締固めた遮水材料の一軸圧縮特性に及ぼす初期含水比の影響

福岡大学　学生会員　青山大志　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の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締固め特性は含水比の影響を大きく受ける[2)]。そこで、施工時におけるトラフィカビリティーに与える初期含水比の影響を見るために、コーン貫入試験の結果を用いて考察を行ってきた。しかしながら、この方法では遮水材料の締固め後の強度のみの評価しか行うことが出来ず、材料の破壊に至る変形特性については解明に至っていない。そこで本研究では、一軸圧縮試験を行い、材料の初期含水比、締固め度および養生の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　土質材料として兵庫と熊本の砕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。

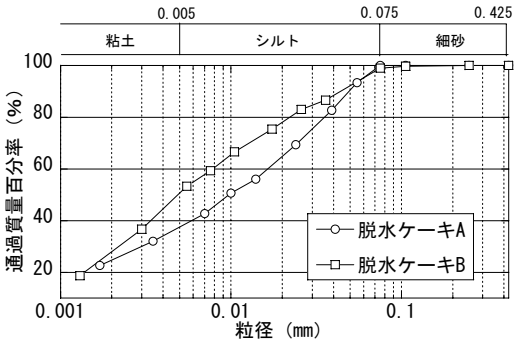

図-1　粒径加積曲線

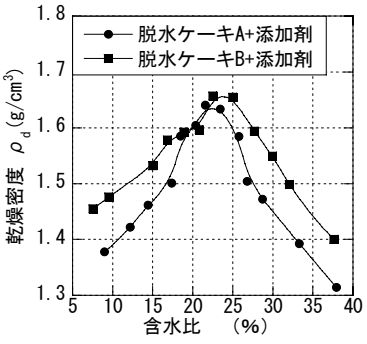

図-2　締固め曲線

2-2 実験条件　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%～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= ρ_d/ρ_{dmax})80、90、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、0、7、28 日気中養生を行った後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、一軸圧縮試験を行い、ほぼ等しいせん断挙動を示す 3 本の結果の平均値を用いて考察を行った。

3-1 初期含水比の影響　**図-3** に脱水ケーキ A 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。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大きいことが分かる。**図-4** に養生日数の異なる脱水ケーキ A における締固め密度 D=95%、w=22%における結果を示す。供試体は、添加剤配合の影響を受け、養生日数の経過に伴ってピーク強度が大きくなり、1 ヵ月で約 3 倍の強度になっている。また、破壊ひずみも小さくなり、供試体の剛性が上昇していることも分かる。**図-5、6** に締固め度の異なる、養生日数 0 日における初期含水比と一軸圧縮強度の関係についてまとめたものを示す。締固め密度が高いほど同一含水比では大きな強度を示している。一軸圧縮強度は、いずれの脱水ケーキも供試体密度との関連が強く、最適含

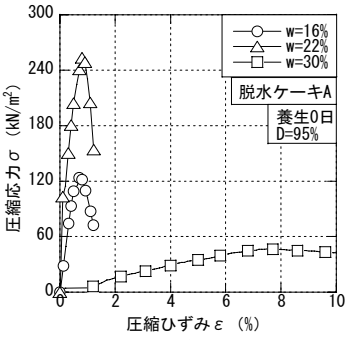

図-3　一軸圧縮試験結果

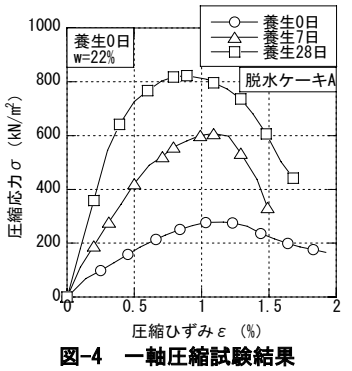

図-4　一軸圧縮試験結果

水比付近で最大値を示していることも分かる。さらに、初期含水比の増加に伴う強度低下は締固め度が高いほど顕著であり、脱水ケーキ A の方がその傾向が強い。**図-7、8** にそれぞれの試料の 0 日養生のコーン指数と一軸圧縮強度の関係を示す。両者は非常に高い相関を示している。また、ダンプトラックに必要なコーン指数（q_c=1200kN/m^2 以上）[3]から、施工時に必要な一軸圧縮強度を検討すると、脱水ケーキ A が q_u=33.6kN/m^2 以上、脱水ケーキ B が q_u=25.0kN/m^2 以上あれば十分な強度を有していると言える。脱水ケーキを任意の初期含水比で、締固め度 D=90、95%で締固めることにより施工時に必要な強度を得ることが分かる。次に、破壊時のひずみから遮水シートの変形について検討を行う。**表-5** に遮水シートの中では弾性係数が小さく変形しづらいと言われているポリ塩化ビニル遮水シートの水圧膨張試験結果[5]を示す。**図-9、10** に締固め度の異なる各脱水ケーキにおける養生日数0日の初期含水比と破壊時のひずみの関係を示す。含水比が高くなると破壊時のひずみが高くなっており、高含水比であるほど延性的でひび割れが起きにくいことが分かる。これらの結果と**表-5** に示す遮水シートの破壊ひずみを比較すると、いずれの結果も破壊ひずみは 4%以下であり、5.62%を下回っている。以上のことから新しい遮水材料は、十分な強度、変形特性を有している材料であると言える。

