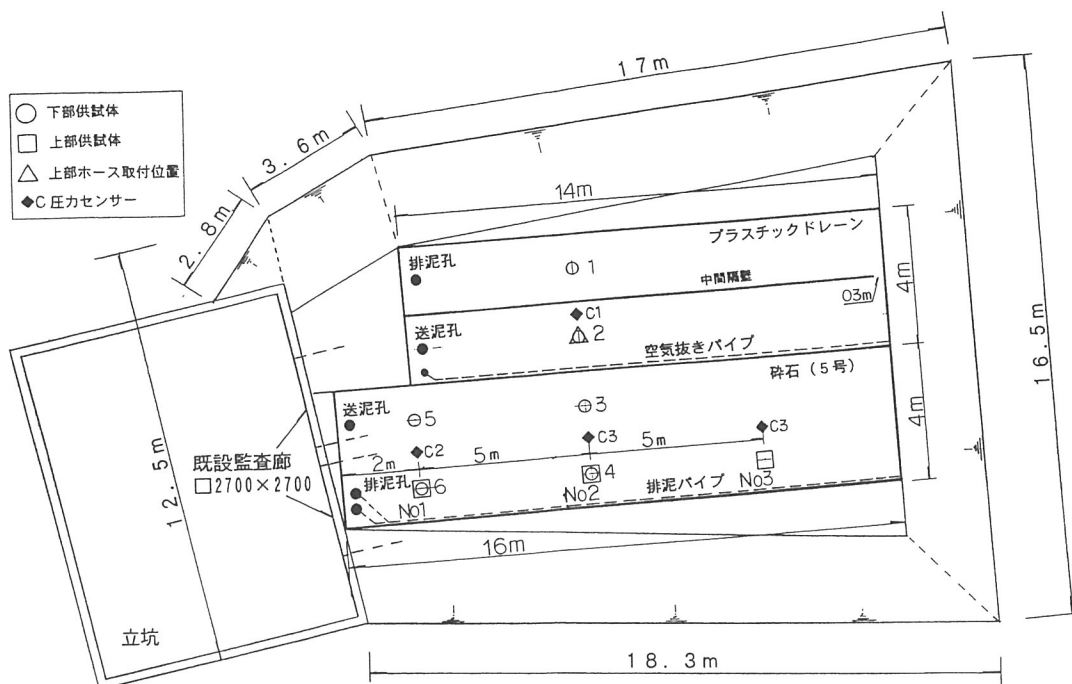
2重しゃ水シートの内部に膨潤性粘土溶液を0.1 kgf/cm²の静水圧によって充填する。内部の空気はあらかじめ取り付けけた空気抜きパイプで排気を行い、膨潤性粘土溶液が環流されるまで充填を行う。

(2) 環流性能確認実験

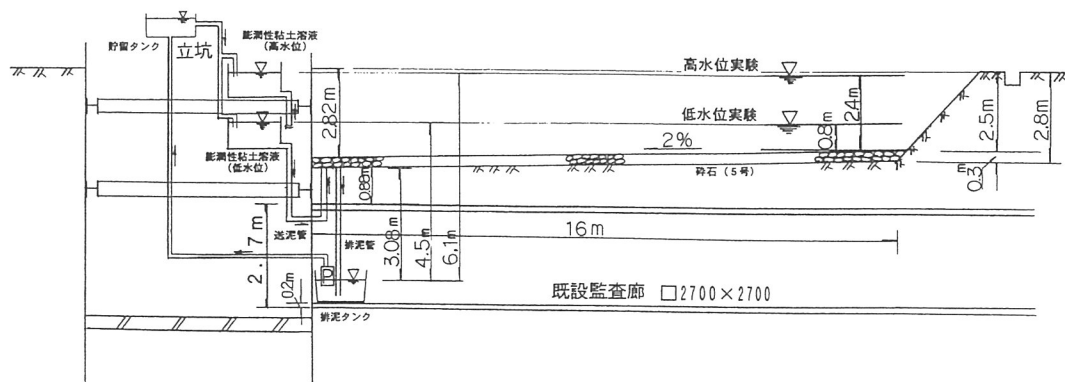
膨潤性粘土溶液を充填後、0.1 kgf/cm²の静水圧で環流する。次に、処分場内部の水位を2.8 mに上げて、0.28 kgf/cm²の静水圧で環流する。

