

脱水ケーキを用いた自己修復性を有する高機能遮水材の開発
～遮水材の粒度分布が膨潤性能に及ぼす影響～

福岡大学大学院 学生会員 ○寺野 綜太
福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣
西武建設(株) 正会員 新井 靖典
リーフエア(株) 稲元 裕二
(株)ホージュン 水野 正之 佐古田 又規
SK マテリアル(株) 齋藤 務

1. はじめに 現在、老朽化したため池の改修工事に用いる天然の刃金土が枯渇していることから、筆者らは、これまで碎石製造過程等の濁水処理に伴って発生する脱水ケーキにベントナイトを混合した遮水性と膨潤性を併せ持つ高機能遮水材を開発し、刃金土の代替として有効利用する検討を行っている。これまでの研究により、細粒分で構成される脱水ケーキとベントナイトだけでは、水位の変動に伴う乾燥収縮によるクラックの発生が懸念されることから、砂礫分を含んだ粒度分布の検討が必要であることが分かっている¹⁾。そこで本研究では、砂礫分を含む粒度調整材としてまさ土を使用し、脱水ケーキやベントナイトを混合した高機能遮水材の最適な混合率の検討を行っている。本報では、遮水材の粒度分布がひび割れ抵抗性や膨潤性能に与える影響について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 実験には、表-1 に示す物性を有する脱水ケーキを用いた。脱水ケーキは、碎石の製造過程で生じる濁水をフィルタープレスで圧搾したものであり、凝集沈殿の際にポリアクリルアミド系凝集剤を使用している。また、遮水材の乾燥収縮を防止するために、脱水ケーキにまさ土を混合して異なる粒度分布の遮水材を作製した。脱水ケーキとまさ土の混合割合は乾燥質量比で 100:0, 50:50, 25:75 で作製し、混合割合の違いによる膨潤性能について検討した。図-1 に4種類の実験試料の粒径加積曲線を示す。また、図中の赤線はクラックの危険範囲、青線は遮水材の粒度範囲の目安を示している。本研究では、膨潤性に優れている Na 型ベントナイトを用いた。膨潤特性については、表-2 に示す実験条件のとおり、ベントナイトを母材の乾燥質量に対してそれぞれ 5, 10% 添加した。

2-2 実験方法

2-2-1 遮水材の力学特性 締固め試験(JISA1210)(A-a 法)を行い、所定の含水比において、コーン指数試験(JIS A 1288)による強度特性の把握を行った。

2-2-2 遮水材のひび割れ抵抗性 スレーキング試験(JGS2124)を参考に、遮水材の粒度分布の違いによるひび割れ抵抗性の把握を行った。ひび割れ抵抗性試験は、各試料を直径 100mm、高さ 30mm のモールドに最適含水比の試料を 1E_c の締固め仕事量で突き固めた後に、カッターリングを用いて直径 60mm、高さ 20mm に成型したものを使用した。この供試体をそれぞれ 24 時間風乾させ、目視によって表面のひび割れを観察した。風乾後は、スポイトを用いて供試体作製時と同じ質量になるように加水した。加水して 24 時間経過した後は、再び 24 時間風乾し、この過程を 1 サイクルとし、合計 5 サイクル行った。

2-2-3 遮水材の膨潤特性 遮水材の膨潤特性について把握するために、膨潤力試験を行った。膨潤力試験は、供試体を 1E_c のエネルギーで作製し、直径 60mm、高さ 20mm のリングに充填し、圧密試験機の装置を用いて側面を拘束した状態で浸水させた。浸水後には変位計を用いて鉛直方向における膨張量を 10 日間測定した。膨潤性能の評価には、膨潤力試験によって得られた体積増分を初期の体積で除し、百分率で表したものを膨潤率(%)と定義して行った。

表-1 実験試料の物理特性

実験試料	脱水ケーキ	まさ土
土粒子密度 ρ_s (Mg/m ³)	2.700	2.641
自然含水比 w_n (%)	29.0	0.0
細粒分含有率 F_c (%)	83.9	8.5

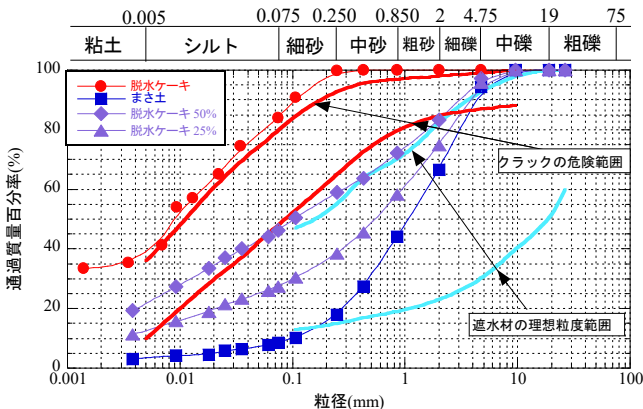


図-1 遮水性材料の粒度範囲²⁾に加筆

表-2 実験条件

実験条件	乾燥質量比	ベントナイト添加率 (%)
脱水ケーキ	100:0	10
脱水ケーキ+まさ土	50:50	5
	25:75	10

キーワード 刃金土, 遮水材, 脱水ケーキ, ベントナイト, 膨潤

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部 TEL 092-871-6631 (内線 6464)

