

実施工を考慮した新しい遮水材料の開発とその透水特性

福岡大学工学部 学生会員 ○紫垣 友宏

福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一, 平野 文昭, 林 義晃

(株)アステック

森本 辰雄, 口船 愛

(株)日本国土開発 正会員

横田 季彦, 中島 典昭

1. はじめに

現在, 我が国の管理型最終処分場の底部遮水構造には, 遮水シートと粘土系遮水材を組み合わせた二重遮水工が主流となっており, 粘土系遮水材には, 現地発生土にベントナイトを混合したベントナイト混合土が多く用いられている^{1),2),3)}. しかし, 遮水シートの破損等により重金属類を含む浸出水が漏水した場合, ベントナイト混合土では十分安全性が確保できない. そこで, 本研究では重金属類を捕集することが可能であるシーリングソイル工法⁴⁾を用い, ベントナイト混合土に代わる新しい遮水材料の開発を目的としている. また, 土質材料に脱水ケーキを用いることにより, 廃棄物の有効利用を考える. 本稿では, 遮水材料の重要な検討項目の1つである透水特性に着目し, 新しい遮水材料の透水特性について報告する.

2. 実験概要

2-1 土質材料及び添加剤

試験に用いた土質材料は, 兵庫県と熊本県の砕石工場において, 濁水処理に伴って発生した産業廃棄物の脱水ケーキである. 添加剤には陽イオン交換機能を有するゼオライト, pH調整機能を有するドロマイト, 陰イオン交換機能を有するハイドロタルサイト様化合物を用いることで, 陽イオン交換機能のみを有するベントナイト混合土よりも高機能化させている. 添加剤の配合率は, 土質材料の乾燥質量に対してそれぞれ 2%, 2%, 5% ずつ同時配合した. これらは自然に対して無害なので, 添加剤の混合による土壌への二次汚染はない. 2 試料の物理特性を表-1, 粒径加積曲線を図-1, 締固め曲線を図-2 に示す. 粒径加積曲線から, 両試料単体ともそのほとんどが, シルト分を多く含有する低塑性の材料であることがわかる. また, いずれの試料ともに, 添加剤混合に伴って粒度分布が変化するため, 締固め特性も変化することがわかる.

2-2 透水試験装置

図-3 に本実験で使用した柔壁型透水試験装置⁵⁾を示す. 一般に粘性土を締固めて作製した供試体の飽和には, 多大な時間を要することがわかっていて. そこで, 本実験では飽和時間を短縮するために, 通水に脱気水を用いるとともに, 真空圧脱気を行った.

2-3 実験条件

実験に用いた供試体の条件を表-2 に示す. 土質材料の種類, 添加剤の有無, 養生期間, 混練方法の条件を変化させて合計 12 個の供試体を試験した. 混練方法は, 混練機を用いた機械混練と手練りの 2 種類で行った. 機械混練とは, 自然含水比状態(平均自然含水比=約 30%)の塊状に団結した土質材料を天日干しし, 混練機で破碎した後, 添加剤を混合した方法である. 手練りとは, 自然含水比状態の土質材料を炉乾燥にて完全に乾燥させた後, 乳鉢にて粉碎し, 添加剤を混合した方法である. なお, 添加剤はいずれの方法においても, 破碎, 粉碎後に混合している. 試験に用いた供試体は, 直径 10cm, 高さ 3cm のモールド内に, 最適含水比に調整した試料を 3 層にわけ, $D=0.95(D=\rho_d/\rho_{d\max})$ となるように質量 2.5kg のランマーを落下高さ 45cm にして突き固めて作製した. その後, 添加剤による材料への反応の影響を調べるために, 供試体を恒温槽にて気中養生を行った. 養生期間は 0, 7 日間とした. 実験は供試体設置後, まず供試体に含まれる空気を取り除くために, 真空圧 20kPa を 24 時間作用させた. その後, 水頭差を 1m にして通水を 3 日間行った後, 5 日目から背圧 30kPa を作用させて 14 日間計測した.

