

碎石場の脱水ケーキを用いた遮水材料の耐久性の検討

福岡大学 学生会員 ○末竹良
 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)}は、これまでに安定的かつ一定品質で発生する碎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。これまでの研究で、施工時の締固め度及び含水比の調整を行うことで処分場の遮水工における要求性能を確保できる材料であることが明らかになっている²⁾。しかしながら、材料のせん断破壊特性と施工後の長期的な耐久性の検討については未解明な部分がある。そこで本報告では、一軸圧縮試験、コーン貫入試験及び変水位透水試験から遮水材料の破壊に至る強度変形特性及び材料の長期的な強度及び透水性に関する耐久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 本研究では土質材料として兵庫と熊本の碎石場において汚濁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、脱水ケーキBと示す)また、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2%、2%、5%としている¹⁾。図-1に脱水ケーキの粒径加積曲線、図-2に添加剤配合後の締固め曲線を示す。脱水ケーキA、B共にほとんどが細粒分で構成されている。また、両試料ともにほぼ等しい締固め特性を示している。表-1に各脱水ケーキに添加剤配合後の物理特性を示す。両試料ともに低塑性の材料であることが分かる。

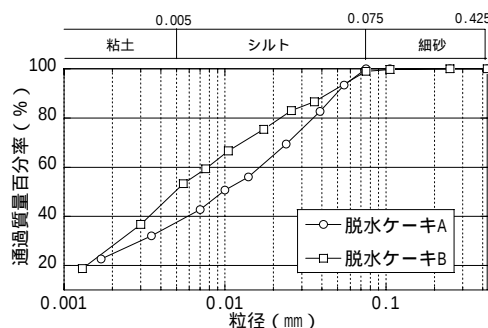


図-1 粒径加積曲線

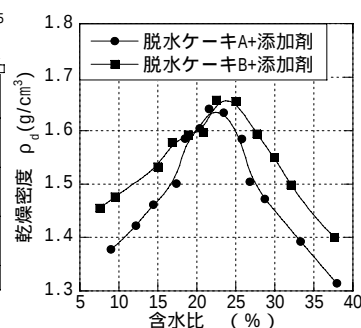


図-2 締固め曲線

表-1 物理特性

	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 w_L (%)	39.9	53.8
塑性限界 w_P (%)	29.9	32.0
塑性指数 I_p	10.0	21.8
最適含水比 w_{opt} (%)	22.1	23.6
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.643	1.663
細粒分含有率 F_c (%)	100.0	98.6

2-2 検討内容

(1) 材料の破壊に至る強度変形特性：実験は、各脱水ケーキに所定量の添加剤を加えたものを用い、設定含水比を16、22、30%としている。また、各設定含水比における図-2の最大乾燥密度から締固め度($D(D = \rho_d / \rho_{dmax})$ 95%)にて供試体の密度管理を行った。供試体はモールドに4層に突き固め整形、脱形し、養生0、7、28、56日で気中養生とし、一軸圧縮試験を行った。また、各条件にて5本の供試体を作成し、ほぼ等しいせん断挙動を示す3本の結果を用いて考察を行った。

(2) 遮水材料の長期的な透水・強度特性：重金属捕集能を持たせるために混合したドロマイトには水硬性を有しているため、強度・透水特性が時間の経過に伴い、材料特性が変化することが予想される。そこで、遮水材料の長期的な強度特性についてコーン貫入試験結果から検討を行った。また透水特性は、柔壁型変水位透水試験装置を用連続的に流水させる長期透水試験結果から透水係数の変化について検討を行った。透水試験の計測条件は、ASTM5084³⁾に準じて行っている。

キーワード 遮水材料，脱水ケーキ，変形特性，長期耐久性

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部 道路・土質研究室 TEL092-871-6631

3. 材料の変形特性 図-3、4 に各脱水ケーキにおける締固め密度 $D=95\%$ 、養生日数 0 日の一軸圧縮試験に及ぼす初期含水比の影響を示す。各脱水ケーキともに同じようなせん断挙動であることが分かる。締固めた脱水ケーキのせん断挙動は、初期含水比の影響を受け、最適含水比に近い $w=22\%$ では、せん断強さが大きく、剛性も強いことが分かる。一方、 $w=30\%$ の供試体は明確なピーク強度も示さず破壊ひずみが多いことが分かる。このことより、高含水比であれば延性的な破壊になり、ひび割れ等は起こりにくいと考えられるが、廃棄物の荷重による遮水材料の変形から遮水シートへの破断が懸念される。図-6、7 に q_u と養生日数の関係を示す。結果から分かるように、ドロマイトの固結効果により強度の増加がみられ含水比 $w=30\%$ の材料でも十分な強度増加がみられた。図-8、9 に変形係数と養生日数の関係を示す。脱水ケーキ B に比べ脱水ケーキ A の試料は、剛性が高いことが分かる。また、各脱水ケーキとも、養生日数の経過とともに変形係数 E_{50} は大きくなり材料の剛性が増加している。遮水工施工後、廃棄物を処分場に投入するまである程度時間を要するので、含水比 $w=30\%$ の材料で施工を行っても時間の経過とともに材料剛性が増加し、遮水シートへの影響は少なくなると考えられる。

