

Ⅲ-739

礫・粘土混合土の締固め特性・透水特性について

鹿島技術研究所 正員 田中俊行
 鹿島技術研究所 正員 深沢栄造
 鹿島技術研究所 正員 平 和男
 鹿島技術研究所 正員 須山泰宏

1. はじめに

フィルダムや河川堤防等の構造物の遮水材料は、長期的な安全性および遮水性を維持することが重要である。また、一般廃棄物処分施設や放射性廃棄物埋設施設では、雨水・地下水の流入や廃棄物内の有害物質の漏洩を防ぐために、砂に粘土を混合した難透水性の材料で表面または下部を被覆することが考えられている¹⁾。これら材料の透水係数を低減させるためには、高い密度に締め固めて間隙を小さくすることが必要である。

本研究では、遮水性を確保するために、礫材を混合して高い密度に締め固めた礫と砂と粘土の混合材料の基礎的な特性について検討しており²⁾、礫を50~70%混入すれば、礫を混入しない場合と比較して、高い締固め密度や低い透水係数が得られることを確認した³⁾。本報では、礫混入率を一定として、粘土材料の種類と粘土の混入率を変化させた場合の締固め特性や透水特性について検討した結果を報告する。

2. 使用材料

図-1に試験で用いた材料の粒度分布を示す。礫(G)はコンクリート用粗骨材(最大粒径20mm)を、砂(S)は山砂(君津産)で均等係数 $U_c=1.76$ のものを用了。表-1に選定した7種類の粘土材料(C)とその物理特性の一例として液性・塑性限界⁴⁾を示す。

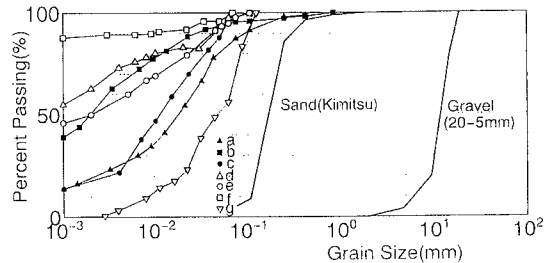


図-1 使用材料の粒度分布

表-1 選定した粘土材料と物理特性

粘土種類	液性限界 W _L (%)	塑性限界 W _P (%)	塑性指数 I _p (%)
a 砕石粉粘土	22.1	17.8	4.3
b 木節粘土	65.4	29.6	35.8
c Ca型ハ フライ土(宮城県産)	144.5	63.9	80.6
d Na型ハ フライ土①(群馬県産)	346.0	30.2	315.8
e Na型ハ フライ土②(山形県産)	419.2	18.4	400.8
f Na型ハ フライ土③(イシヅカ産)	628.2	44.8	583.4
g Na型ハ フライ土④(モリノフライ土100%)	1100.0	52.2	1047.8

3. 礫と砂と粘土の混合土の特性

礫と砂と粘土の混合土(礫+砂+粘土)について、礫混入率 $G_m = G / (G+S+C) \%$ 、乾燥土重量比)を50%と一定として、粘土混入率 $C_m = C / (G+S+C) \%$ 、乾燥土重量比)や粘土種類を変化させた場合の締固め特性、透水特性について調べた。 C_m は0~50%の範囲で変化させた。締固め試験はJIS A 1210(突固めエネルギー1Ec)に、透水試験はJIS A 1218(通水圧0.2~4.5kgf/cm²)に準拠して、最大乾燥密度 ρ_{dmax} 、最適含水比 W_{opt} の試料を用いて行った。

図-2に ρ_{dmax} と C_m の関係を、図-3に透水係数 k と C_m の関係を示す。

図-2から、 ρ_{dmax} は $C_m=7.5\%$ で最大値をとり、 $C_m>7.5\%$ では減少する傾向を示している。砕石粉粘土は C_m の値が変化しても ρ_{dmax} はあまり低下しない。このことは、他の粘土材料に比べて砂質土の性質を示していると考えられる。

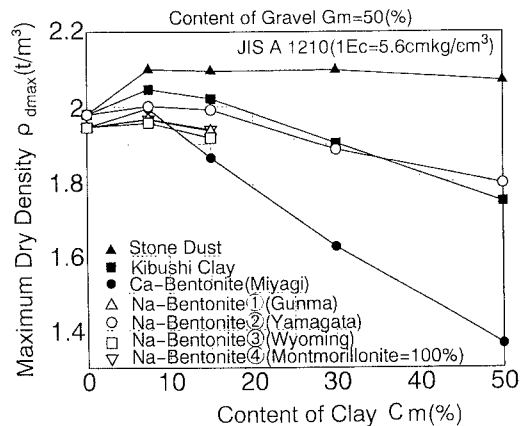


図-2 ρ_{dmax} と C_m の関係

図-3から、 k は C_m の増加に伴って減少している。 $C_m=15\%$ の場合の k を各粘土材料について比較すると、Na型ベントナイト④<②<①<③<Ca型ベントナイト<木節粘土<砕石粉粘土の順となっている。Na型ベントナイトの中では、モンモリロナイト含有量が100%である④が最も小さい値を示しているが、①、②、③のいずれも $k < 1 \times 10^{-9} \text{ cm/sec}$ であり、同程度の値をとっている。

