

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月31日現在

機関番号：37102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560502

研究課題名（和文） 浄水汚泥脱水ケーキの工学的分類法の提案とそれに基づく有効利用に関する研究

研究課題名（英文） Drinking water sludge classification on the engineering properties and its application for geotechnical effective use.

研究代表者

林 泰弘（HAYASHI YASUHIRO）

九州産業大学・工学部・准教授

研究者番号：50274692

研究成果の概要（和文）：発生源の異なる浄水汚泥脱水ケーキを用い、含水比や締固め仕事量を変化させて締固めた供試体の力学特性（CBR、透水性）を調べ、道路路床材としての適用性に関して検討した。含水比の高い浄水汚泥は締固め時の含水比を乾燥側へ調整することで、道路路床材としての適用が可能となる結果が得られた。しかし、乾燥に伴って試料が硬くなり締固めが困難となる性質もあるため、締固め仕事量の管理が重要であることも分かった。

研究成果の概要（英文）：Drinking water sludge samples from various filtration plants were used. The CBR and permeability were studied for the compacted sludge samples with some water contents and compaction energies. The compacted samples with lower water content were suitable for the road bed material. However, as the dried samples were too tough, enough compaction energy was required.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：浄水汚泥脱水ケーキ，含水比，締固め仕事量，CBR，透水係数，道路路床材

1. 研究開始当初の背景

循環型社会の形成に関する様々な施策の中で、廃棄物のリサイクルは重要な位置づけとなっている。本研究で対象とした浄水汚泥の脱水ケーキ（以下、浄水汚泥と記述する）は浄水過程で定常的に発生する。浄水汚泥は河川の浮遊物である細粒土や有機物で構成されているが、凝集剤の混合や強制的な脱水によって強く団粒化している。そのため、

粒度試験を実施すると砂分が多く、コンシステンシーもNPを示し、再度水分を与えても泥濁化しにくいなど砂質系材料の特性を示す。このような性質は土構造物の材料として有用である可能でいが高いため、利用法の研究がなされている。

しかしながら、地盤材料として有効活用するためには、1) 品質のばらつき、2) 品質の非可逆性、3) 長期的安定性、4) 分類による

判定基準がないなどの問題があったため、これらを解決することが望まれていた。

2. 研究の目的

浄水汚泥の有効利用に関する研究はすでに行われており、地盤関係では植生基盤材としての利用がすでに実用化されている。さらに盛土や埋立等の地盤材料として幅広く利用するためには、力学的特性を明らかにするとともに品質管理の方法を定めなくてはならない。そこで、以下を研究の目的とした。

(1) 幅広く浄水汚泥脱水ケーキを収集し、物理・化学特性を調べ、分類する。

(2) 分類区分ごとに複数の浄水汚泥脱水ケーキを抽出し、締固め特性、CBR等の工学的性質を調べ、分類ごとの特徴を明らかにする。また、通常用いられる土質材料との差異を検討する。また、長期的に上記の工学的性質がどのように変化するのかも把握し、地盤材料としての長期安全性も検討する。

(3) 浄水汚泥外観からは乾燥しているように見えるが、実際には含水比が極めて高い状態で生成され、その後の乾燥に伴う含水比の経時変化によって性状が著しく変化する。また、その特性は発生する浄水場や時期によって変化する。浄水汚泥は締固めによって利用することが想定されたため、締固め特性に及ぼす含水比や締固め仕事量の影響を検討する。

3. 研究の方法

(1) 九州・山口の浄水施設管理者に対するアンケート調査を行い、その結果をもとに汚泥の処理方法に特徴の見られた浄水汚泥試料を提供して頂くこととした。

質問の内容は、Q1.脱水前の処理方法、Q2.浄水汚泥の処理方法、Q3.有効利用の割合、Q4.有効利用の用途、Q5.有効利用における問題点、Q6.有効利用の拡大に向けて、今後どのようなシステムが必要か、Q7.その他とした。