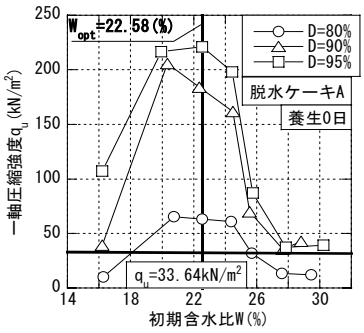

図-5　含水比と一軸強度

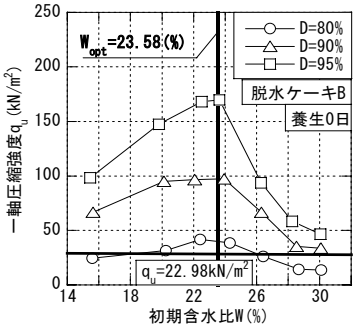

図-6　含水比と一軸強度

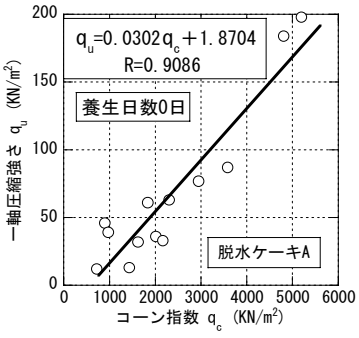

図-7　コーン指数と一軸強度

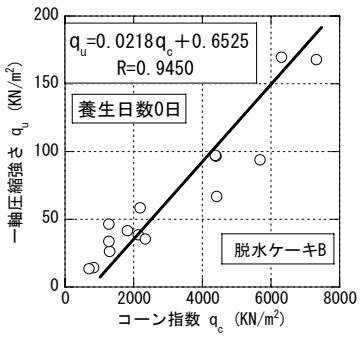

図-8　コーン指数と一軸強度

表-5　遮水シートの変形特性

厚さ(mm)	直径(mm)	破断時		破壊ひずみ(%)
		水圧(MPa)	膨張変位(cm)	
1.5	320	0.104	22.6	5.62

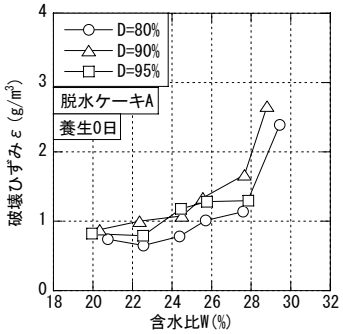

図-9　含水比と破壊ひずみ

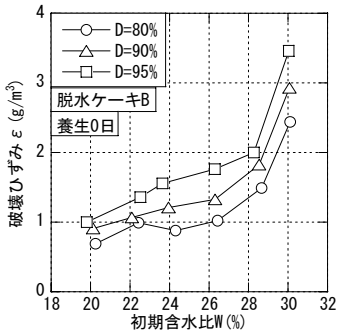

図-10　含水比と破壊ひずみ

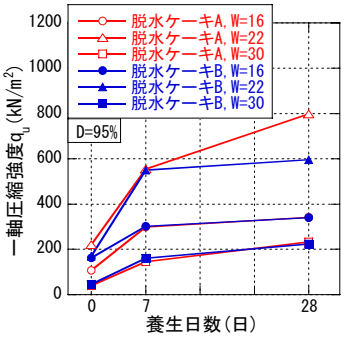

図-11　養生日数と一軸強度

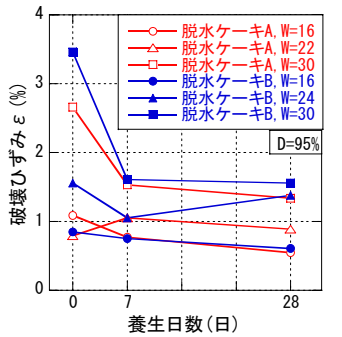

図-12　養生日数と破壊ひずみ

3-2 養生日数の影響　**図-11** に養生日数と一軸圧縮強度の関係を示す。各脱水ケーキともに添加剤中のドロマイトの固結作用により、養生を行うことにより強度発現が見られた。特に養生 7 日までの強度発現が大きいことが分かる。**図-12** に養生日数と破壊ひずみの関係を示す。いずれの脱水ケーキも養生に伴い破壊ひずみが低下しており、7 日以降は全ての条件において 2%以下になっている。この結果よりこの遮水材料は、施工後時間経過に伴い、遮水としての材料性能が上がると考えられる。

4. まとめ　(1)今回用いた遮水材料の一軸圧縮挙動は、初期含水比、締固め度の影響を受けやすい。　(2)遮水材料が一様な環境下で養生されることによって、破壊ひずみは 2%以下になり、強度も増加し遮水性能が上昇することが明らかとなった。

参考文献　1) 武田都：砕石場の脱水ケーキを用いた重金属捕集能を有する遮水材料に関する基礎的研究，福岡大学大学院修士論文，2008.　2) 末竹ら：重金属捕集能を有する遮水材料を有する基礎的研究，第 8 回地盤改良シンポジュウム論文集，pp.71-74，2008.　3) 日本道路協会：道路土工-施工指針，p.47，1986.　4) 狩野信吾、近藤三樹郎、小田勝也：水圧膨張実験における遮水シートの変形破断挙動，ジオシンセティックス論文集，Vol.19，pp.99-104，2004.