4. 長期耐久性の検討 図-10、11 に $D=95\%$ 、 $w=w_{opt}$ 供試体で行った、長期的なコーン指数 q_c と透水特性 k の結果を示す。なお、図-10、11 の供試体は、どちらも締固め度 $D=95\%$ における最適含水比で実験を行っている。コーン指数は、特に養生 7 日までに大きな強度増加がみられる。これも前述した、ドロマイトの固結効果であると考えられる。養生日数の経過に伴って、強度に少しバラつきが見られるが、養生 186 日まで徐々に強度が増加しており、安定した強度を持つ遮水材料であることがわかる。また、ダンプトラックの走行に必要なコーン指数⁴⁾ $q_c=1.2\text{MN/m}^2$ についても十分に満足していることがわかる。約 1 カ月程度おこなった透水特性についても、遮水材料の要求値⁵⁾ である $k=1 \times 10^{-6}\text{cm/sec}$ 以下を十分満足しており、供試体設置後時間の経過とともに透水係数が低下していることが分かる。

5. まとめ 1) 各脱水ケーキとも含水比の変化が強度・変形特性に大きな影響を及ぼすことが示された。また、含水比が高いと延性的な破壊を示すが養生日数の経過に伴い、強度及び剛性が高くなることが示された。2) 遮水材料は、時間の経過に伴い要求される性能の向上が期待でき、長期的な耐久性が期待できることが示された。

【参考文献】1) 武田都ら：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 回環境地盤シンポジウム論文集 pp.173-176, 2007. 2) 末竹良ら：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) 嘉門雅史：地盤環境工学ハンドブック，p.457, 2007. 4) 日本道路協会：道路土工-施工指針，pp.47, 1986. 5) ごみ埋立地の設計施工ハンドブック，p.220, 1998.

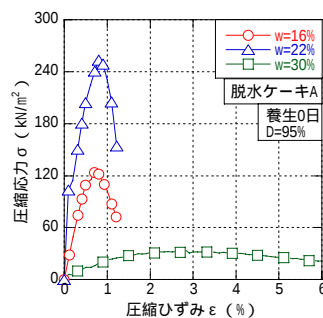


図-3 一軸圧縮試験結果

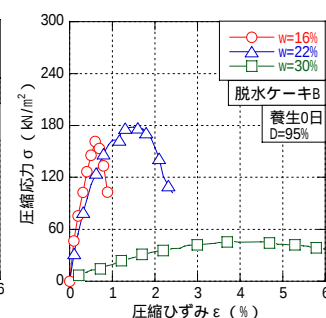


図-4 一軸圧縮試験結果

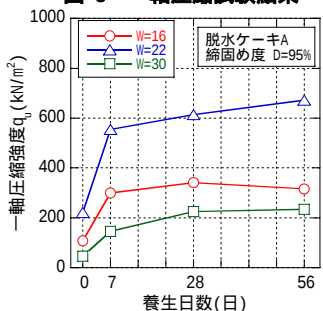
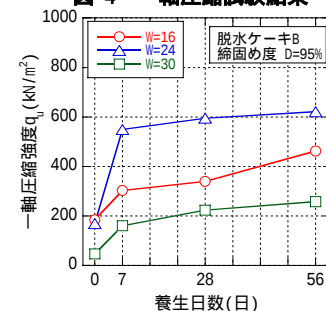
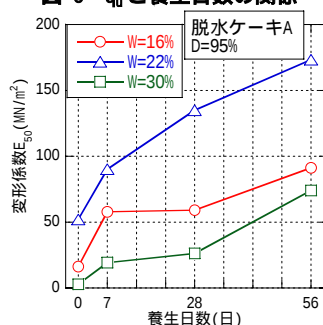
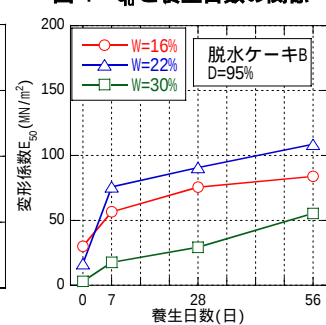
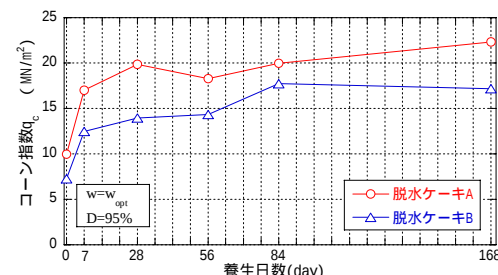
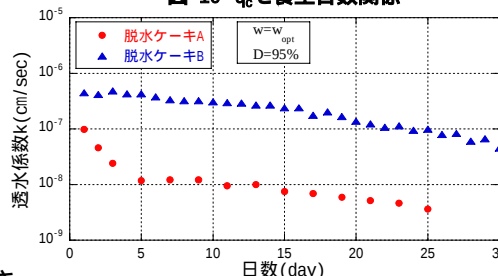
図-6 q_u と養生日数の関係図-7 q_u と養生日数の関係図-8 E_{50} と養生日数の関係図-9 E_{50} と養生日数の関係図-10 q_c と養生日数関係

図-11 透水係数と時間の関係