

重金属捕集機能を有する新しい遮水土質材料の性能評価

福岡大学工学部 学生会員 ○武田 都 谷川 元士
福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 山田 正太郎 藤川 拓朗
(株)アステック 森本 辰雄 口舩 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、我国の管理型最終処分場の底部遮水構造は遮水シートと粘土遮水材を用いた二重遮水工が主流となっている¹⁾。しかし、廃棄物中の鋭利な物体によるシートの破損やつなぎ目の不完全な施工により漏水する可能性が指摘されている。この構造における粘土系遮水材には、現地発生土を用いたベントナイト混合土が多く用いられている¹⁾。しかし、漏水してきた浸出水に含まれる重金属類による土壤汚染を完全に防ぐことができるとは言い難い。そこで、本研究では、重金属類の捕集が可能であるシーリングソイル工法²⁾を用いた遮水材料の開発を目的とする。特に今回はリサイクルが遅れている建設汚泥を土質材料として用いることにより、経済性に優れた新しい遮水材の開発を目指している。新しい遮水材料の開発にあたって、遮水材としての性能評価することが必要である。今回は、遮水材の力学特性についてコーン試験により検討した結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 兵庫夢前と熊本の砕石場で濁水処理に伴い発生する脱水ケーキを土質材料として使用した。(以下、それぞれの試料を兵庫夢前と熊本粘土と呼ぶ)図-1 に土質材料の粒度分布を示す。2 つの脱水ケーキともにほぼすべてがシルト分と粘土分で構成されている試料である

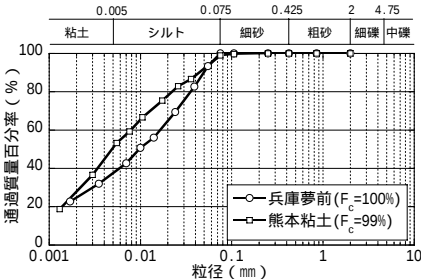


図-1 粒経加積曲線

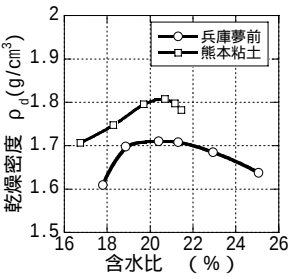


図-2 締固め曲線

ことがわかる。図-2 に締固め曲線を示す。2 試料ともほぼ同じ最適含水比を示すが、兵庫夢前に比べ、熊本粘土のほうが最大乾燥密度が大きいことがわかる。表-2 に密度試験、粒度試験、液塑性試験、締固め試験の結果を示す。液性限界、塑性限界は、粘土分の多い熊本粘土のほうが大きい、塑性限界はほぼ等しくいずれの試料も低塑性の材料である。

表-2 各試料における物理特性試験の結果

	兵庫夢前	熊本粘土
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.631	2.946
液性限界 ω_L (%)	39.90	42.20
塑性限界 ω_P (%)	25.37	28.20
塑性指数 I_p	14.53	14.00
最適含水比 w_{opt} (%)	20.62	20.52
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.709	1.807

表-3 添加剤の配合率と特徴

添加剤	配合率 (%)	特徴
ゼオライト	2	大きな陽イオン交換容量を保持し、重金属吸着能を有する。
ドロマイト	2	化学式でCaMg(CO ₃) ₂ と表され、土壌のpHコントロール材として使用する。
ハイドロタルサイト様化合物	5	陰イオン交換反応を有する鉱物。環境面も安全である。

2-2 添加剤および実験条件 遮水材に重金属捕集機能を持たせるために添加剤として、ゼオライト、

ドロマイト、ハイドロタルサイト様化合物の 3 種類を用いた。表-3 に試料の乾燥重量に対する添加剤の配合率と特徴を示す。特に本遮水材は、陽イオン交換容量をもつゼオライトに加えて、陰イオン交換能をもつハイドロタルサイト様化合物を添加することで、陽イオン交換能のみを保有するベントナイト混合土よりも高機能化させている。今回、