(3) 止水特性確認実験

止水特性は、防水構造となっているアクリル容器内の保護土への浸透状況で確認した。



図－5 処分場モデル平面図

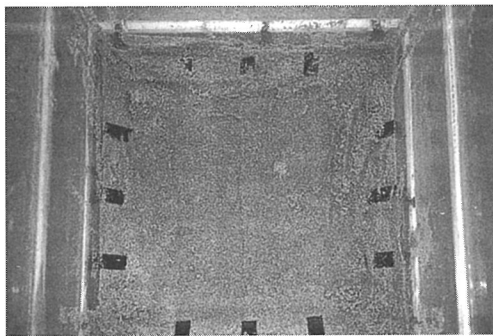


図－6 処分場モデル断面図

3.4 実験結果

実験結果は、以下に示す通りである。

- (1) プラスチックドレーン、碎石の両タイプとも、しゃ水シート内部に空隙をつくらず膨潤性粘土溶液が充填されることが確認された。
- (2) 環流実験では、粘性流体特有のチクソトロピー性はみられず、スムーズに環流することが確認された。
- (3) シートの破損箇所から膨潤性粘土溶液が保護土へ浸透し、浸透沈積層が形成されるのを確認した。浸透状況を写真－４に示す。



写真－４ 保護砂内部の浸透状況

4. まとめ

室内透水実験と実大実証実験の結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 保護土および基盤の造成にあたっては、まさ土の場合、締固め度85%以上であれば、膨潤性粘土溶液によって泥膜および浸透沈積層が形成され、シート破損部分が修復される。
- 2) 泥膜促進材料を挿入することによって、泥膜の形成が促進される。
- 3) 塩水に対しても、膨潤性粘土溶液により泥膜および浸透沈積層が形成され有効である。
- 4) 2重しゃ水シート内部に膨潤性粘土溶液を滞りなく充填および循環できることを確認した。
- 5) 実規模の処分場でも、本システムによれば所定の修復機能が得られることがわかった。

5. おわりに

これまでの室内透水実験により、安定したしゃ水層を形成するための保護土および基礎地盤の締固め度についての施工管理基準を求めることができた。今後、

本システムの実用化にあたっては、処分場に要求される数十年という長期にわたる維持管理上の安定性と耐久性の実証が必要である。

すでに実際の処分場を模した大規模のフィールド実験場を築造し、システムの最終的な観測実験を開始している。また、当社施工中の処分場において、本システムを一部組み込んでおり、膨潤性粘土溶液の圧力伝達や耐久性について、数年にわたり観測を継続していく予定である。

これらの結果をもとに、本システムの完成度を高め、信頼性の高いものとしていきたい。

本開発は、(株)浅沼組、(財)大阪土質試験所、(株)奥村組、戸田建設(株)、西武建設(株)、豊順洋行(株)の6社で構成する「ゲルシステム研究会」において共同で開発を進めているものである。

【参考文献】

- 1) 土岐晃生 他:最終処分場における浸透沈積層による自然加圧システムの開発, 第8回廃棄物学会研究発表会, pp.862-865, 1997.
- 2) 本郷隆夫 他:最終処分場における泥膜による自然加圧システムの開発, 第8回廃棄物学会研究発表会, pp.866-868, 1997.
- 3) 古賀慎:合成スメクタイト水系分散液の分散と凝集, 第22回土質工学研究発表会, pp.1315-1316, 1987.
- 4) 水野克己 他:自然加圧修復システムの開発, 第33回地盤工学研究発表会, pp.2509-2510, 1998.
- 5) 市川隆文 他:最終処分場における自然修復システムの開発, 土木学会第53回年次学術講演会概要集第7部, pp.76-77, 1998.
- 6) 市川隆文 他:最終処分場における自然加圧システムの開発(その1), 第9回廃棄物学会研究発表会, pp.925-927, 1998.
- 7) 大塚義一 他:自然加圧修復型最終処分場における実規模実証実験, 第9回廃棄物学会研究発表会, pp.931-933, 1998.