

浄水汚泥の含水比調整がC B R特性に及ぼす影響

九州産業大学 正会員 ○松尾 雄治
同 上 正会員 林 泰弘

1. はじめに

浄水汚泥は、水道事業の浄水過程で発生する産業廃棄物であるが、土質材料としての再利用化に向けた研究の進展が要求されている。筆者らは、浄水汚泥脱水ケーキ（以下、浄水汚泥と呼ぶ）を締固めることで道路路床材としての適用に関する研究¹⁾を進めている。浄水汚泥の特徴として、河川など水道源水内に浮遊する微細粒分を薬剤により凝集、その後の強制脱水過程を経て生成されるため、粒子間が強く固結・団粒化した扁平な砂礫状を呈していることや含水比が極めて高いことで乾燥に伴う性状の経時変化が特質している等、締固めに及ぼす影響が懸念される。本研究は、含水比や締固め仕事量を変えて締固めた浄水汚泥のC B R特性を検証し、道路路床材としての適用性に関して検討したものである。

2. 試料の物理特性

事前にアンケート調査を実施し、汚泥処理方法に特徴の見られた福岡県内3ヶ所の浄水汚泥を試料とした。表-1に試料のコンシステンシーと写真を示す。外観上は扁平な砂礫状で乾燥している様に見えるが、含水比が高いため、採取後の乾燥に伴う性状変化や外力を受け団粒が破碎されることで、その時々で含水比や土塊の寸法に違いが出てくる。浄水汚泥を締固め材料として用いる場合、事前に破碎しての粒度調整や含水比の調整は困難で、使用時の状態での適用を想定する必要がある。ここでは含水比に関しては、乾燥に伴って性状が変化して行く過程を再現するため、初期含水比の一定質量試料を数日間空気乾燥状態で放置し乾燥側へ含水比 w を変化させることとし、試料の相対的な状態を表す指標としてコンシステンシー指数 I_c を用いた。 w と I_c の関係を図-1に示す。また、試料の粒度分布に関しては、使用時の土塊寸法の分布に着目し、散水式振動ふるい装置¹⁾を用いたふるい分析を実施し、その結果を図-2に示す。浄水汚泥は、源水中に浮遊する微細粒子のシルト～粘土分が主であるが、薬剤凝集や強制脱水されることにより、固結・団粒していることがわかる。

表-1 試料の物理特性と外観写真

試料名	KI	KA	FT
自然含水比 w %	94.4	171.5	105.8
液性限界 W_L %	175.6	290.9	217.1
塑性限界 W_P %	120.5	147.0	148.1
塑性指数 I_P	55.1	143.9	69.0
試料の外観写真 (皿の直径=70mm)			

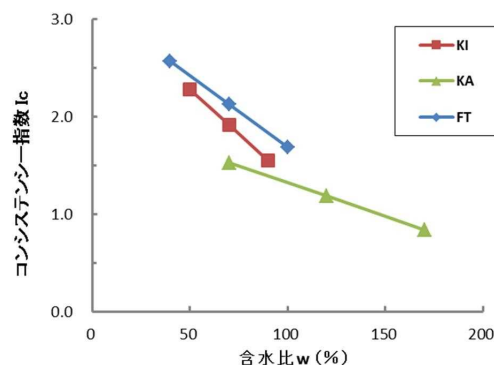


図-1 含水比とコンシステンシー指数の関係

3. 締固め特性およびC B R特性

C B R試験を実施するにあたり締固め仕事量は、JIS A 1210 A, B法の $E_c=550\text{kJ/m}^3$ を基準(1.0 E_c)として、モールド寸法や突固めランマーの違いを換算し、さらに締固め回数を変えることで、 $E_c=0.8, 2.0, 3.3, 4.5$ の4段階を設定した。

各々の試料含水比を変えた締固め仕事量 E_c と乾燥

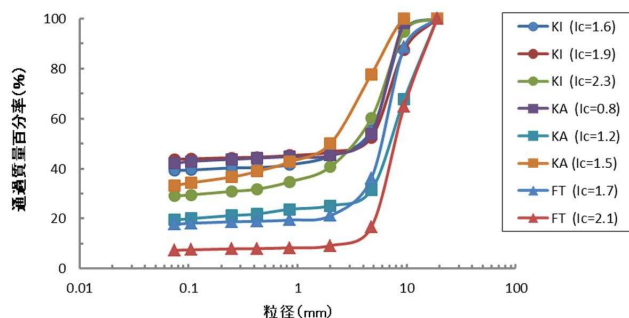


図-2 粒度分布（散水式振動ふるい装置による）

キーワード 浄水汚泥, 含水比, コンシステンシー指数, 締固め, C B R

連絡先 福岡市東区松香台2-3-1 九州産業大学工学部都市基盤デザイン工学科 Tel 092-673-5685 Fax 673-5093

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、 E_c が増加するのに伴い、 ρ_d が大きくなる傾向があるが、含水比が特に高い試料においては、 E_c 増加の効果が見られず、締固めが困難であることがわかる。

