

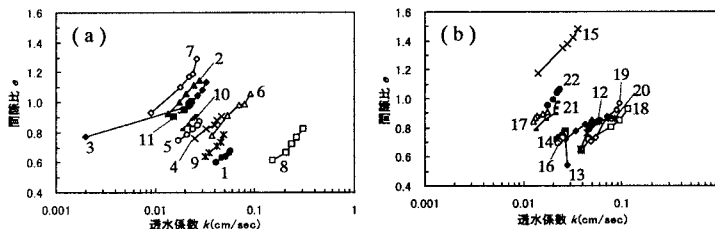
Ⅲ-A292 自然砂の透水性に関する検討

立命館大学大学院 学生員 ○藤田 俊司
 北居設計(株) 外山 竜大
 立命館大学理工学部 正会員 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、透水係数 k の特性を明示するとともに、 k に及ぼす種々の要因の影響を分析した。特に今回は、径深の影響に主眼を置いて検討したのでその結果について報告する。

2.実験方法 試料は、Fig.1 に示す全国 22ヶ所の自然砂で、炉乾燥し 2.0mm ふるいを通過したものを用いた。試料の物理的性質と粒径加積曲線については、それぞれ Table1 と Fig.2 に示した。透水試験は、独自に試作した定水位透水試験器¹⁾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、今回は透水試験用モールド内に、試料をまず緩詰め状態にし、それをセメント試験用フローテーブル上に置き、落下回数(落下高:1cm)を 0 回、1 回、3 回、10 回、40 回と変化させて締固めた。また、透水係数は温度補正し、 k_{15} を用いた。

3.実験結果 まず定水位透水試験により得られた試料の透水係数 k と間隙比 e の関係を Fig.3 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。

Fig.3 間隙比 e と透水係数 k の関係

一方、Table1 に示す $e_{\max}$ と $e_{\min}$ の値を用いて、砂の分類図²⁾³⁾上に本研究で用いた 22 種類の自然砂のデータをプロットすると、Fig.4 のようになる。この図上の位置により、粒子形状や砂の特性の違いなどをかなり明瞭に識別できるので、文中では粗く A 群、B 群、C 群に区分し、以後の考察の用に供することにする。



Fig.1 実験に使用した試料の採取場所

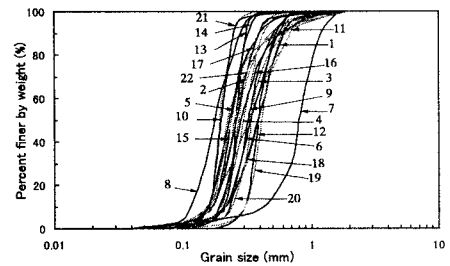


Fig.2 全国砂の粒径加積曲線

Table1 全国砂の物理的性質

試料番号	試料名	最小間隙比 $e_{\min}$	最大間隙比 $e_{\max}$	比重 G_s
1	網走砂	0.532	0.872	2.686
2	赤谷崎砂	0.786	1.245	2.708
3	磐井川砂	0.739	1.251	2.685
4	新潟西公園砂	0.851	1.056	2.700
5	佐渡砂	0.854	1.041	2.698
6	黒部川砂	0.891	1.166	2.703
7	気比松原砂	0.802	0.857	2.627
8	千曲川砂	0.842	1.410	2.730
9	中田島砂丘砂	0.535	0.885	2.722
10	南知多砂	0.885	1.051	2.632
11	木津川砂	0.713	1.203	2.661
12	兵庫井天浜砂	0.686	1.054	2.677
13	紀伊勝浦砂	0.630	1.010	2.715
14	鳥取砂丘砂	0.589	0.899	2.697
15	弓ヶ浜砂	1.047	1.622	2.698
16	岡山浜川砂	0.842	1.043	2.643
17	岡山岡崎砂	0.877	1.131	2.698
18	海の中道砂	0.599	1.180	2.683
19	肥後長浜砂	0.727	1.139	2.761
20	指宿砂	0.648	1.023	2.808
21	宮崎青島砂	0.715	1.180	2.683
22	沖縄海中公園砂	0.815	1.258	2.793

定水位透水試験 自然砂 透水性 径深

〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL 077-561-2731 FAX 077-561-2731

