

砕石場の脱水ケーキを用いた遮水材料に関する基礎的研究

福岡大学

学生会員 ○ 武田都

末竹良

福岡大学

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

1.はじめに 近年、最終処分場ではベントナイト混合土による粘土系遮水材¹⁾が採用されている。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引き起こす可能性が指摘されている。本研究では、添加剤による重金属捕集能²⁾を持たせた新しい遮水・中間覆土材料の開発を目的とする。また、土質材料にリサイクルが遅れている砕石場の脱水ケーキを用いることで、経済性に優れた新しい遮水材の開発を目指している。ここではこの材料の力学的性質について考察する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 土質材料として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使用した(以下、それぞれの試料を脱水ケーキAと脱水ケーキB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ほぼすべてが

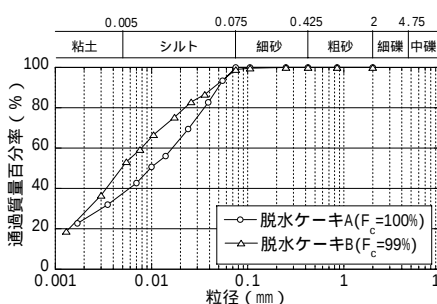


図-1 粒径加積曲線

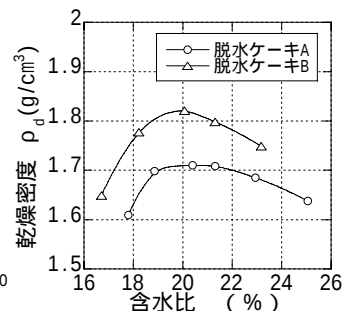


図-2 締固め曲線

0.075mm以下のシルト、粘土で構成されている試料である。

図-2の締固め曲線から2試料ともほぼ同じ最適含水比を示すが、脱水ケーキBのほうが最大乾燥密度が大きい材料である。

表-1に物理特性試験の結果を示す。脱水ケーキBは粒子密度が大きく、2つの材料の岩質の違いが見受けられる。液性限界、塑性限界は脱水ケーキBのほうが大

きいが、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-1 各試料における物理特性試験の結果

	脱水ケーキA	脱水ケーキB
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-2 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 表-2に土質材料の乾燥重量に対

して重金属捕集能を持たせるために配合した添加剤の配合率とその特徴を示す。添加剤は、陽イオン交換能を持つゼオライトに加えて、陰イオン交換能を持つハイドロタルサイト様化合物を添加する。また、標準的な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%としている。

2-3 実験方法 (1)トラフィカビリティーの確認 表-3に供試体作製条件を示す。脱水ケーキの初期含水比を影響因子とし、各含水比(22

表-3 コーン供試体作製条件(初期含水比の影響)

試料	配合率	初期含水比(%)		締固め度(%)
		コーン貫入試験	透水試験	
脱水ケーキA	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%	22	20	80、90、95
		24	22	
		26	25	
		28	30	
		30	35	
		32		
		34		
脱水ケーキB		22	20	
		24	24	
		26	28	
		28	32	
		30	36	
		32		
		34		

~34%)における締固め曲線から得られる密度から締固め度 D ($D = \rho_d / \rho_{dmax}$) 80、90、95%を設定した。各条件において供試体を作製し、コーン貫入試験からトラフィカビリティーの確認を行った。

(2)透水特性 粘土系遮水材は、透水係数 1×10^{-6} cm/sec以下と定められており、低透水性であることが要求される。そこで、遮水材の機能確認として変水位透水試験を行い、透水特性の検討を行った。表-3に供試体作製条件を示す。含水比及び密度設定はコーン試験と同様にした。

3. トラフィカビリティーの確認 遮水工の施工において初期含水比が高い脱水ケーキを使用するためには、含水比管理が重要といえる。図-3、図-4に脱水ケーキA、Bの各締固め度における q_c と初期含水比の関係を示す。コーン貫入試験の結果から、施工時のトラック走行に必要なコーン指数 $q_c=1200(\text{kN/m}^2)$ ³⁾以上を上回るためには、いずれの脱水ケーキにおいても締固め度 $D=80\%$ では含水比約 $w=25\%$ 以下、締固め度 $D=90\%$ 、 95% では含水比約 $w=30\%$ 以下まで脱水ケーキの初期含水比を低下させるが必要であるとわかる。一般に、脱水ケーキの初期含水比は約40～50%であるため、天日干しや現場発生土との混合処理で含水比を低下させ、かつ十分に締固め管理を行うことが必要であるといえる。次に、図-5、図-6に q_c と乾燥密度の関係を示す。いずれの脱水ケーキも初期含水比が30%を越えと密度変化に伴うコーン指数の上昇は見られなくなり、この結果を見ても現場における含水比管理の重要性がわかる。