砕石粉粘土の場合、30%混入しても $2 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ の値しか得られていないが、木節粘土では15%で $6 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$ 、30%で $2 \times 10^{-9} \text{ cm/sec}$ 程度の値が得られている。また、Ca型ベントナイトでは7.5%で $2 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$ 、15%で $1 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$ の値が得られている。Na型ベントナイトを用いた場合は、7.5%で 10^{-9} cm/sec オーダの値が、また、15%以上で $1 \times 10^{-9} \text{ cm/sec}$ 以下の値が得られている。

そこで、粘土材料の種類による透水係数の差を統一的に評価することを試みた。透水係数に影響を及ぼす要因は、粘土材料の粒度分布の他に、物理特性等に関係があると考えた。その一例として、図-4に $G_m=50\%$ 、 $C_m=7.5\%$ と15%の材料配合の場合の k と粘土材料の塑性指数 I_p の関係を示す。

この図から、 k は、 C_m の値によって異なるが、 I_p の増加に伴って減少する傾向を示し、今回対象とした粘土材料では、その種類によらず一つの曲線上にプロットされることがわかる。このことは、塑性指数は透水性と密接な関係があることを示唆しており、透水係数を予測するための一つの指標であると考えられる。

5. まとめ

以上の結果をまとめると次のとおりである。

- ①礫と砂の混合土($G_m=50\%$)に、粘土を混入することによって透水係数を小さくすることができる。
- ②透水係数は粘土の種類、混入率によって変化するが、粘土材料にNa型ベントナイトを用いて、その混入率を15%以上にすれば、ベントナイトの種類によらず、 $k < 1 \times 10^{-9} \text{ cm/sec}$ の遮水性を確保することができる。
- ③同じ材料配合の場合、粘土材料の塑性指数が大きいほど、透水係数は小さくなる傾向を示す。粘土材料の塑性指数は、透水係数と密接な関係がある。

今後は、粘土種類や砂種類を増加して、配合設計手法の確立を目指す予定である。

参考文献

- 1) Boutwell, G., and Hedges, C: Evaluation of waste-retention liners by multivariate statistics, Proc., 12th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engrg., A.
- 2) 例えば田中・深沢・平: 人工地盤構築材料の開発(その1), 鹿島技術研究所年報, vol. 42, 1994. 6.
- 3) 田中・深沢・平・須山: 礫混入粘土系材料の透水係数について, 第22回土木学会関東支部技術研究発表会, 1995. 3.
- 4) 小峰・緒方: 塑性限界を導入した粘土の締固め特性の評価方法の提案, 土木学会論文集, No. 436/III-16, 1991. 9.

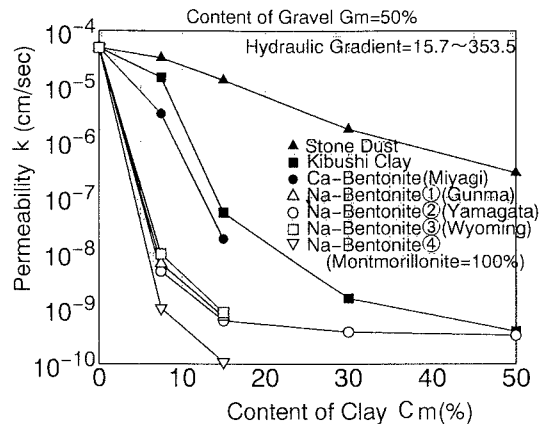


図-3 k と C_m の関係

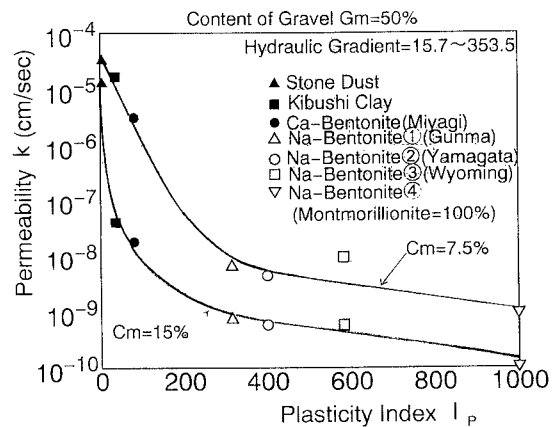


図-4 k と I_p の関係