

種々の脱水ケーキを用いた自己修復性を有する高性能遮水材の膨潤・遮水性能

脱水ケーキ 遮水材 高分子凝集剤

福岡大学工学部 正会員 ○森 衆羽
福岡大学工学部 国際会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣
リーフエア(株) 正会員 稲元祐二
西武建設(株) 新井靖典
(株) ホーゲン 水野正之 佐古田又規
SK マテリアル(株) 齋藤 務

1.はじめに 日本にあるため池は老朽化が進行しているため、改修工事が進められている。しかし、ため池の遮水性部分を担う刃金土に使用されている天然の粘性土は枯渇している。そこで、筆者らは刃金土の代替材として碎石場の濁水処理過程により発生する脱水ケーキに着目して研究を行っている。これまでの研究¹⁾により、脱水ケーキと粒度調整材としてまさ土を乾燥質量比 25：75 で混合させ、ベントナイトを混合材料の乾燥質量に対して 5, 10 %添加することで、刃金土に求められる粒度範囲及び要求性能²⁾を満足することを明らかにしている。しかし、脱水ケーキは碎石の産地により添加される高分子凝集剤の量が異なることから、遮水材に与える影響を把握しておく必要がある。そこで本報では、高分子凝集剤の添加量の異なる脱水ケーキを用いて、凝集剤がベントナイト遮水材の膨潤及び遮水性能に与える影響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 実験試料及び実験条件 実験試料には、碎石場で排出されている脱水ケーキと粒度調整材としてまさ土を使用した。脱水ケーキは粉末の高分子凝集剤が少量添加された A 市（以下、脱水ケーキ A）、粉末と液体の高分子凝集剤が添加され凝集力の強い B 市（以下、脱水ケーキ B）、凝集剤が添加されていない C 市（以下、脱水ケーキ C）の碎石製造過程の濁水処理によって排出されるものを使用した。また、脱水ケーキ、まさ土は絶乾状態のものを使用した。写真-1 (a)～(c) に実験で使用した脱水ケーキを、図-1 に実験試料の粒径加積曲線を示す。これまでの研究¹⁾と同様に、脱水ケーキとまさ土を乾燥質量比 25：75 で配合し、Na 型ベントナイトを混合材料の乾燥質量に対して 5, 10 %添加した。

2-2 実験方法及び実験内容 表-1 に実験条件を示す。高分子凝集剤が遮水材の膨潤性能に与える影響を把握するために膨潤試験を行った。膨潤試験は、締固め度 95%で試料を突固め、直径 60 mm、高さ 20 mm のリングに充填し、圧密試験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 14 日間測定した。膨潤性能の評価には、膨潤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。また、高分子凝集剤が遮水材の透水性に与える影響について把握するために、変水位透水試験（JIS A 1218）を実施した。供試体は、直径 100 mm、高さ 10 mm で、締固め度が 95 %になるように作製した。また、自己修復性の評価を行うために作製した供試体の中央に直径 6 mm の穴を開け、透水試験を行い透水係数の変化を確認した。透水試験装置は柔壁型を用い、動水勾配を 90 とし、拘束圧を 30 kPa 作用させた。供試体の飽和は、供試体への流入量と供試体からの流出量を測定し、誤差率が± 25 %以内になることで飽和と見なした。なお、開孔透水試験では供試体の飽和過程に、ベントナイトの膨潤性により開孔が塞がる可能性があるため、不飽和状態で試験を開始し、見掛けの透水係数として算出した。

