

初期含水比の異なる浄水汚泥脱水ケーキの締固め特性

九州産業大学 学生会員 河野拓馬
九州産業大学 正会員 松尾雄治

九州産業大学 正会員 林 泰弘
九州産業大学 学生会員 松尾智史

1. はじめに

浄水汚泥は浄水過程で発生する産業廃棄物であるが、路床などの道路構成材料としての再利用に向けた研究が行われている¹⁾。浄水汚泥は発生場所や発生時期だけでなく保管中の含水比低下によっても物性が非可逆的に変化する。浄水汚泥脱水ケーキは浄水汚泥を強制的に脱水したものであり、強く団粒化した土塊であるものの、締固めによって破碎するため、初期の粒度によって締固めた地盤の特性を評価するのが困難である。

本研究では、浄水場および初期含水比の異なる浄水汚泥脱水ケーキ（以下、浄水汚泥）を締固め、コーン指数試験および CBR 試験を実施するとともに、締固め前後の見かけの粒度組成を求めた。これらによって、浄水汚泥を締固めて道路構成材料として用いる場合の影響について検討した。

2. 試験方法

筆者らによって 2011 年 9 月に採取した脱水ケーキ²⁾のうち KK 浄水汚泥 ($w_n=124\%$ 、 $w_L=187\%$ 、 $w_p=165\%$) FT 浄水汚泥 ($w_n=108\%$ 、 $w_L=170\%$ 、 $w_p=150\%$)、KA 浄水汚泥 ($w_n=171\%$ 、 $w_L=265\%$ 、 $w_p=193\%$) を対象試料とした。KK 浄水汚泥は浄水場内で既に破碎処理を行っているので締固めによる粒度変化が少ないと考えられた。KA 浄水汚泥は KK 浄水汚泥や FT 浄水汚泥に比較して塑性指数が大きいという特徴を持っている。

脱水ケーキは初期含水比が高いものの保管によって含水比が低下するため、自然含水比（採取時含水比）を含め、乾燥側に 3 段階に調節した含水比を設定し実験に用いた。含水比とコンシステンシー指数と関係を図-1 に示す。本論文では、相対的に試料の硬さを表す指標としてコンシステンシー指数を用いて試料の状態を説明する。

締固めた地盤の特性を評価するために、コーン指数試験と CBR 試験を実施した。各試料、含水比において実施した試験を表-1 に示す。コーン指数試験は JIS A 1228 に基づいて $E_c=550\text{KJ/m}^3$ で締固めたものと $E_c=2500\text{KJ/m}^3$ で締固めたものに対して実施した。後者は設計 CBR 試験（E-b 法）の締固め仕事量にあわせたものである。これらの試験においては、締固めによる粒度分布への影響を調べるためいずれも貫入を行わない供試体も作製し、乱さないように脱型した後、散水式振動ふるい装置を用いて粒度（見かけの粒度）を測定した²⁾。

3. コーン指数と見かけの粒度

図-2 に締固めた供試体の乾燥密度とコーン指数の関係を示す。乾燥させコンシステンシー指数が低くなれば、乾燥密度も小さくなっている。いずれの試料も、締固め仕事量が大きくなると乾燥密度の値が高くなっている。また、これらの関係は試料の種類に依存

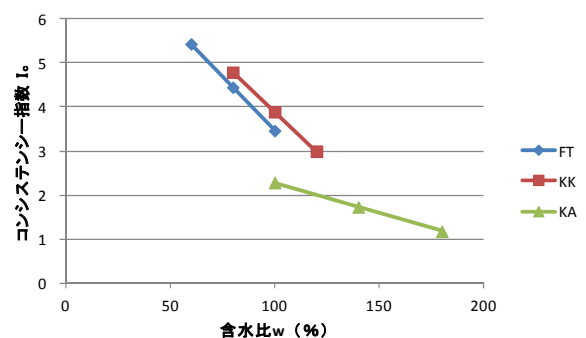


図-1 含水比とコンシステンシー指数の関係

表-1 実施した試験一覧

KA	180%	140%	100%
	○	○	○・●・▲
KK	120%	100%	80%
	○	○・●・▲	○
FT	100%	80%	60%
	○・●・▲	○・●・▲	○・●・▲

○:コーン指数試験 $E_c=550\text{KJ/m}^3$ ●:コーン指数試験 $E_c=2500\text{KJ/m}^3$ ▲:CBR試験

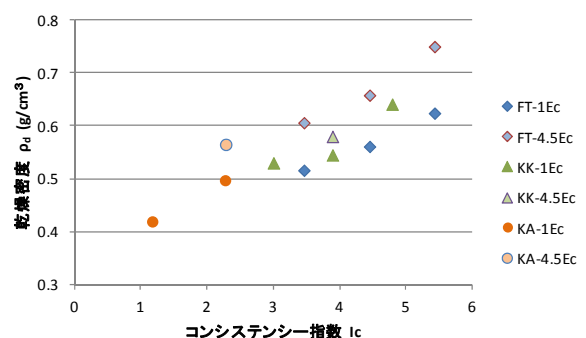


図-2 コンシステンシー指数と乾燥密度の関係

していない。

図-3にコンシステンシー指数とコーン指数の関係を示す。いずれの結果も高いコーン指数が得られている。コンシステンシー指数が大きくなるか、仕事量が大きくなるほどコーン指数が高くなっている。FT 浄水汚泥と KK 浄水汚泥は似た傾向を示したが、KA 浄水汚泥は比較的小さなコンシステンシー指数でも大きなコーン指数が得られた。