(2) 抽出された5か所の浄水場で試料を採取し、物理試験(含水比試験、土粒子密度試験、液性・塑性限界試験、粒度試験)を行った。形状やコンシステンシーをもとに分類し、代表的な試料を決定した。

(3) 各分類を代表する試料に対し、含水比および締固め仕事量を変えて締固めた供試体を作製し、CBR試験、透水試験を実施した。含水比は相対的な硬軟を表す指標としてコンシステンシー指数を採用した。採用した含水比をコンシステンシー指数との関係で示

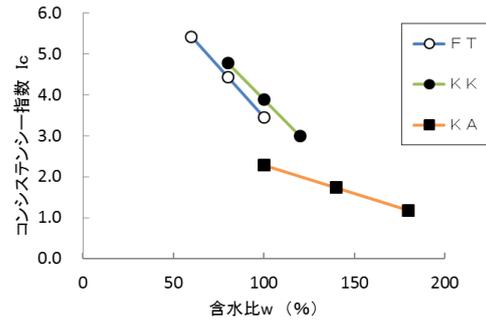


図1 採用した含水比とコンシステンシー指数の関係

表1 採取した浄水汚泥の特徴

試料名(記号)	FT	KK	KI	KA	KH
浄水前の処理方法	重力濃縮法	高分子凝集剤	—	—	—
泥水汚泥の処理方法	加圧脱水処理	天日乾燥処理 加圧脱水処理	短時間型脱水処理	短時間型脱水処理	長時間型脱水処理
再利用の主な用途	グラウンド改良材	セメント原料	農利用なし	園芸用土	—
自然含水比 w %	108.2	124.0	108.0	171.3	176.0
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.145	2.099	2.403	2.362	1.755
液性限界 W _L %	170.3	186.7	167.1	265.1	195.8
塑性限界 W _p %	150.0	164.6	144.1	192.8	158.1
塑性指数 I _p %	20.3	22.1	22.9	72.3	37.7
液状限界 L _i %	26.8	35.0	26.2	36.9	58.4
pH	6.16	6.77	5.92	6.49	7.24
試料の外観写真 (皿の直径:70mm)					
図中の凡例記号	○	●	△	□	▲

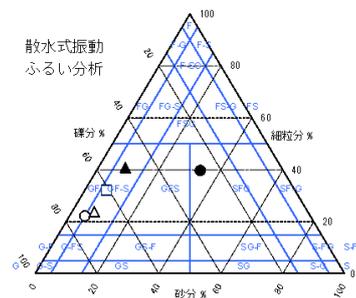
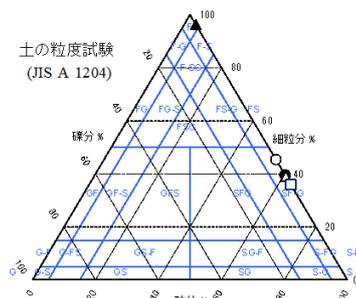


