

立命館大学大学院 学生員 ○藤田 俊司
立命館大学理工学部 外山 竜大
立命館大学理工学部 正員 福本 武明

1. はじめに 砂質土の透水係数 k については、以前から多くの研究がなされているが砂の諸物性と k との関係など依然として不明な点が多い。そこで、本論文では日本各地から自然砂を採取し、それらに対し定水位透水試験を実施し、得られた結果に基づき、砂の透水性に関する詳細な検討を行ったものである。文中では、既往の透水係数算定式のうちで Taylor 式¹⁾に準拠して検討し、砂の透水係数とその影響要因との関係などについて幾つかの事柄を明かにしている。

2. 実験方法 試料は、Fig.1 に示す全国 27 ケ所の自然砂で、炉乾燥し 2.0mm ふるいを通過したものを用いた。透水試験は、独自に試作した定水位透水試験器を用い、飽和状態で、供試体の密度を 5 通りに変えて実施した。すなわち、今回は試料をまず緩詰めの状態にし、コーン回数を 0 回、1 回、3 回、10 回、40 回と変化させた。また、透水係数は温度補正し、 k_{15} を用いた。

3. 結果及び考察 一般に、Darcy の法則が成立する流れでは、Hazen-Poiseuille の式から下式の関係¹⁾²⁾が得られる。

$$k = C_s' \frac{\gamma_w}{\mu} \frac{e^3}{1+e} d_s^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 e ：間隙比、 d_s ：土粒子を均一球と仮定した場合の平均直径、 C_s' ：形状係数である。以下、(1)式の右辺を間隙要素 $e^3/(1+e)$ と土粒子要素 d_s^2 とに分解して k に及ぼす影響を分析する。

3.1 透水係数 k と間隙比 e の関係 先ず透水試験により得られた透水係数 k と間隙比 e との関係を Fig.2 に示す。図から明らかなように、片対数紙上でいずれも右上がりの緩やかな曲線になることが分かる。また、Fig.3 は透水係数 k の実測値と間隙要素 $e^3/(1+e)$ の関係を示したものである。この図から、各試料において両者の間にきれいな比例関係があることが分かる。なお、図中の直線は最小二乗法によって傾き M を求め原点から引いた直線である。

3.2 土粒子要素 d_s^2 と傾き M の関係 Fig.3 中の直線の傾き M を土粒子要素 d_s^2 と関係づければ Fig.4 のよう



Fig.1 実験に使用した試料の採取場所

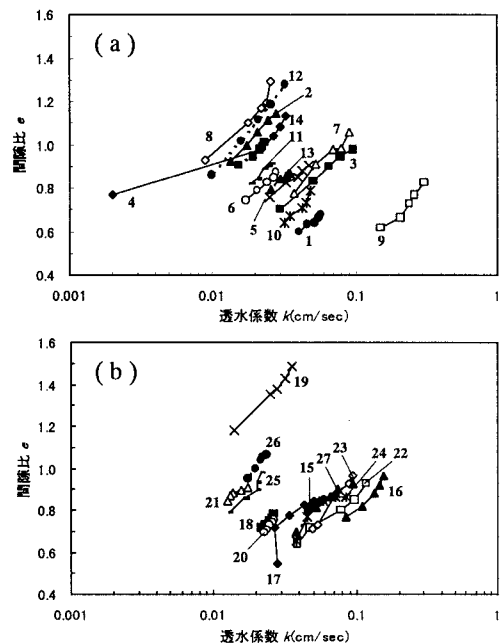


Fig.2 間隙比 e と透水係数 k の関係

になる。ここで、 d_s を著者らはふるい分け試験結果から比表面積 S_v を求め、次式より算定した。図から明らかなように、

$$d_s = \frac{6}{S_v} \quad \dots\dots\dots (2)$$

M は d_s^2 と濃い相関関係にあることが確認できる。なお、点群にばらつきが見られるが、これは粒子形状が各試料によって異なり、その影響を反映していることと思われる。