3. 実験結果及び考察

3-1 遮水材の力学特性 図-2 に締固め試験結果を示す。砂礫分の混入量が多い 25 : 75 の条件では、最大乾燥密度は大きく、砂礫分混入量が少ない 50 : 50, Na10% の条件では、最大乾燥密度は小さく最適含水比は大きくなった。これは、脱水ケーキやベントナイトの混合によって細粒分が増加し、締固め曲線が右下に移動したと考えられる。図-3 にコーン指数試験結果を示す。いずれの条件においても含水比の増加に伴いコーン指数は低下することが分かる。また、最適含水比のコーン指数は、いずれの条件においても建設機械が走行可能な強度 ($q_c=500\text{kN/m}^2$)³⁾ を満足する結果となった。

3-2 遮水材のひび割れ抵抗性 表-3 にひび割れ抵抗性試験結果を示す。50 : 50, Na10% の条件では、5 サイクル目には赤線で示すような微細なクラックが発生したことが分かるが、Na5% の条件ではサイクル数の増加に伴うクラックの進行は見られなかった。また、25 : 75 の 2 条件とともにサイクル数の増加に伴うクラックの進行は見られなかった。これは、50 : 50, Na10% の条件では、25 : 75 の条件と比較して砂礫分の混入率が小さく密度が小さくなったことと、ベントナイトの添加率が大きいため、膨潤と乾燥収縮を繰り返シクラックが発生したと考えられる。

3-3 遮水材の膨潤特性 図-4 に膨潤力試験結果を示す。Na10% の条件において 100 : 0 の膨潤率は 4.0% であるのに対し、50 : 50 では 12.1%, 25 : 75 では 21.2% であり、砂礫分の混入率が大きくなると膨潤率が大きくなることが分かる。また、Na5% においては、砂礫分の混入率に関わらず膨潤率は約 4% に推移している。図-5 に初期乾燥密度と 10 日目における膨潤率の関係を示す。ここで、初期乾燥密度とは、膨潤力試験前の供試体の乾燥密度を表している。Na10% の条件では、砂礫分の混合による

密度増加に伴って膨潤率が増加していることが分かる。この要因として、初期乾燥密度の増加に伴って供試体中の間隙が小さくなったためと考えられる。これらの結果を踏まえると、遮水材として脱水ケーキを有効利用でき、乾燥収縮が発生せずベントナイトの膨潤性能を発揮できる条件は、脱水ケーキの割合が 25 ~ 50% 程度の条件であると考えられる。今後は、砂礫分を混合した遮水材の遮水性能や、締固めた供試体の損傷に対する自己修復性について検討を行っていく。

4. まとめ 1) 細粒分が多く含まれる 50 : 50, Na10% の条件では乾燥収縮に対してクラックが発生することが明らかとなった。2) 遮水材として脱水ケーキを有効利用でき、乾燥収縮が発生せずベントナイトの膨潤性能を発揮できる条件は、脱水ケーキの割合が 25 ~ 50% 程度の条件であると考えられる。

【参考文献】 1) 寺野ら：脱水ケーキを用いた自己修復性を有する高機能遮水材の開発～遮水材の粒度分布の検討～，令和 4 年度土木学会西部支部研究発表会，III-035, pp.327-328, 2023. 2) 農林水産省農村振興局：土地改良事業設計指針，ため池の整備（案），pp.18, 2006. 3) 社団法人セメント協会：地盤改良マニュアル第 4 版，pp. 393, 2014.

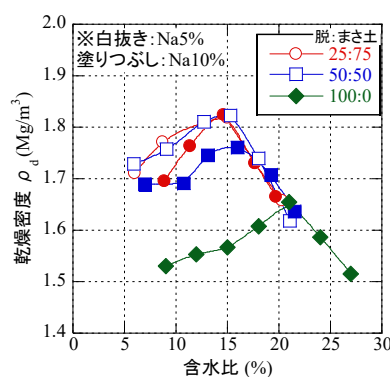


図-2 締固め試験結果

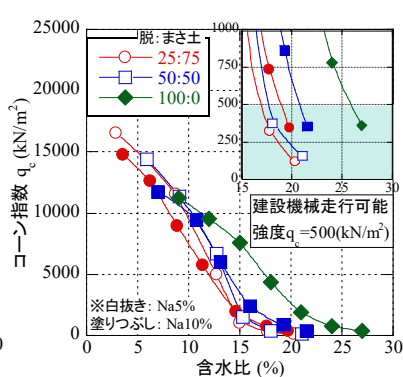


図-3 コーン指数試験結果

表-3 ひび割れ抵抗性試験結果

実験条件	供試体の外観			
	50:50 Na5% $\rho_{dmax} : 1.82$	50:50 Na10% $\rho_{dmax} : 1.76$	25:75 Na5% $\rho_{dmax} : 1.83$	25:75 Na10% $\rho_{dmax} : 1.82$
1サイクル				
5サイクル				

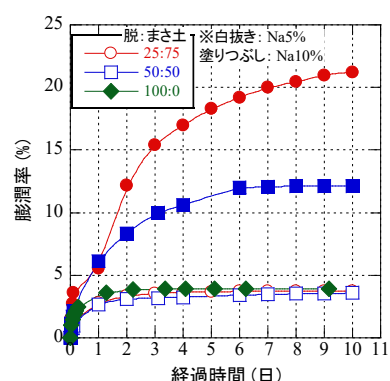


図-4 膨潤力試験結果

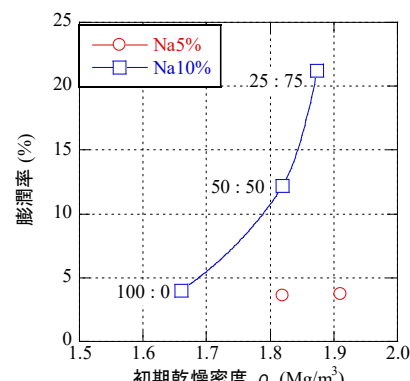


図-5 初期乾燥密度と膨潤率の関係