表-4 供試体作製条件

試料	ドロマイト (%)	含水状態	締固め密度 (%)	締固め試験方法
Case1	0	最適含水比	80, 90, 95	A-a法
Case2	1	最適含水比		
Case3-1	2	最適含水比		
Case3-2		w_{opt} より乾燥側		
Case3-3		w_{opt} より湿潤側		
Case4	3	最適含水比	80, 90, 95	A-a法
Case5	5	最適含水比		

w_{opt} より乾燥側、湿潤側とは、 ρ_{dmax} の 95%範囲における乾燥側、湿潤側の含水比のこと

標準的な遮水材料の添加剤の配合条件をゼオライト 2%、ドロマイト 2%、ハイドロタルサイト様化合物 5%とした。表-4 に供試体作製条件を示す。既往の研究³⁾により、固結作用が確認されているドロマイトの量を 0~5%まで変化させ、5 種類の配合条件にて行った。Case3 では含水状態を最適含水比に加え、 ρ_{dmax} の 95%範囲における乾燥側、湿潤側の含水比の 3 種類とした。力学実験に用いた供試体は直径 10 cm、高さ 12.5 cm のモールドである。いずれのケースにおいても最適含水比に調整した試料を 3 層に分け、締固め密度 D ($D = \rho_d / \rho_{dmax}$) 80、90、95%になるように突き固めて作製した。供試体は、恒温室内にて 0、7、28、56 日気中養生を行ったあと、コーン貫入試験を実施した。Case3 ではさらに養生日数を 84、168、336 日養生まで行うことにしている。

3. 実験結果及び考察

3-1 締固め特性 図-3 に兵庫夢前に添加剤を混合した場合の締固め曲線を示す。締固め特性は、添加剤の影響を受けて変化していることがわかる。ドロマイトを加えていない Case1 では極端に乾燥密度が小さくなり、含水比に対する密度変化が小さい材料であることがわかる。しかし、Case2～Case5 をみるとドロマイトの添加率の増加に伴い最大乾燥密度は小さくなり、最適含水比は大きくなる傾向を示している。また、ドロマイトにより、締固め特性が改善されていることがわかる。これは、ドロマイトの添加率の増加により細粒分が増加したことが原因であると考えられる。

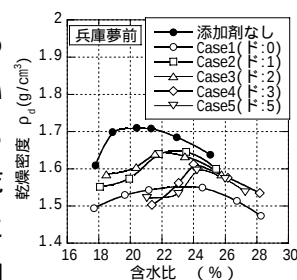


図-3 添加剤配合後の締固め特性

3-2 コーン貫入試験結果 図-4、図-5 に 0 日、7 日養生におけるコーン貫入強度 q_c (以下 q_c) と乾燥密度の関係を示す。各ケースとも供試体の密度が大きくなると q_c の値も大きくなっていることがわかる。また、7 日養生では、0 日養生に比べ強度増加しており、特にドロマイトの添加率の高い Case5 において大きな強度増加を示している。そこで図-6、図-7 に 0 日、7 日養生の q_c とドロマイトの添加率を示す。0 日養生ではドロマイトの添加率は q_c に影響を及ぼしていない。しかし、7 日養生ではドロマイト量の増加に伴って q_c も増加する傾向を示している。図-8～図-10 に Case1～Case5 の各締固め密度 D における q_c と養生日数の関係を示す。いずれのケースにおいても養生 7 日目には強度増加する傾向を示している。これは、

