

Ⅲ - A264

砂質土の透水係数の推定に関する研究（第2報）

株式会社 アイ・エス・シイ 正会員 ○乾 英隆*

岐阜工業高等専門学校 正会員 吉村優治**

1. はじめに

現在地盤の透水性の予測には、現場透水試験、室内透水試験、経験式による推定等の手法がとられている。現地盤の正確な透水係数が知りたい場合には現場透水試験による測定が最も望ましいが、多大な費用と人員を必要とするため透水性が大きな問題となるような地盤でしか行われていない。これに対し室内透水試験は現場で採取した試料を用いて極めて簡単な原理に基づいて試験を行い透水係数を測定するもので、自然の地盤の透水係数の推定には適していないがアースダムや堤防の堤体等の人工的な盛土構造物の透水係数の推定には多用されている。経験式については種々の式が提案されてはいるものの、個々の式に使用されている粒径、形状等の因子と透水係数との関係は明確にされておらず、式の推定精度も良好ではない。

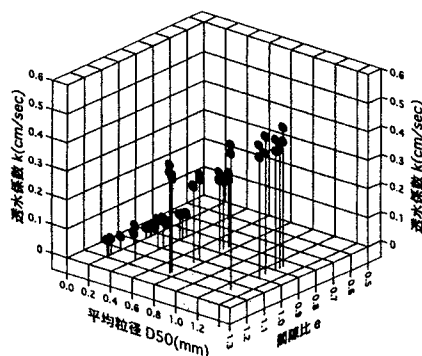
本研究では、平均粒径、均等係数、粒子形状および間隙比等の因子と透水係数との関係を明らかにするとともに、これらの因子を用い統計解析による透水係数の推定式の提案¹⁾を行う。また、細粒分、粗粒分の影響についても若干の考察を行ったものである。

2. 推定式の提案

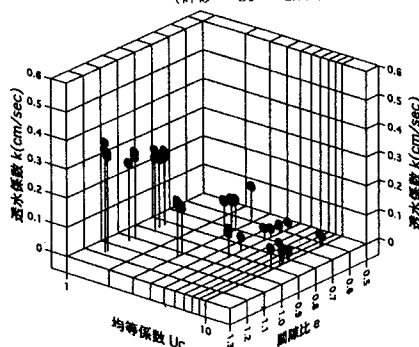
2.1 試験に用いた試料および透水試験結果

実験に用いた供試体は、0.075～2.0mmの粒子形状の異なるGlass Beads、豊浦標準砂、木曽川砂、砕砂の4種類を平均粒径 $D_{50} = 0.202 \sim 1.28\text{mm}$ 、均等係数 $U_c = 1.32 \sim 10$ に人工的に粒度調整した種々の試料を、異方性のないよう棒で突き固めて作成したものである。なお形状の定量化には凹凸係数 FU ²⁾を用いる。

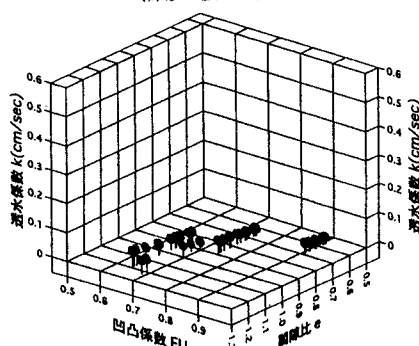
図-1は、透水係数 k と間隙比 e および一次性質（ D_{50} 、 U_c 、 FU ）の関係の一例を示したものである。なお、各図の比較を容易にするために縦軸（透水係数 k ）、 x 軸（間隙比 e ）スケールを統一してある。 k は、 D_{50} の増加、 U_c の減少に伴い増加しており、 FU にはほとんど影響を受けないことがわかる。また、 k はいずれの関係とも、 e の増加に伴い増加している。なお、これまでの研究結果³⁾から e と FU 、 U_c の間には相関があることが判明している。



(a) 透水係数と間隙比、平均粒径の関係
(砕砂: $U_c = 1.32$)



(b) 透水係数と間隙比、均等係数の関係
(砕砂: $D_{50} = 0.745\text{mm}$)



(c) 透水係数と間隙比、凹凸係数の関係
($D_{50} = 0.202\text{mm}$, $U_c = 1.32$)

図-1 透水係数と各因子の関係

Key Word : Permeability, Sandy Soil

* 〒460 愛知県名古屋市中区千代田5-20-10 文岡ビル4F TEL(052)261-5765 FAX(052)261-0824

** 〒501-04 岐阜県本巣郡真正町 TEL(058)320-1401 FAX(058)320-1409

2.2 統計解析結果

図-1の実験結果に基づけば、透水係数 k (cm/sec) は以下のような重回帰式により予測できる (D_{50} の単位は mm) .

