

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

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、砂に粘土を混合して締固めたライナーやベントナイト混合土等の難透水性の材料で表面および上部を覆うことが一般に考えられている^{1)~2)}。また、一般の土質材料では、間隙が小さくなると、透水係数が低くなる傾向にあることから、使用する材料を高い密度に締固めることが重要である。

本研究では、難透水性を確保するために、礫材を混合して高い密度に締固めた新しい材料(礫+砂+粘土)を提案し、基礎的な特性について検討した³⁾。本報では、透水係数が最小値をとる礫の混入率を把握し、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を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 $U_c=1.76$ のものを用いた。粘土材料(C)は、碎石粉粘土、木節粘土、ベントナイト(山形県産)の3種類を選定した。

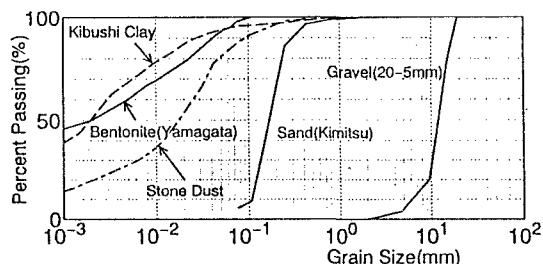


図-1 使用材料の粒度分布

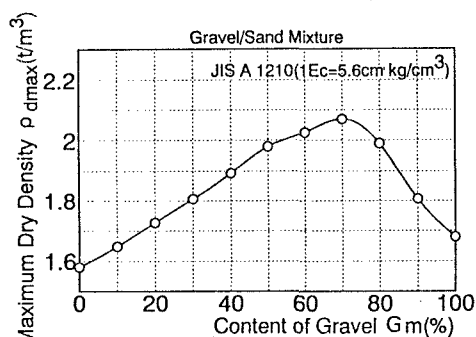
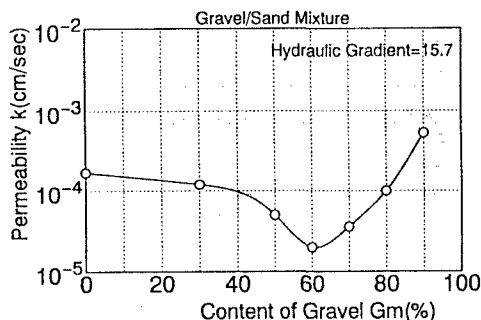
3. 礫と砂の混合材料の特性

礫と砂の混合土(礫+砂)について、礫混入率 G_m ($=G/(G+S)\%$, 乾燥土重量比)を0~100%と変化させた場合の締固め特性や透水特性について調べた。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0.2kgf/cm²)に準拠して行った。

図-2に最大乾燥密度 ρ_{dmax} と礫混入率 G_m の関係を、図-3に透水係数 k と G_m の関係を示す。

これらの図から、 ρ_{dmax} は、 $G_m \leq 70\%$ では G_m の増加に伴って大きくなり、 $G_m > 70\%$ では減少する傾向を示す。このとき、間隙比 e は $G_m=70\%$ で0.3以下の小さい値を得ている。また、 k は G_m の増加に伴って小さくなり、 $G_m=60\%$ で最小値をとり、 $G_m > 60\%$ を越えると急激に増大する傾向を示す。この結果は、礫混入率が40~60%以上になると k が大きくなる既往の研究結果⁴⁾と同様の傾向を示す。

以上の結果から、礫は50~70%混入すれば、礫を混入しない場合($G_m=0\%$)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が分かった。

図-2 ρ_{dmax} と G_m の関係(礫+砂)図-3 k と G_m の関係(礫+砂)

4. 礫と砂と粘土の混合材料の特性

上記結果から、低い透水係数が得られる礫混入率は50~70%であった。そこで、今回 $G_m=50\%$ と一定として、礫と砂と粘土の混合土(礫+砂+粘土)について、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、7.5、15、30%と変化した。透水試験の通水圧は $0.2\sim 2.0\text{kgf/cm}^2$ で行った。