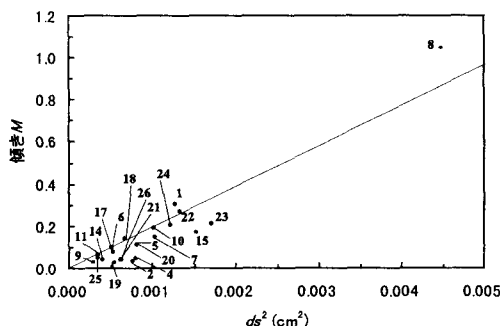


Fig.4 土粒子要素 d_s^2 と傾き M の関係

3.3 $d_s^2 e^3 / (1+e)$ と透水係数 k の関係 土粒子要素と間隙要素とを合わせた項 $d_s^2 e^3 / (1+e)$ と透水係数 k との関係を図示すれば、Fig.5 が得られる。図から両者の間に原点を通る直線関係が成り立ち、砂の種類によって直線の傾きが異なっていることが分かる。このことは、上述した粒子形状に関する係数 C_s' の影響が無視できないことを意味する。

3.4 C_s' の影響 Fig.5 中の直線の傾き N 、つまり、実質的に(1)式中の C_s' の影響を試料の粒子形状(A, B, C)と対比して示せばTable1 のようになる。表から、丸味のある砂ほど N の値が大きくなることが確認できる。なお、表中のA, B, Cは、砂の分類図³⁾に基づき、粒子形状を3分割して示したものである。

4. 結び

以上から、透水係数 k が間隙要素 $e^3 / (1+e)$ と土粒子要素 d_s^2 とに支配的影響を受けること、及び、透水係数に及ぼす粒子形状の影響も無視できないこと、等が判明した。

〔参考文献〕 1) Taylor, D.W.: Fundamentals of Soil Mechanics, John Wiley & Sons, Inc., pp.104-117, 1948

2) 社団法人土質工学会: 土質工学ハンドブック, p. 67-68, 1982 3) Fukumoto, T. and Sumisaki, N.: INVESTIGATION OF SHEAR CHARACTERISTICS OF NATURAL SANDS IN JAPAN, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol. 39, No. 1, pp. 113-120, 1999

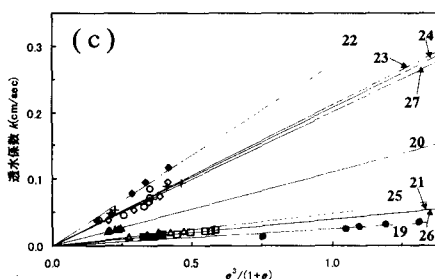
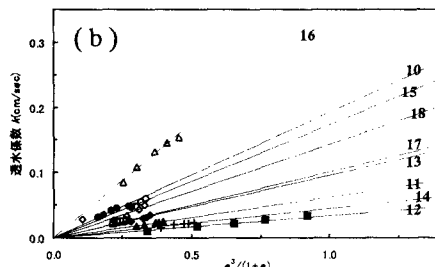
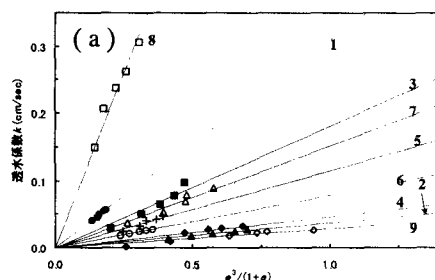


Fig.3 間隙要素 $e^3 / (1+e)$ と透水係数 k の関係

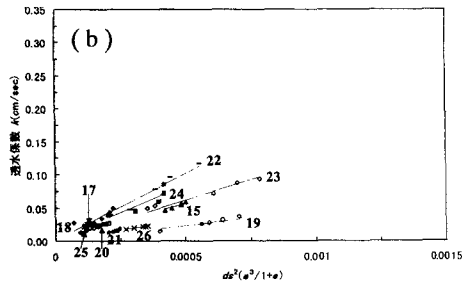
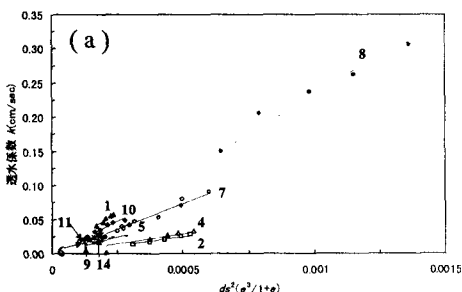


Fig.5 $d_s^2 e^3 / (1+e)$ と透水係数 k の関係