$$k = 0.359D_{50} - 0.201\log U_c + 0.0857e^2 + 0.120FU - 0.159 \quad (\bar{R}=0.941) \quad \cdots \cdots (1)$$

$$k = 0.360D_{50} - 0.021\log U_c + 0.0508e^2 - 0.0454 \quad (\bar{R}=0.935) \quad \cdots \cdots (2)$$

$$k = 0.356D_{50} - 0.226 \log U_c - 0.0418FU + 0.0250 \quad (\bar{R}=0.919) \quad \cdots \cdots (3)$$

自由度調整済み重相関係数 $\bar{R}$ の値が最も大きくなるのは、式 (1) の全ての説明変数を含んだ回帰式である。ただし、 e と FU には強い内部相関がある³⁾ ので、この式 (1) から FU の項を除いた式 (2) は推定精度はほとんど変化しておらず、また、 e の項を除いた式 (3) も $\bar{R}$ は若干小さくなるにすぎない。しかし、同じく e と相関のある U_c を除くと $\bar{R} = 0.712$ と精度が落ち、 U_c は e だけではなく透水性にも直接影響を与えることを示している。また、 D_{50} を除いた場合は $\bar{R} = 0.124$ と推定精度は急激に減少する。偏相関係数の比較により、透水係数 k に最も大きく影響をおよぼす因子は D_{50} であり、 U_c 、 e 、 FU の順にその影響は小さくなることも明らかになった。したがって、透水係数 k は既知の物理量 (D_{50} 、 U_c 、 FU 、 e) に応じて、式 (1) ~ (3) を使うことにより、予測が可能であることが確認できた。

3. 細粒分および粗粒分の影響

本研究では細粒分の透水係数 k への影響を調べるために砕砂の平均粒径 $D_{50} = 0.202\text{mm}$ 、均等係数 $U_c = 1.32$ の試料に細粒分（砕砂の 0.075mm 以下の試料）を混入し細粒分含有率 $FC = 5, 10, 15\%$ の3種類の試料を準備する。また粗粒分の影響を調べるために砕砂を用いて $U_c = 1.32$ で D_{50} が 1.28mm 以上の試料を準備する。

図-2および図-3は、間隙比が同程度の砕砂について、 k と細粒分含有率 FC の関係および k と D_{50} の関係を示したものである。 k は FC の増加に伴い指数的に減少し、また、粗粒分を含む場合には D_{50} の増加に伴い指数的に増加しているのがわかる。2. では D_{50} は一次関数的に透水係数に影響することを示したが、この試験結果を考慮すると、粗粒分を含む場合には k を D_{50} の一次関数として回帰することは不適当であり、 k は粒径の増加に伴って著しく増加することが明らかになった。

4. おわりに

本研究では、砂質土の透水性という非常に多くの要素が影響をおよぼすであろう現象について、粒子寸法、粒度分布、粒子形状、細粒分含有量、粗粒分含有量、間隙比等それぞれの因子に対してどのような影響を受けるのかを検討した。そして、純粋な砂に関しては極めて限られた条件下ではあるが、精度の良い透水係数の予測式を提案した。しかし、この推定式を実際の地盤で適用できるように拡張するためには、3. でも検討した細粒分、粗粒分の影響、あるいは飽和状態、異方性、攪乱の程度などまだまだ多くの因子を考慮する必要がある。

参考文献： 1) 乾英隆・吉村優治：砂質土の透水係数の推定に関する研究，土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp.493～494，1997.3. 2) 吉村優治・小川正二：砂のような粒状体の粒子形状の簡易な定量化法，土木学会論文集，No.463/Ⅲ-22，pp.95～103，1993.3. 3) 乾英隆・吉村優治・小川正二：砂の一次性質と最大・最小間隙比の関係について，土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp.391～392，1996.3.

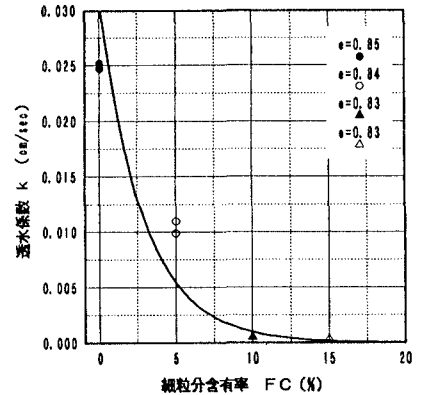


図-2 透水係数と細粒分含有率の関係

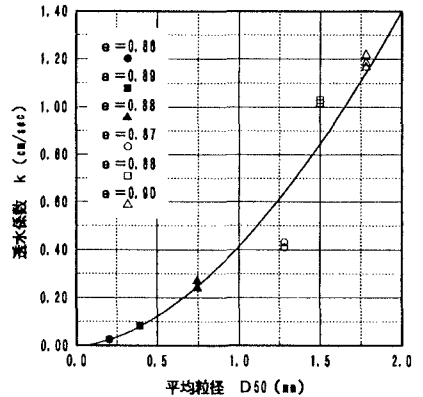


図-3 透水係数と平均粒径の関係