

大規模埋立工事で使用する山砂の透水性について

山砂 透水係数 Fc 地盤改良

東亜建設工業	正会員	堺谷 常廣
東亜建設工業	国際会員	深沢 健
東亜建設工業		大島 健
国土交通省東京空港整備事務所	正会員	竹内 泰弘

1. はじめに

我が国の海洋土木工事における地盤改良工事では、長らく良質の海砂を使用した施工が行われてきた。しかしながら、近年良質の海砂は産出規制され、海砂に代わり山砂を使用した地盤改良工事が行われている。この山砂は、地層や堆積状況から複雑な性質を持つ。そのため、地盤改良材料として使用する場合は、透水性や圧縮性などに留意し使用する必要がある。本報告は、羽田再拡張事業 D 滑走路建設工事で使用が予定されている山砂について実施した透水試験結果に基づき、その特性について報告するものである。なお、試験は、JISA 1218 定水位試験により行った。検体数は 79 検体である。

2. 透水係数の頻度分布について

千葉県で産出される山砂は、細粒含有率 (以下 Fc) 毎に 5%以下、10%以下、20%以下の 3 種類に分類されて出荷されている。この山砂を静的に圧縮し、透水試験を行い、透水係数 (以下 k) を測定した。試験は定水位試験により k を求めている。静的な圧縮荷重は $P=500\text{kN/m}^3$ とした。この荷重は、羽田空港 D 滑走路埋立部を想定したものである。本試験の k の測定結果として 79 検体の Fc 別の頻度分布を図-1 に示す。Fc 5%で透水係数は $k = 4 \times 10^{-3} \sim 9 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ 、Fc 10%で $2 \times 10^{-3} \sim 6 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ 、Fc 20%では $2 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ となった。k は一般的に粒度、間隙比、温度、粘性等との相関性が認められている。今回の試験により粒径 (D_{10} 、 D_{20})、Fc、間隙率 n と透水係数の相関性を調べた。

3. 代表粒径 (D_{10} 、 D_{20}) と透水係数の相関性

代表粒径 (D_{10} 、 D_{20}) と透水係数 k の関係については、Hazen や Creager の研究により相関性が知られている。代表粒径として D_{10} 、 D_{20} をとり相関性をみると相関係数は各々 $R^2=0.37$ 、 $R^2 = 0.35$ である。 D_{10} 、 D_{20} と k の相関を図-2、3 に示す。 D_{10}^2 と k の相関式の傾きを C とすると $C = 77$ となり、Hazen の良く締まった細砂の $C = 70^{(1)}$ と良く一致する。

Creager による k と D_{20} の関係は $D_{20} = 0.1 \sim 0.2\text{mm}$ の場合 $k=1.75 \times 10^{-3} \sim 8.9 \times 10^{-3}\text{cm/s}$ に対し、今回の試験結果は $k=2.8 \times 10^{-3} \sim 1.3 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ と良い一致をみた。

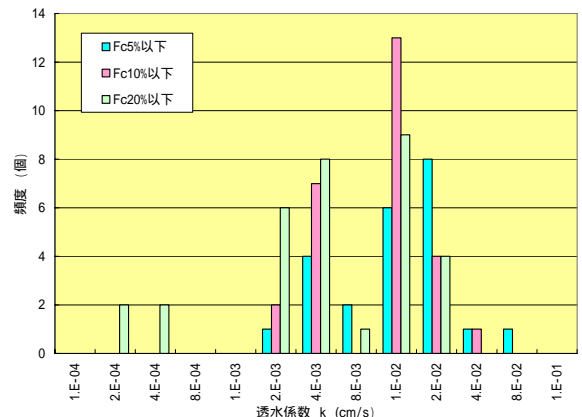


図-1 透水係数の頻度分布

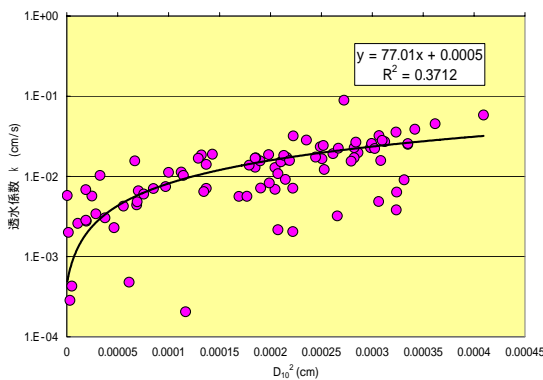


図-2 透水係数と D_{10} の関係

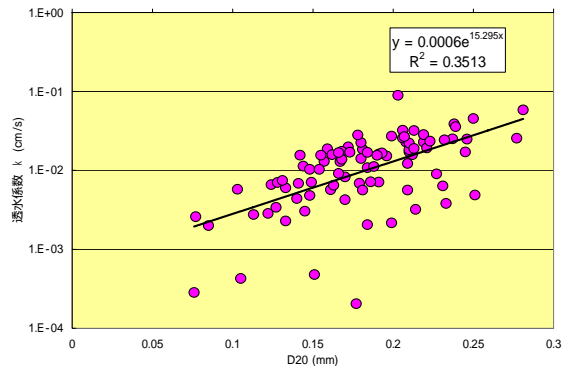


図-3 透水係数と D_{20} の関係

4. 代表粒径 (D₁₀) と Fc の相関性

代表粒径 (D₁₀) と Fc の関係を図-4 に示す。D₁₀ と Fc の関係は R²=0.90 と D₁₀ と透水係数との関係と同様に高い相関性が認められた。これは、千葉県で産出される山砂の Fc が代表粒径 (D₁₀) と相関性が高く、その結果として山砂の透水係数に与える影響が大きいと考えられる。