4. 砂の透水性評価への径深の利用 透水試験によって得られた k_{15} を間隙率で除した真の透水係数 k' を用いると、 k' は径深 R_H との間に式(1)のような関係⁴⁾⁵⁾にあることが知られている。式中、 ρ_w は水の密度、 η は粘性係数、そして、 C_s は間隙の形によって決まる形状係数である。

$$k' = C_s \frac{\rho_w}{\eta} R_H^2 \quad (1)$$

この両者の関係を図示すれば、Fig.5 のようになる。図から、両者の間に原点を通る直線関係が成り立ち、直線の傾きが砂の種類によって異なることが分かる。

ところで、径深 R_H は別途、式(2)⁶⁾で示されるように砂

$$\bar{d}_h = \kappa R_H \quad (2)$$

粒子間の間隙部分を粒子に見立てた、いわゆる間隙粒子の調和平均径 $\bar{d}_h$ に比例する量であり、透水性や通気性を支配する重要な量であることが明かにされている。⁶⁾式(2)中、 κ' は間隙粒子の形状係数である。これを式(1)に代入すれば、次式が得られる。このことから、飽和砂の透水係

$$k' = C_s' \frac{\rho_w}{\eta} \bar{d}_h^2 \quad (3)$$

数は結局、物理的に平均間隙径の2乗に比例することを意味することが分かる。

5. 砂の分類図との対応 Fig.5 中の直線の傾き M は、砂の特性を色濃く反映している。そこで、 M を算定し、最大間隙比 e_{max} に対してプロットすると、Fig.6 のようになる。図から明らかなように、 M と e_{max} との間にはほぼ直線関係が存在し、丸味のある砂ほど M の値が大きくなることが確認でき、かつ図上の3区分と Fig.4 の分類図のそれとが良く対応する。

6. 結び 以上から、透水係数が径深に支配的影響を受けること、及び、砂の分類図が全国砂の透水特性とも良く対応して実用性の高いものであること、等が判明した。今後は、さらに多くの自然砂の実験データを積み重ね、全国砂の透水特性の全容を明かにしてゆきたい。

【参考文献】1)藤田、外山、福本：砂質土の透水性評価に関する検討、土木学会関西支部、1999.5. 2)福本：砂の分類特性としての最大最小間隙比の効用、第37回土木学会年次講演概要集、pp.635～636、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 4)Taylor, DW: Fundamentals of Soil Mechanics, Chap.6 Permeability, John Wiley & Sons, Inc., pp.97～123, 1948 5)土質工学会編：土質工学ハンドブック、pp.67～68, 1982 6)福本：径深の地盤工学的意義とその活用、第34回地盤工学研究発表会、1999.7

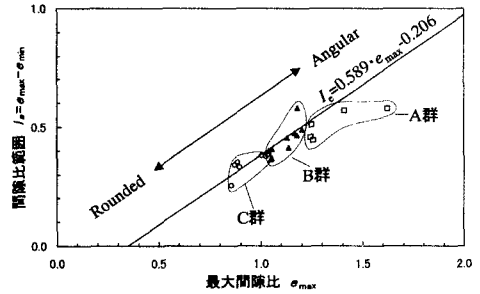


Fig.4 砂の分類特性

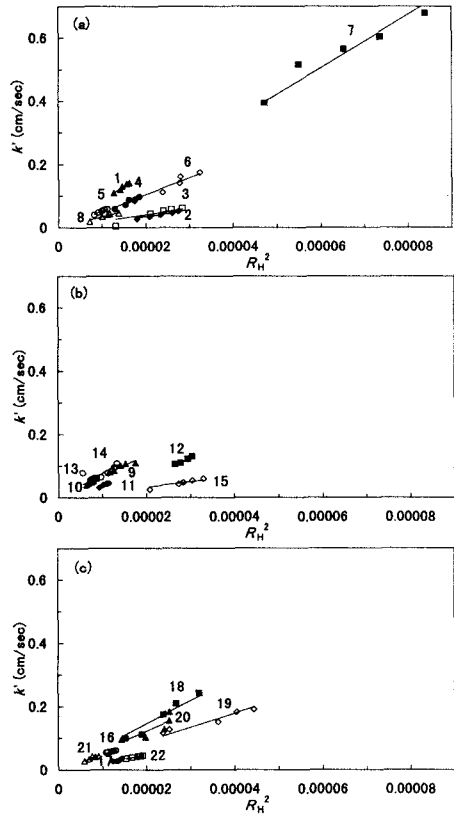


Fig.5 透水係数 k' と径深 R_H^2 の関係

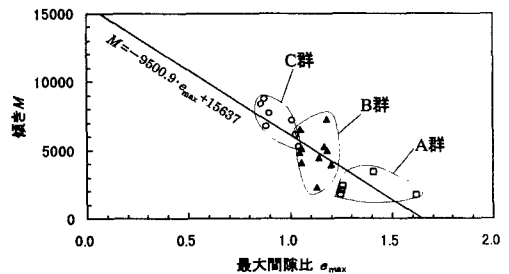


Fig.6 直線の傾き M と e_{max} の関係