図2 試験法による粒度の違い

したものが図1である。

4. 研究成果

(1) アンケート結果より福岡県内5ヶ所を選定し、浄水汚泥試料を提供して頂いた。表1に採取した浄水汚泥の特徴を示す。

表 2 採用した締固め仕事量

		0.8Ec	1.0Ec	2.0Ec	3.3Ec	4.5Ec
透水試験			○			△
CBR試験	修正CBR	○		○		○
	設計CBR				○	

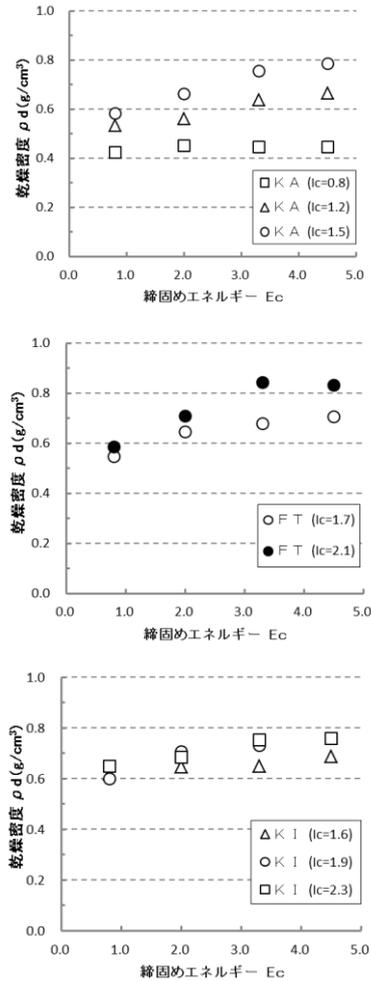


図 3 締固めた浄水汚泥の乾燥密度と CBR の関係

(2) 浄水汚泥を締固め材料として用いる場合、使用量の面で事前に破碎しての粒度調整や含水比の調整は困難であり、使用時のままの状態での適用を想定する必要があることから、散水式振動ふるい装置と JIS 法により粒度分布を求めた。結果を三角座標で示したものを図 2 に示す。

散水式振動ふるい装置は上部水道からの散水と下部振動台の微振動によって過度な外力を与えることなく、団粒表面を軽くほぐし残った土塊のふるい分析が出来るものであり、本研究で用いたオリジナルの試験法である。

強制的に粒子を破碎する JIS 法に対し、散水式振動ふるい分析の結果は試料が礫材側に位置していることを示している。

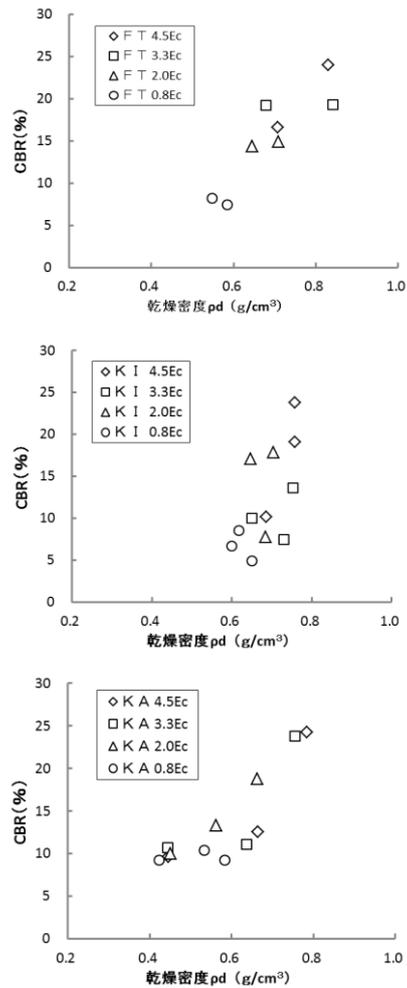


図 4 締固めた浄水汚泥の乾燥密度と CBR の関係

(3) 選ばれた試料に対し、含水比および締固め仕事量を変えて締固めた供試体を作製した。表 2 は採用した締固め仕事量を示したものである。1 Ec とは標準締固めで用いる仕事量約 550kJ/m^3 である。

浄水汚泥の締固めエネルギー E_c と乾燥密度 ρ_d の関係を図 3 に示す。試料の締固め時含水比が下がるほど、また、締固めエネルギー E_c が増加するのに伴い、乾燥密度 ρ_d が大きくなる傾向があるが、コンシステンシー指数が低い試料においては、締固めエネルギー E_c を増加させても乾燥密度の増加はあまり見られず、締固めが困難な状態となっていることがわかる。

(4) CBR 試験の貫入試験結果より、乾燥密度 ρ_d と CBR の関係を図 4 に示す。一般的な土質材料と同様に乾燥密度 ρ_d の増加に伴い CBR も増加する傾向を示しているが、浄水汚泥を締固めた場合には、ばらつきが大きいものの道路路床材としての基準値 $\text{CBR} \geq 3\%$ は満足することとがわかった。