締固め前後の粒径加積曲線の例 (FT 浄水汚泥) を図-4に示す。 $I_c=4.45$ の締固めにおいては締固め仕事量の粒度分布への影響は見られないが、 $I_c=3.46$ の締固めでは大きな違いが得られた。初期含水比の違いによる粒子破碎の程度の違いかもしれないが、締固めによって散水式振動ふるい装置では土塊がほぐれなかった可能性もあり今後の検討を要する。

4. CBR 値

コンシステンシー指数と CBR 値の関係を図-5に示す。いずれのケースも一般道路の下層路盤材としての目標値 (設計 $CBR \geq 3\%$) を満足している。含水比を変えて実施した FT 浄水汚泥の結果より、含水比が低下する (コンシステンシー指数が増加する) ほど、CBR 値が大きくなっていることがわかる。KK 浄水汚泥は、FT 浄水汚泥と似たような値を示している。一方、KA 浄水汚泥は比較的小さなコンシステンシー指数で大きな CBR が得られている。

図-6にコーン指数と CBR 値の関係を示す。浄水汚泥の種類や初期含水比によらず良い相関が得られている。コーン指数試験は CBR 試験に比べ簡便であるため、この関係が活用できれば有用である。

5. まとめ

3 種類の浄水汚泥を用いて、締固め仕事量を変えたコーン指数と CBR 値を求めた。締固め仕事量を増加させるとコーン指数、CBR 値とも増加し、路床材料として十分な値が得られた。また、両者には良い相関関係が得られた。締固め前後の粒度分布についてはさらに検討し、報告する予定である。

謝辞: 本研究は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (C) による研究成果の一部である。また、アンケート調査や試料採取に際し、多くの浄水場関係者にご協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献: 1) 磯秀幸・渡邊保貴・小峯秀雄・村上哲・豊田和弘：砂質土と混合した浄水汚泥の室内 CBR 特性および路床材としての品質管理方法の提案、第 9 回環境地盤工学シンポジウム論文集、pp.99-102、2011.10。
2) 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、土木学会西部支部研究発表会、平成 23 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、印刷中、2012.3。

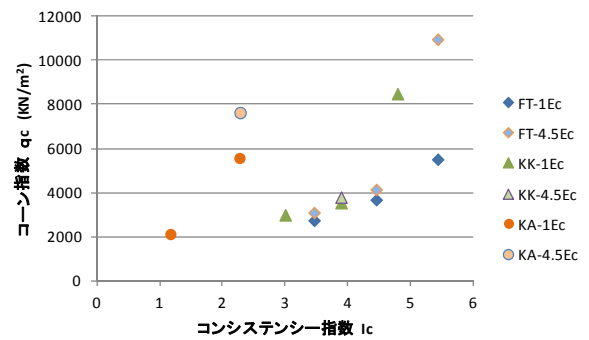


図-3 コンシステンシー指数とコーン指数の関係

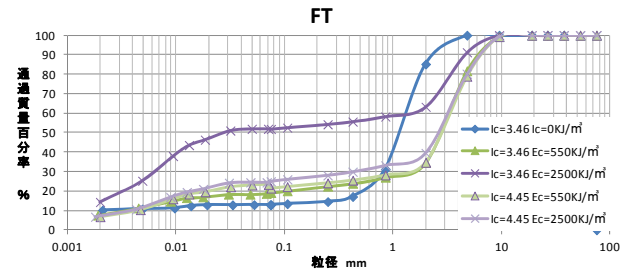


図-4 締固め前後の粒径加積曲線

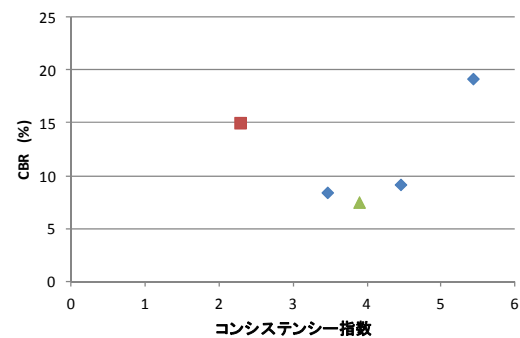


図-5 コンシステンシー指数と CBR 値の関係

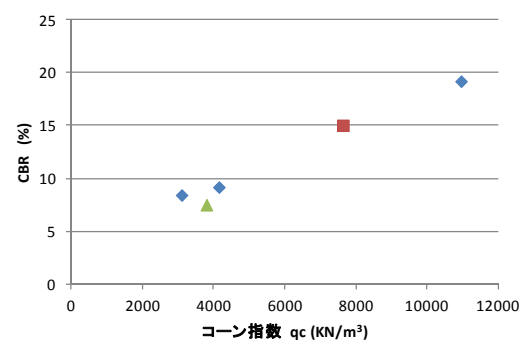


図-6 コーン指数と CBR 値の関係