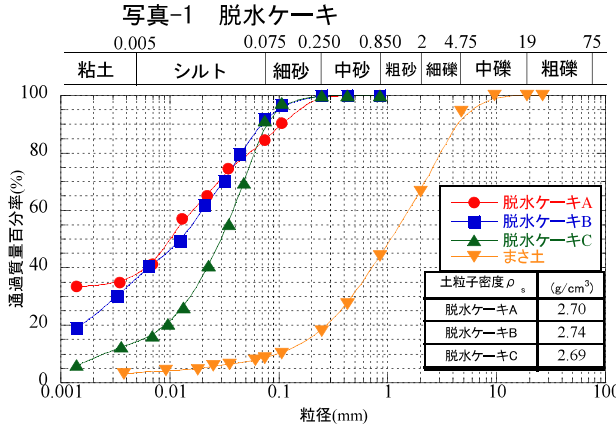
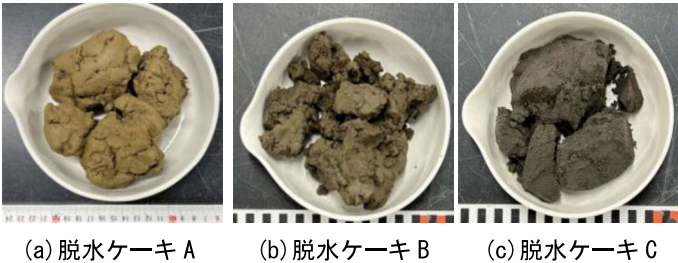


図-1 実験試料の粒径加積曲線
表-1 実験条件

脱水ケーキの種類	配合条件 (脱水：まさ土)	ベントナイト 添加率（%）	含水比	締固め度 （%）	動水勾配
A(凝集剤：少)	25:75	0	最適含水比	95	90
B(凝集剤：多)		5			
C(凝集剤：無)		10			

Swelling and Cutting off Property of High-Performance

Impervious Material Having Self-Sealing Property Using Some Dehydrated Cake

Shu Mori(Fukuoka University)

Kenichi Sato, Takuro Fujikawa, Chikashi Koga(Fukuoka University)

3. 実験結果及び考察

3-1 遮水材の膨潤特性 図-2 に経過日数と膨潤率の関係を示す。ベントナイト添加量に着目すると、ベントナイト添加量の多い方が、高い膨潤率を示した。また、高分子凝集剤が添加された脱水ケーキ A, B の結果を比較すると、凝集力の強い凝集剤が添加された脱水ケーキ B の方が、少量の凝集剤が添加された脱水ケーキ A よりも、低い膨潤率を示した。これは、凝集剤がベントナイトの膨潤性を抑制したことを示唆している。一方、脱水ケーキ C の結果を比較すると、凝集剤が添加されていないため最も高い膨潤率を示すと予想していたが、最も低い膨潤率となった。これは、図-1 に示すように脱水ケーキ C は脱水ケーキ A, B と比べ、粘土分が少なく、間隙が大きいため、ベントナイトの膨潤性が間隙に埋めることに使用されたことに起因していると考えられる。

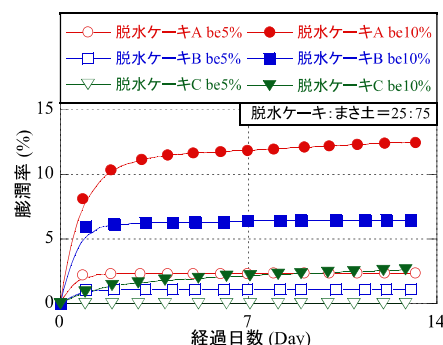


図-2 経過日数と膨潤率の関係

3-2 遮水材の透水性 図-3 に Pore Volume of Flow (以下、PVF) と透水係数の関係を示す。PVF とは、累積流出量を供試体の間隙体積で除して表される無次元パラメーターである。3 種類の透水係数の結果を比較すると、粘土分の多い脱水ケーキ A が最も透水係数が低く、シルト分が多い脱水ケーキ C が最も透水係数が高くなった。これにより、脱水ケーキの粒度分布が透水係数に多少の影響を与えることがわかる。また、高分子凝集剤が添加された脱水ケーキ A, B の結果を比較すると、凝集剤添加量の少ない脱水ケーキ A の方が、脱水ケーキ B より低い透水係数を示した。これは、上述した膨潤試験の結果からも同様の結果が得られたことから、脱水ケーキ中の高分子凝集剤が膨潤性能に影響を与え、脱水ケーキ A を添加した遮水材の方が間隙を密充し、透水係数が低下したことを示唆している。このことから、高分子凝集剤含有量が透水係数にも影響を与えることが分かる。図-4 にベントナイト添加率と透水係数の関係を示す。透水係数は、値の変動が $\pm 50\%$ 以内になったことを確認した後の平均値である。ベントナイト添加量 5 %以上で脱水ケーキの高分子凝集剤含有量に関わらず、刃金土の要求性能²⁾である透水係数 $k=10^{-8}$ m/s 以下を満たすことがわかる。本結果より脱水ケーキに添加される高分子凝集剤含有量は、遮水材の透水性に多少の影響を与えるが、ベントナイトを 5 %以上添加することで遮水材の要求性能を満足することが明らかになった。