CBR 試験の吸水膨張試験結果に関し、コンシステンシー指数 I_c と膨張比 re の関係を図-4 に示す。 I_c が大きくなるとばらつきはあるが re も増加する傾向を示しており、 re の値は大きい場合でも 3%以下であることから、締固め材料としては適用可能な範囲内であることがわかった。

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-5 に示す。一般的な土質材料と同様に 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 CBR $\geq 5\%$ は満足することがわかった。

試料ごとにコンシステンシー指数 I_c と CBR の関係を図-6(KI)、7(KA)、8(FT)に分けて比較すると、締固め仕事量 E_c が大きい場合は、 I_c 増加に伴い CBR も増加する傾向があるが、 E_c が小さい場合、 I_c が増加すると逆に CBR が低下しているものもある。乾燥に伴い I_c が増加すると試料が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仕事量を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推察された。

4. まとめ

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り、今後さらに検討を要す課題と考えている。

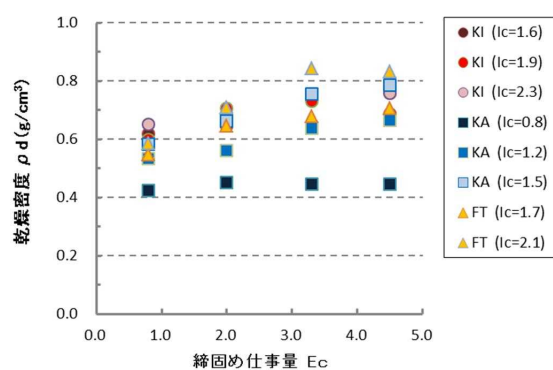


図-3 締固め仕事量と乾燥密度の関係

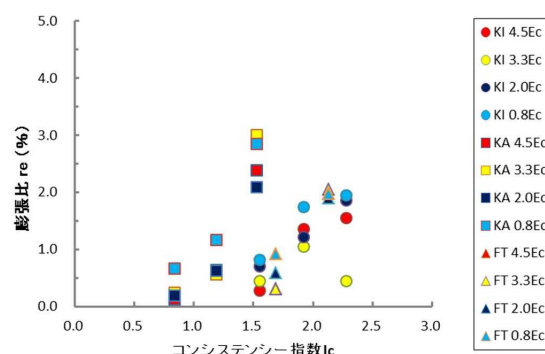


図-4 コンシステンシー指数と膨張比の関係

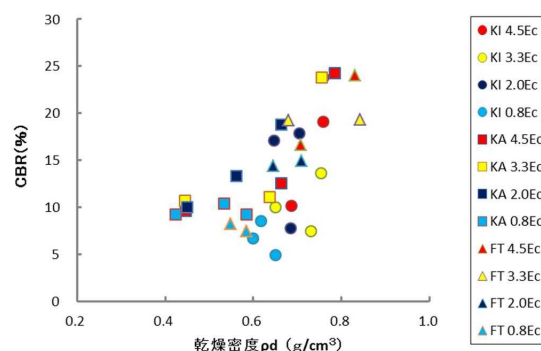


図-5 乾燥密度と C B R の関係

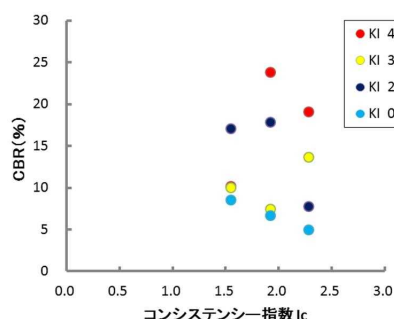


図-6 コンシステンシー指数～CBR (KI)

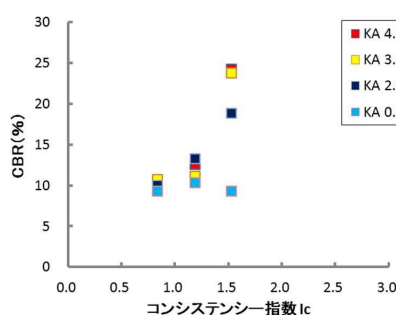


図-7 コンシステンシー指数～CBR (KA)

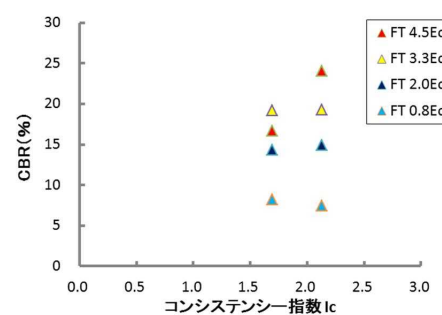


図-8 コンシステンシー指数～CBR (FT)

【謝辞】本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金基礎研究(C)による研究成果の一部である。また、試料採取等に御協力頂いた関係機関ならびに実験等を担当した本学平成24年度卒業研究生 原口 盛寛 君に謝意を表します。

参考文献 1) 松尾・林：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 No. 233、pp. 463-464、2012. 07 (八戸市)