5. Fc と透水係数の相関性

Fc と透水係数の関係を図-5 に示す。Fc と透水係数の相関性は、Fc と D₁₀、D₂₀ の場合と同様の相関性が確認された。相関係数は R²=0.42 となった。これは、代表粒径と Fc の場合と同様に Fc と山砂の透水係数は高い相関関係にあるためである。この結果から、代表粒径 (D₁₀、D₂₀) による透水係数の推定と同様に Fc による透水係数の推定が可能であり、透水係数を設計上の指標として品質管理する場合、細粒分含有量試験などの簡易な試験で透水性を推定する方法が適用できる。

7. 間隙率と透水係数の相関性

透水係数と間隙率の関係については、Taylor、Kozeny・Donat により土の粒度と間隙比が大きな影響を与える事が明らかになっている。今回、房総半島で産出される山砂について、間隙率と透水係数の関係を調査した。間隙率と粒度をパラメーターとして、間隙率関数と透水係数の関係を求めた。間隙率と粒度より導かれる間隙率関数と透水係数の関係を図-6 に示す。間隙率関数 F は、

$$F = \frac{n^3}{(1-n)} D_w^2 \quad (\text{cm}^2) \quad \text{ただし、} \quad \frac{1}{D_w} = \sum \left(\frac{p_i}{D_i} \right)$$

ここに n は間隙率、p_i は粒径 D_i (cm) の粒子が全試料に占める割合を示す。間隙率と透水係数の相関性は R²=0.25 と代表粒径と Fc の関係に比べて低い結果となった。Fc により透水係数を求めた場合、間隙率の場合と比べて精度が良い事がわかる。

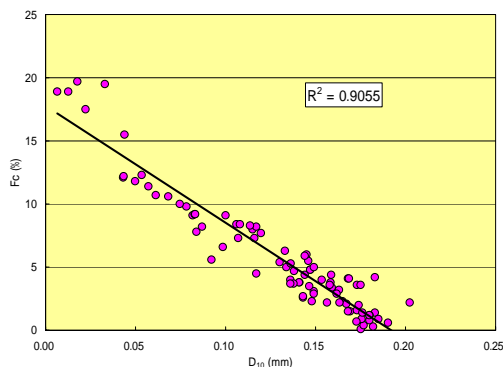


図-4 D₁₀ と Fc の関係

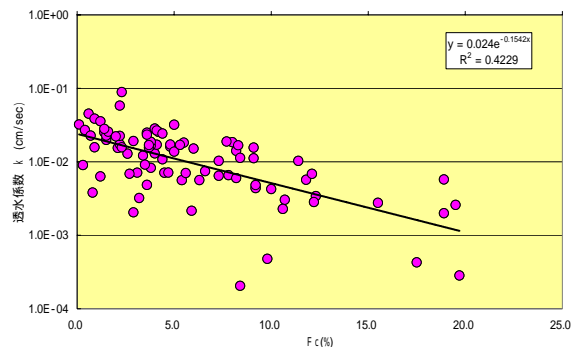


図-5 Fc と透水係数の関係

8. まとめ

千葉県で産出される山砂について実施した透水試験結果から D₁₀、D₂₀ と透水係数は相関性があり、Fc と透水係数は高い相関性がある事から細粒分含有量試験などの簡易な試験で透水性を推定する方法が品質管理の指標として適用できるものと思われる。本試験の結果、次の事が明らかになった。

- 1) 房総半島で産出される山砂 (Fc 20%) を静的に圧縮した場合、79 検体中 77 検体の透水係数は k 10⁻³ cm/s となった。
- 2) D₁₀、D₂₀ の代表粒径と k は相関性が確認された。これらは、Hazen、Creager の研究結果と良く一致した。
- 3) 代表粒径 D₁₀ と Fc には高い相関性が確認された。
- 4) D₁₀、D₂₀ と同様に Fc と k についても相関性が確認された。
- 5) 間隙率と k の間には、Fc や代表粒径と k のような相関性は確認できなかった。

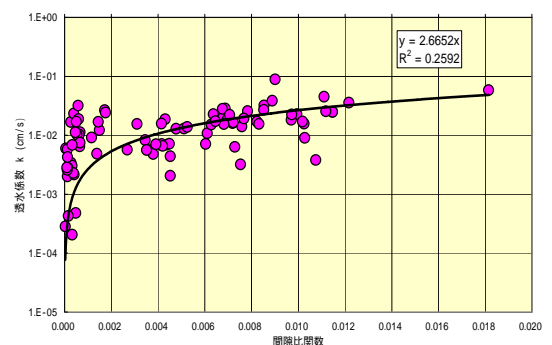


図-6 間隙比関数と透水係数の関係

本報告は、東京国際空港 D 滑走路工事の設計業務の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 土質試験の方法と解説 (社)地盤工学会 PP278