表-1 兵庫夢前土と熊本粘土の物理特性

	兵庫夢前土 (単体)	兵庫夢前土 (添加剤配合)	熊本粘土 (単体)	熊本粘土 (添加剤配合)
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.696	2.699	2.946	2.932
液性限界 w_L (%)	40.00	39.90	42.20	53.80
塑性限界 w_P (%)	25.40	29.90	28.20	31.96
塑性指数 I_P	14.60	10.00	14.00	21.84
最適含水比 w_{opt} (%)	22.62	23.92	20.12	22.53
最大乾燥密度 $\rho_{d\max}$ (g/cm ³)	1.607	1.595	1.793	1.724

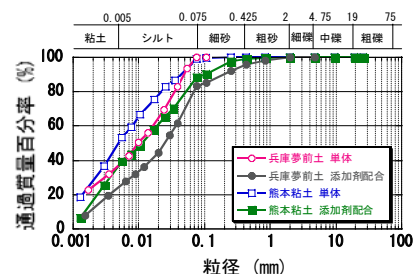


図-1 土質材料単体の場合と添加剤を配合した場合の粒径加積曲線

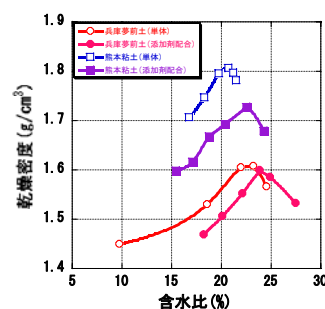


図-2 土質材料単体の場合と添加剤を配合した場合の締固め曲線

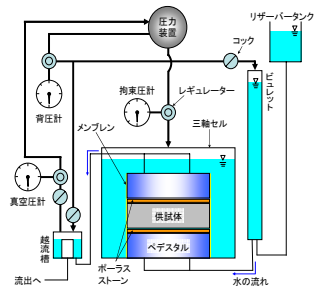


図-3 本実験で使用した柔壁型透水試験装置の概略図

3. 実験結果及び考察

図-4 に、Case3 の透水試験結果を示す。図-4 より、両試料とも試験日数 9 日目から透水係数の計測値が一定値に収束している。そこで、本実験では、最も飽和していると考えられる 14 日目の計測値をその材料の透水係数とした。

3-1 添加剤混合による影響

供試体No.1 から 12 までの全供試体の実験終了時($t=14$ day)の透水試験結果を図-5 に示す。今回透水試験を行った 12 個の供試体の透水係数は全ての条件で、法令で定められている 1×10^{-6} (cm/s) 以下という基準より小さくなった。このことから、どの条件においても十分に遮水材としての機能を有していることが明らかになった。また、兵庫夢前土、熊本粘土ともに添加剤を加えていないCase1 とCase4 の透水係数が、添加剤を加えた他のCaseよりも小さくなっている。これは、土質材料と粒径の異なる添加剤を加えたことにより、透水性が変化したことが原因と考えられる。

3-2 養生日数の影響

兵庫夢前土と熊本粘土の、透水係数と養生日数の関係を図-6 に示す。兵庫夢前土の透水係数は、養生 0 日では 1.05×10^{-7} (cm/s)、養生 7 日では 7.14×10^{-8} (cm/s)、熊本粘土の透水係数は、養生 0 日では 2.80×10^{-7} (cm/s)、養生 7 日では 2.62×10^{-7} (cm/s) である。このように、7 日間養生することで透水係数が小さくなることが明らかになった。これは、添加剤であるドロマイトとハイドロタルサイト様化合物の固結効果による生成物が、供試体中の間隙を塞いだことが原因と考えられる。

3-3 混練方法の影響

兵庫夢前土と熊本粘土の、透水係数と混練方法の関係を図-7 に示す。兵庫夢前土の透水係数は、機械混練の場合は 9.63×10^{-8} (cm/s)、手練りの場合は 7.14×10^{-8} (cm/s) である。熊本粘土の透水係数は、機械混練の場合は 2.69×10^{-7} (cm/s)、手練りの場合は 2.62×10^{-7} (cm/s) である。このことから、機械混練の場合でも、手練りの場合と同品質の、低透水性の試料を作製できることが明らかになった。

4. まとめ

今回の実験にて得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 添加剤を混合した場合は、土質材料単体の場合に比べて、粒度分布及び締固め特性が変化するため、透水係数が大きくなることが明らかになった。
- (2) 供試体を養生することで、ドロマイトとハイドロタルサイト様化合物の固結効果により、試料の透水性を低下させる効果があることが明らかになった。今後は、養生期間を変化させ、養生期間が透水特性に与える影響を検討する必要がある。
- (3) 土質材料の粉碎に混練機を用いた場合でも、低透水性の試料を作製できることが明らかになった。このことは、試料を大量に作製する現場の実施工において、機械による破碎でも十分に低透水の試料を作製できることを示している。

