

砕石場の脱水ケーキを用いた新しい
遮水材料の力学・透水特性に及ぼす初期含水比の影響

福岡大学 学生会員 末竹良 青山大志
福岡大学 正会員 佐藤研一
(株)アステック 森本辰雄 武田都

1. はじめに 著者ら^{1), 2), 3)}は、これまでに安定的かつ一定品質で発生する砕石場の脱水ケーキに着目し、この土質材料に粘土系の添加剤を混合させることによって重金属捕集能を有する新しい遮水材料の開発を行ってきた。一般に発生したばかりの脱水ケーキは初期含水比が高く、シルト分を多く含有する。また、このような土質材料の締固め特性は、含水比の影響を大きく受ける³⁾。このことは、遮水工の施工において大きな課題となる。そこで、本研究においては、遮水材料の初期含水比に着目し、透水・力学特性について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 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⁴⁾。また、重金属捕集能をもたせるため、添加剤としてドロマイト、ゼオライト、ハイドロタルサイト様化合物を用いそれぞれの配合率を乾燥重量に対し 2%、2%、5%としている³⁾。**図-1**に添加剤配合前と配合後の締固め曲線を示す。**表-1**に各脱水ケーキの最適含水比 w_{opt} 、最大乾燥密度 ρ_{dmax} を示す。添加剤配合後どちらの脱水ケーキも、最適含水比は高くなり、最大乾燥密度は小さくなった。**表-2**に物理特性を示す。細粒分含有率は、添加剤を配合することで低下している。土粒子の密度は脱水ケーキ B が大きく、岩質の違いが物理特性に表れている。

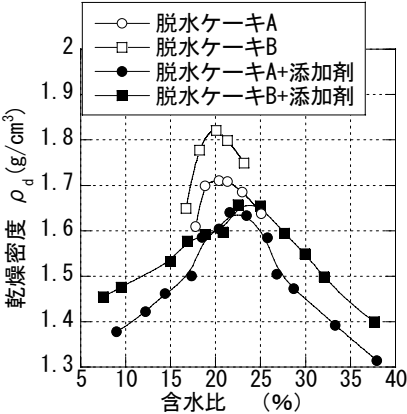


図-1 締固め曲線

また、添加剤配合後、塑性限界は大きくなっており、いずれの材料も低塑性の材料である。

表-1 締固め特性

	脱水ケーキA		脱水ケーキB	
	脱水ケーキのみ	添加剤あり	脱水ケーキのみ	添加剤あり
最適含水比 w_{opt} (%)	20.6	22.1	20.5	23.6
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm^3)	1.709	1.633	1.807	1.663

2-2 検討内容

(1) 力学特性に及ぼす含水比の影響

実験は、各脱水ケーキに添加剤を加えたものを用い、設定含水比を 10%～34%まで 2%ピッチで変化させた。また、各設定含水比における締固め曲線から得られる最大乾燥密度から締固め度 D

表-2 物理特性

	脱水ケーキA		脱水ケーキB	
	脱水ケーキのみ	添加剤あり	脱水ケーキのみ	添加剤あり
土粒子の密度 ρ_s (g/cm^3)	2.631	2.693	2.946	2.944
液性限界 w_L (%)	39.9	39.9	42.2	53.8
塑性限界 w_P (%)	25.4	29.9	28.2	32.0
塑性指数 I_P	14.5	10.0	14.0	21.8
細粒分含有率 F_c	100.00	69.80	99.00	93.90

($D=\rho_d/\rho_{dmax}$) 80、90、95%によって、コーン貫入試験の供試体密度の管理を行った。ここで、ダントラックの走行に必要なコーン指数 $q_c=1200kN/m^2$ ⁵⁾を遮水材料の要求性能値とした。

(2) 透水特性に及ぼす添加剤と養生の影響

遮水材料に用いる脱水ケーキは、添加剤配合後、締固め特性が変化する。そこで、添加剤配合前と後で透水特性に及ぼす含水比の影響を検討した。また、設定含水比として最適含水比を基準に乾燥側と湿潤側における含水比の違いを締固め度 $D=95\%$ の材料で検討を行った。実験では、柔壁型変水位透水試験装置を用い、計測条件として ASTM5084⁶⁾に準じておこなった。また、添加剤に使用しているドロマイトの固結効果の影響を見るために 28 日間養生気中養生をさせた供試体 ($D=95\%$) を用いて検討を行った。ここで、粘土系遮水工が要求される透水係数は、 $1\times10^{-6}cm/sec$ 以下である⁷⁾。

3. 力学特性に及ぼす含水比の影響 図-2、3に各脱水ケーキにおける締固め度の異なるコーン指数と初期含水比の影響についてまとめたものを示している。各脱水ケーキともに各含水比の違いにおける締固め度を上げるとコーン指数が増加している。また、各締固め度におけるコーン指数の最大値 q_{cmax} は、最適含水比 w_{opt} より乾燥側約 2%低いところである。ここで、締固め度 $D=95\%$ における乾燥側、湿潤側の強度低下率 $R=q_c/q_{cmax}$ と含水比変化を $\Delta w=w_{opt}-w$ との関係を図-4、5に示す。この図より各脱水ケーキともに、初期含水比の変化に伴う強度低下は、湿潤側において著しいことがわかる。また、 $D=95\%$ において、ダンプトラックの走行に必要なトラフィカビリティを得るにはどちらの脱水ケーキとも $W=30\%$ より乾燥側で施工を行う必要があることもわかる。したがって排出時の含水比が高い脱水ケーキは、施工時の初期含水比の管理が非常に重要であることがいえる。