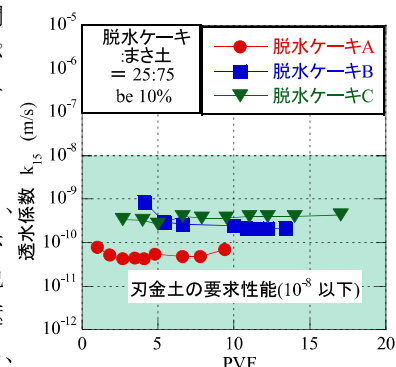


図-3 PVF と透水係数の関係

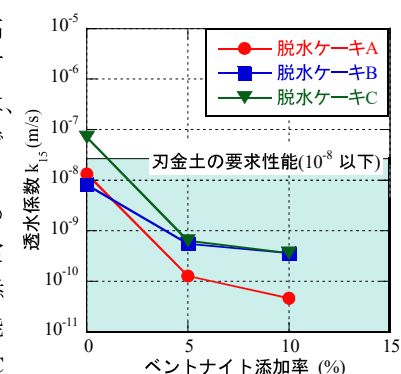


図-4 ベントナイト添加率と透水係数の関係

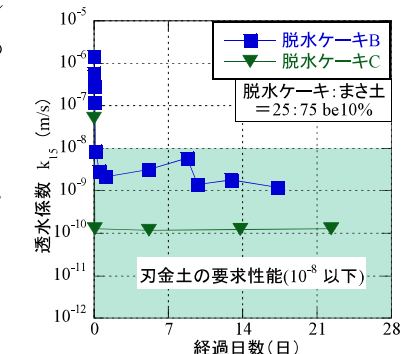


図-5 開孔後の透水係数と経過日数の関係

3-3 遮水材の自己修復性 図-5 にベントナイト 10 %添加時の開孔後の透水係数の変化と経過日数の関係を示す。開孔透水試験では、開孔後透水係数が低下し、一定の値を取ることで自己修復性を有していると評価している。ベントナイトを 5 %添加した場合は、脱水ケーキ B, C ともに開孔後透水係数が低下せず、自己修復能力は低かったものの、ベントナイトを 10 %添加した場合は、脱水ケーキ B, C ともに透水係数は低下し、一定の値を取った。以上より、脱水ケーキ中に含まれる高分子凝集剤の量によらず、ベントナイトを 10 %添加した遮水材では自己修復性を有し、ため池に生じる損傷に対して機能することが示唆された。本報では、ベントナイト添加率を 5 %及び 10 %のみの検討であったが、実施工においては、求める性能やコストを考慮して、最適なベントナイト添加率 (5~10 %) を設定することが可能と考えられる。

4. まとめ 本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 高分子凝集剤はベントナイトの膨潤性能に影響を与え、凝集剤添加量が少ないほど膨潤性は高くなると考えられる。
- 2) 高分子凝集剤はベントナイトの透水性に影響を与えるが、今回検討した結果においては、ベントナイト添加率が 5 %以上であれば刃金土の要求性能を満足することが示された。
- 3) ベントナイト遮水材の自己修復性に、高分子凝集剤の添加量は影響を与えず、ベントナイトを 10 %添加することで自己修復性を有することが明らかとなった。

【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～遮水材の粒度分布が膨潤性能に及ぼす影響～，第 78 回年次学術講演会論文集，III-433, 2023. 2) 農林水産省農林振興局：土地改良事業設計指針，ため池整備，pp. 18, 2015.