4. 透水特性 図-7、図-8に脱水ケーキA、Bの透水係数と初期含水比の関係を示す。どちらの脱水ケーキでも締固め度が大きくなると透水係数が小さくなっている。また、透水係数に初期含水比の影響はみられない。我が国の最終処分場の粘土系遮水材の規定である透水係数 $1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 以下と比較すると、締固め度 $D=95\%$ では、どちらの脱水ケーキも処分場の遮水材に適用できることが示された。図-9、図-10に脱水ケーキA、Bの透水係数と乾燥密度の関係を示す。同一初期含水比では乾燥密度が大きくなると透水係数が小さくなっていることから、透水係数は設定含水比における締固め度に影響を受けることが示された。以上から、脱水ケーキを用いた遮水材で透水係数 $1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 以下の遮水工を構築するためには、材料の締固め特性を把握することが重要であることが示された。また、材料が高含水比でも十分に締固めを行えば透水係数は $1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 以下を満たすことがわかった。

7. まとめ 脱水ケーキの違いにより強度特性は違うが、今回用いた砕石場から排出される脱水ケーキは、十分にトラフィカビリティーを確保することが可能な材料である。十分な締固めと含水比管理をすることにより透水係数 $1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 以下の遮水材の構築は可能である。コーン指数は初期含水比の影響を受け、透水係数は、乾燥密度が大きく影響することから、施工の際は乾燥密度と初期含水比の管理が重要であることが示された。

参考文献 1) 国際ジョイントセティックス学会日本支部ジョイントソイル技術委員会：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.html>, 3) 地盤工学会：地盤調査法, p.366, 1995.

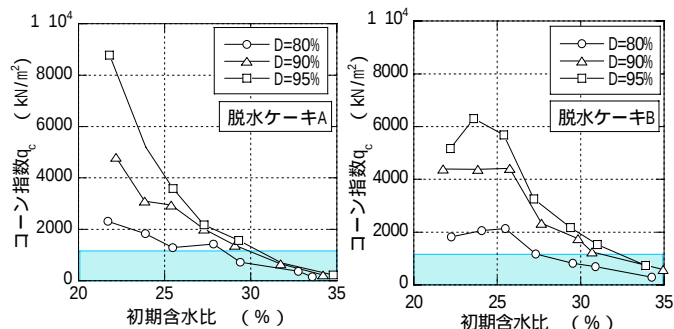
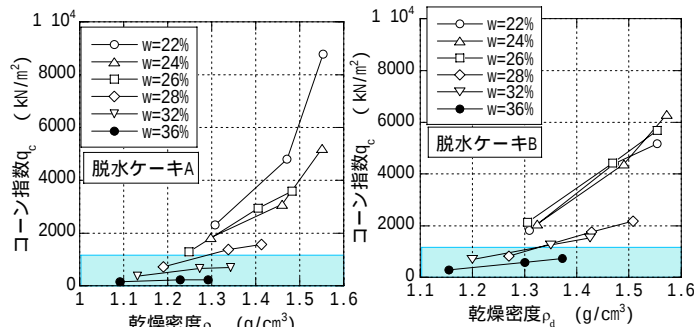
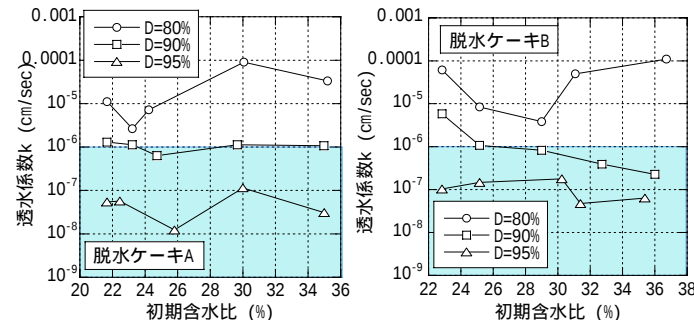
図-3 q_c と含水比の関係図-4 q_c と含水比の関係図-5 q_c と乾燥密度の関係図-6 q_c と乾燥密度の関係

図-7 透水係数と含水比の関係 図-8 透水係数と乾燥密度の関係

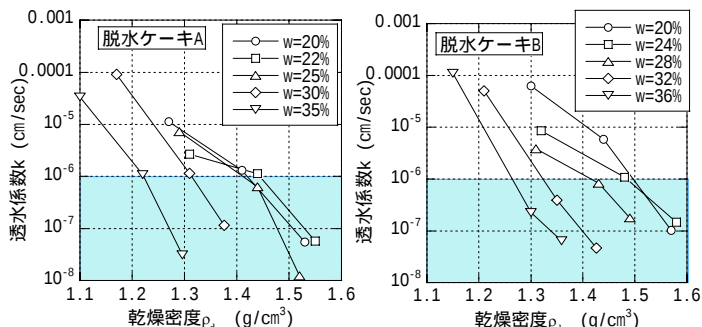


図-9 透水係数と乾燥密度の関係 図-10 透水係数乾燥密度の関係