図-4に ρ_{dmax} と C_m の関係を、図-5に k と C_m の関係を示す。

これらの図から、 ρ_{dmax} は C_m の増加に伴って増大している。しかし、碎石粉粘土を除いて、 $C_m=20\%$ 以上混入すると粘土を混入しない場合($C_m=0\%$)に比べて密度は低下する。また、木節粘土とベントナイトでは ρ_{dmax} は $C_m=7.5\%$ で最大値をとるが、碎石粉粘土は C_m の値が変化しても ρ_{dmax} は変化しない。

一方、 k は C_m の増加に伴って減少しており、ベントナイト<木節粘土<碎石粉粘土の順に小さくなっている。木節粘土では15%で $6\times 10^{-8}\text{cm/sec}$ 、30%で $2\times 10^{-9}\text{cm/sec}$ 程度の値を、ベントナイトを用いた場合は、7.5%で $5\times 10^{-9}\text{cm/sec}$ 、15%以上で $1\times 10^{-9}\text{cm/sec}$ 以下の値が得られている。しかし、碎石粉粘土では、30%混入しても $2\times 10^{-6}\text{cm/sec}$ の値しか得られていない。

例えば、一般廃棄物処分施設の計画透水係数¹⁾ $k<1\times 10^{-7}\text{cm/sec}$ を対象にした場合、木節粘土では約15%、ベントナイトでは約5%以上混入すれば良いことがわかる。また、透水性として $k<1\times 10^{-9}\text{cm/sec}$ を期待するならば、粘土材料としてベントナイト、その混入率は15%以上で達成可能である。

5. まとめ

以上の結果をまとめると次のとおりである。

- ①礫と砂の混合土について、今回の試験条件においては、透水係数が最小値をとる礫混入率は60%である。
- ②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。
- ③透水係数は粘土の種類、混入率によって変化するが、粘土材料をベントナイト、その混入率を15%以上にするによって、 $k<1\times 10^{-9}\text{cm/sec}$ にすることができる。

今後は、対象とする構造物の要求性能に相応した配合設計手法を確立し、その施工性についても検討する予定である。

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) 例えば緒方・小峰: ベントナイト-砂混合材料の透水係数に関する一考察, 第29回土質工学研究発表会, 1994. 6.
- 3) 例えば栗原他: 止水材料としての礫混入ベントナイト混合土に関する室内試験, 第38回土質工学シンポジウム, 1993. 11.
- 4) 例えば守谷・宇梶: 粗な粒子を含んだ土の締固めについて, 土と基礎, No. 32, 1957.

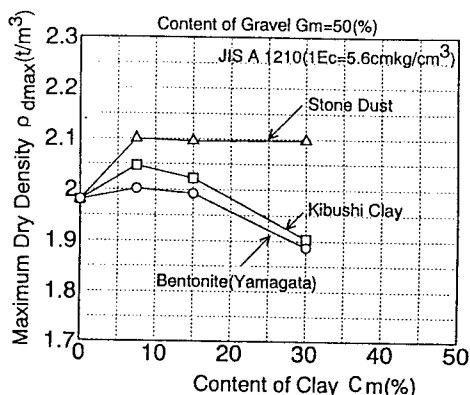


図-4 ρ_{dmax} と C_m の関係

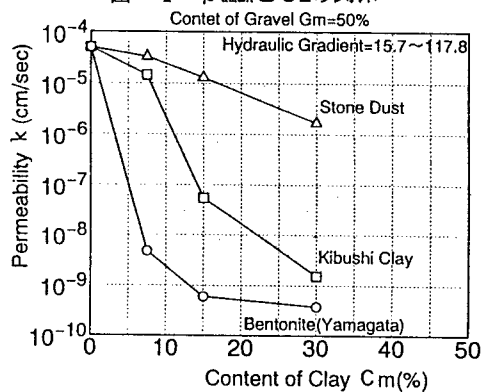


図-5 k と C_m の関係