参考文献

- 1) 勝見武：廃棄物処分場の遮水、土と基礎、Vol.54, No.8, pp.35-36, 2006.
- 2) 水野克己：ベントナイトの特性と環境汚染防止分野への応用事例、月刊廃棄物、pp.33-37, 2001.
- 3) 勝見武、花本和義、石森洋行、深川良一：ベントナイト系遮水材の長期透水試験結果、第 40 回地盤工学研究発表会講演概要集、pp.2531-2532, 2005.
- 4) シーリングソイル協会：http://www.sealingsoil.gr.jp/
- 5) 林義晃、平野文昭、佐藤研一、森本辰雄：新しい土質材料の透水特性、第 41 回地盤工学研究発表会講演概要集、pp.2439-2440, 2006.

表-2 実験に用いた供試体の条件

Case	供試体No.	土質材料	添加剤の有無	養生期間	混練方法
Case1	1	兵庫夢前土	無	0日	—
	2	熊本粘土	無	0日	
Case2	3	兵庫夢前土	添加剤配合	0日	混練機
	4	熊本粘土	添加剤配合	0日	混練機
Case3	5	兵庫夢前土	添加剤配合	0日	手練り
	6	熊本粘土	添加剤配合	0日	手練り
Case4	7	兵庫夢前土	無	7日	—
	8	熊本粘土	無	7日	
Case5	9	兵庫夢前土	添加剤配合	7日	混練機
	10	熊本粘土	添加剤配合	7日	混練機
Case6	11	兵庫夢前土	添加剤配合	7日	手練り
	12	熊本粘土	添加剤配合	7日	手練り

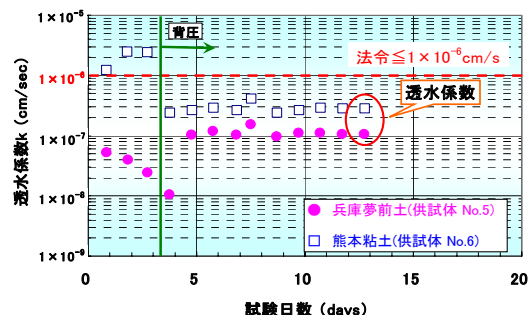


図-4 Case3 の透水試験結果

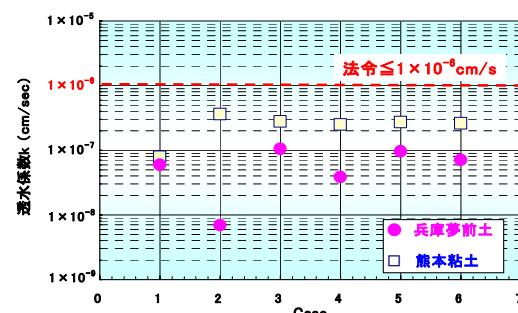


図-5 透水試験結果

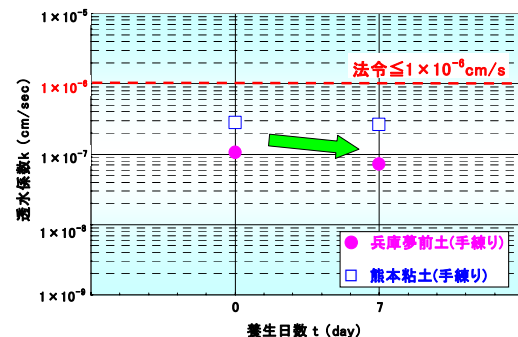


図-6 透水係数と養生日数の関係

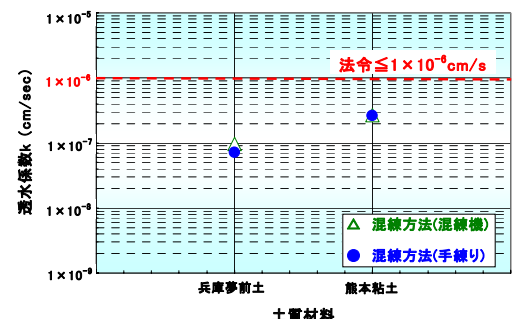


図-7 透水係数と混練方法の関係 (7 日養生)