4. 透水特性 図-6、7に $D=95\%$ について各脱水ケーキと添加剤配合後の遮水材料における設定含水比と透水係数の関係を示す。各脱水試料ともに、含水比の変化に伴って粘土系遮水工の規定である $1 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ 以下の透水係数が確保できている。このことから、本研究の遮水材料は要求性能を満たす難透水性材料であることが分かる。また、すべての条件において最適含水比より湿潤側約 2%高い値で最低透水係数が得られることがわかった。また、脱水ケーキAは添加剤配合前後ともに脱水ケーキBに比べ、低透水性材料であることがわかる。さらに、締固め特性より、添加剤配合後の最大乾燥密度が低下するにもかかわらず、透水係数に変化がないことから、新しい遮水材料は、添加剤配合の影響を受けずに難透水性が確保できるといえる。表-3に添加剤配合後の各遮水材料の養生日数の経過に伴う透水係数の変化を示す。どちらの脱水ケーキも養生28日後の透水係数が低下していることがわかる。これは、ドロマイトの固結効果による間隙の減少であると考えられる。この結果は、施工後に安定的に遮水性能が良くなる遮水材料であることを示している。

5. まとめ 1) 遮水材料のトラフィカビリティは、含水比に大きく影響を受け、含水比約 30%以下に調整することにより要求性能を満たすこと示された。2) 遮水材料の透水係数は、添加剤の配合の影響を受けない。また、添加剤配合後時間の経過とともに透水係数が低下し、遮水性能がさらに高くなることが示された。

参考文献 1) 武田ら：重金属捕集機能を有する新しい遮水土質材料のワーカビリティの検討，第7回地盤シンポジウム論文集 pp.173-176, 2007. 2) 末竹ら：重金属捕集機能を有する新しい遮水材料の基礎的研究，第8回地盤改良シンポジウム論文集 pp.71-74, 2008. 3) 武田：碎石場の脱水ケーキを用いた重金属捕集機能を有する遮水材料に関する基礎的研究 平成19年度福岡大学大学院修士論文。4) 武田ら：碎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，平成19年度土木学会西部支部研究発表会要集，pp.493-494. 5) 日本道路協会：道路土工・施工指針，pp.47, 1986. 6) 嘉門雅史：地盤環境工学ハンドブック，p.457, 2007. 7) ごみ埋立地の設計施工ハンドブック，p.220, 1998.

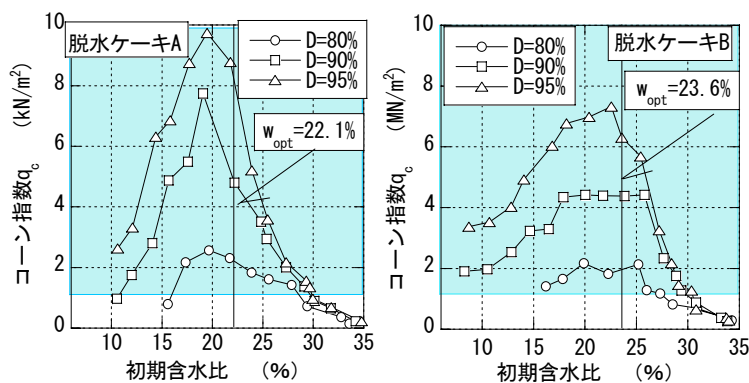


図-2 コーン指数と含水比の関係

図-3 コーン指数と含水比の関係

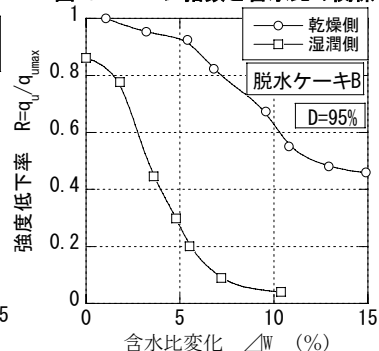
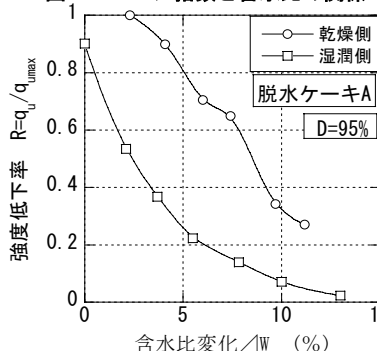


図-4 強度低下率と含水比変化の関係

図-5 強度低下率と含水比変化の関係

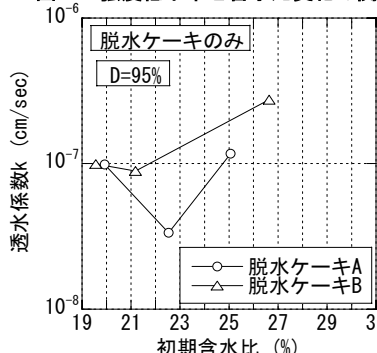


図-6 透水係数と初期含水比の関係

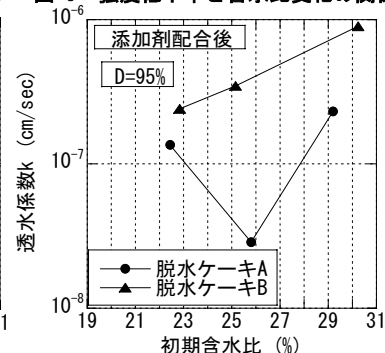


図-7 透水係数と初期含水比の関係 (添加剤配合後)

表-3 透水係数と養生日数の関係

	養生0日	養生28日
	透水係数 $k(\text{cm/sec})$	
脱水ケーキA	1.35×10^{-7}	7.26×10^{-8}
脱水ケーキB	3.47×10^{-8}	3.58×10^{-8}