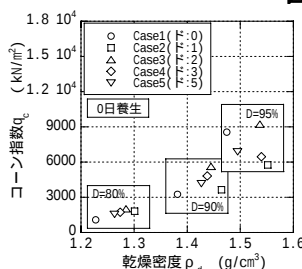


図-4 q_c と乾燥密度の関係

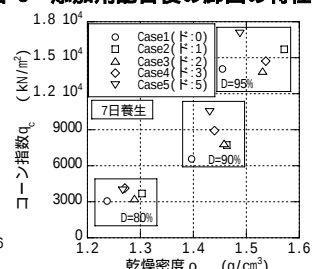


図-5 q_c と乾燥密度の関係

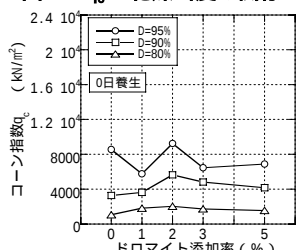


図-6 q_c とドロマイト添加率の関係

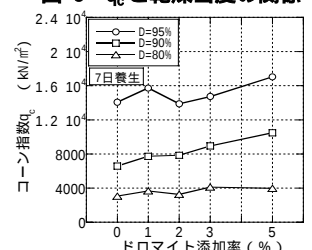


図-7 q_c とドロマイト添加率の関係

ドロマイトとハイドロタルサイト様化合物による水和反応による強度増加だと考えられる。特に締固め密度 95% の 28 日養生の結果をみると、ドロマイト量の多い Case4、Case5 が著しく強度増加していることがわかる。また、締固め密度の大きいほうが養生による強度増加率が大きいことがわかる。水野⁴⁾による最終処分場のベントナイト混合土のダンプトラックの走行に必要なコーン指数の値である 1176 (kN/m²) と比較すると、いずれのケースにおいても大きい強度を有していることがわかる。次に、図-11 に Case3 における w_{opt} と w_{opt} より乾燥側、湿潤側の q_c と養生日数の関係を示す。どの含水状態においても養生 7 日目までは同程度の養生による強度増加を示している。締固め密度 90% では、含水比が高くなるにつれて q_c が小さくなる傾向を示している。そこで、図-12 の Case3 における q_c と含水比

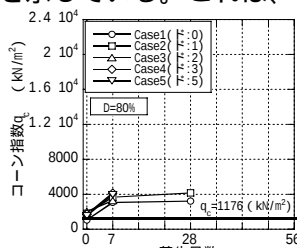


図-8 q_c と養生日数の関係

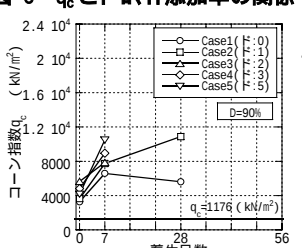


図-9 q_c と養生日数の関係

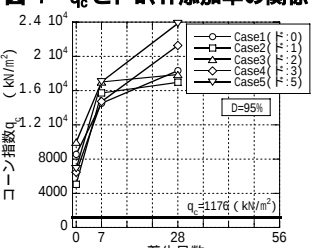


図-10 q_c と養生日数の関係

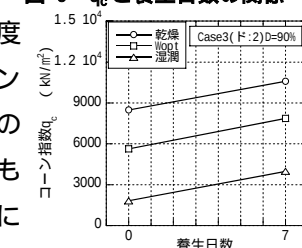


図-11 q_c と養生日数の関係

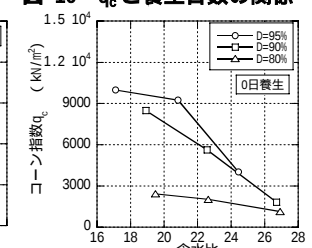


図-12 q_c と含水比の関係

の関係を示す。どの含水状態においても養生 7 日目までは同程度の養生による強度増加を示している。締固め密度 90% では、含水比が高くなるにつれて q_c が小さくなる傾向を示している。そこで、図-12 の Case3 における q_c と含水比の関係を示してみると、締固め密度 80% では含水比の変化に伴う q_c の変動は小さい。しかし、締固め密度 90%、95% の場合は含水比が高くなるに従って、締固め密度に関係なく q_c は著しく小さくなることがわかった。

4. まとめ ドロマイト、ハイドロタルサイト様化合物の添加は、養生させることにより、材料強度を増加させる効果があることが示された。含水比が高くなると締固め密度に関係なく著しく q_c の値は小さくなることから、現位置での含水比管理は重要である。いずれのケースにおいても初期状態で最終処分場のベントナイト混合土のダンプトラックの走行に必要なコーン指数の値を満たしている材料であることが明らかとなった。

参考文献 1) 国際ゾンシテックス学会日本支部ゾンシテックス技術委員会: ごみ埋立地の設計施工-しゃ水工技術, p202, 2000. 2) シーリングソイル協会: シーリングソイル工法, <http://www.sealingsoil.gr.jp/method/method01.htm>, 3) 武田都: 新しい遮水土質材料の材料・力学特性 平成 17 年度卒業論文 4) 水野克己: 最終処分場における遮水工の新技術の開発と研究 第 6 章品質とトラフィカビリティーの確保を優先したベントナイト配合手法 平成 15 年度博士学位請求論文