(5) コンシステンシー指数 I_c と CBR の関係

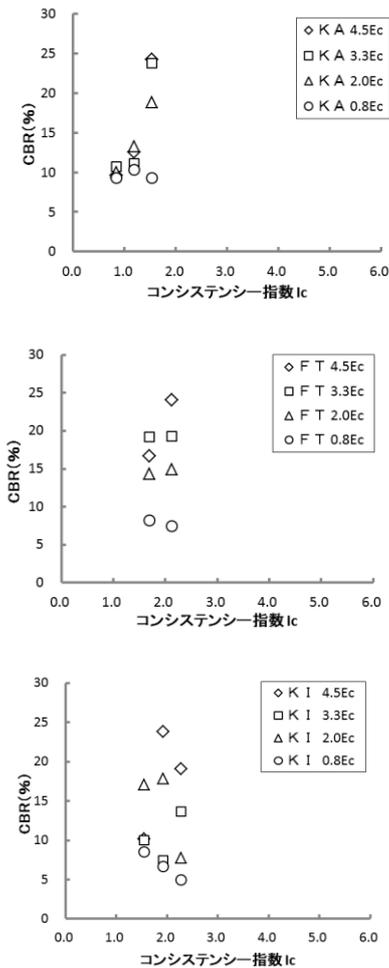


図5 締固めた浄水汚泥のコンシステンシー指数と

CBR の関係

を整理したものを図5に示す。締固めエネルギーEcが大きい場合は、コンシステンシー指数Icの増加に伴いCBRも増加する傾向があるが、締固めエネルギーEcが小さい場合は、逆にCBRが低下しているものもある。試料の乾燥に伴いコンシステンシー指数Icが増加すると試料の固結が進み硬くなる性質があり、それにより締固めが困難になるためと考えられる。試料は乾燥させた方が、CBR値も大きくなるが、そのためには締固めエネルギーをさらに大きくする必要があり、締固め時の含水比が締固め特性に影響を及ぼしていることが検証された。

(6) 透水係数は $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{m/s}$ と砂質系に属す値が得られた。含水比が高い場合には締固め仕事量大きいほど透水係数が小さくなったが、含水比が小さくなるにつれその差は小さくなった。

今後の課題として、浄水汚泥は水源となる河川域の土質特性の影響および取水時期(季節)等により性質が大きく変化することが予

想される。また、含水比の乾燥範囲が今回の実験域よりさらに大きくなる場合の影響などに関する課題があり、今後、試料や実験条件を増やし検討を要するものと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計5件)

- ① 松尾雄治・林泰弘：浄水汚泥の含水比調整がCBR特性に及ぼす影響，土木学会第68回年次学術講演会，2013年9月発表予定，習志野市。
- ② 原口盛寛・林泰弘・松尾雄治：締固めた浄水汚泥の力学特性に及ぼす含水比の影響，平成24年度土木学会西部支部研究発表会，2013年3月9日，熊本市。
- ③ 松尾雄治・林泰弘：浄水汚泥の締固めに及ぼす試料含水比の影響について，第47回地盤工学研究発表会，2012年7月15日，八戸市。
- ④ 河野拓馬・林泰弘・松尾雄治・松尾智史：初期含水比に着目した締固めた浄水汚泥の特性，平成23年度土木学会西部支部研究発表会，2012年3月3日，鹿児島市。
- ⑤ 松尾智史・林泰弘・松尾雄治・河野拓馬：九州・山口の浄水汚泥脱水ケーキの有効利用の現状と粒度分布，平成23年度土木学会西部支部研究発表会，2012年3月3日，鹿児島市。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林泰弘 (HAYASHI YASUHIRO)
九州産業大学・工学部・准教授
研究者番号：50274692

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：