

東海大学工学部 正員 稲田 信穂
東海大学大学院 正員 太田 正彦
東海大学大学院 学生員 ○本間 重雄

1. まえがき

地下水を扱う土木工事の現場においては概略値でもよいから透水係数を知りたいことも多く、またサンドマット、ドレーン等の材料の適否を判定するにあたって、土の透水性をその物理量から判断する必要にせまられることもしばしばである。このような実用目的に対して求められる透水係数の決定方法は、多少の精密さを犠牲にしてもより簡便であることが第一に望まれる。砂質土の透水性を粒度や間ゲキ比などの特定の物理量と関連づけて説明しようとする試みはこれまでも数多くなされており各種の実験式も提案されているが、それらは比較的均一な粗砂に対するものがほとんどである。そこで粒度特性、粒子形状の異なる数種の試料を用いて実施した透水試験結果をもとに、最も簡便な透水係数推定方法の一つである Hazen 式を微細土粒子を混入した一般的な砂質土に適用する場合の留意点、限界等を実験的に考察した。

2. 実験の概要

実験装置は正確な動水勾配の把握、試料充填状況の一様性の確認などを考慮して図-1 に示すような定水位透水試験装置を用いた。透水管内壁には標準砂を張り付けて水みちの発生を防止するとともに、フィルターには 105μ 金網の内側に酢酸ビニールスポンジ (80~100 番) 製のポーラス材を重ねたものを用い、充填試料端部からの微細土粒子の流出を防止した。試料の充填はエアの混入を極力避けるため、あらかじめ満水した透水管の中に試料を徐々に落下させて均等に突き固めながら充填する水締め方式を採用した。突き固めは一つの試料につき数回変えて行ない、数種の間ゲキ比の供試体が得られるようにした。

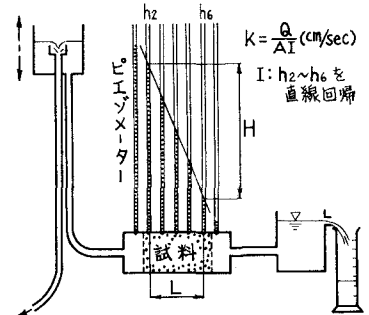


図-1

試料は図-2 に示すような粒度分布を有する I, II, III 群の計 18 種類を用意した。I 群の試料は相模川流域の寒川浄水場から採取した砂、標準砂、海成粘土を $4.76 \sim 0.074 \text{ mm}$ 標準網フルイでふるい分けてそれぞれ均一粒径 ($U_c < 2$) の 6 種の試料とした。II 群の 7 種の試料は I 群の均一粒径砂を人工的に配合し、これに 74μ 以下の細粒分を 2~30% 計画的に混合して粒度調整したものである。III 群は I, II 群で求められた関係の自然条件下における妥当性を確かめるためのもので、陸砂、海砂、浄水場砂など現場から採取したままの粒度分布をもち、粒子形状の異なる 5 種の試料である。

透水係数はダルシー則にもとづいて算出し水温の差異による水の粘性を考慮して 15°C における透水係数 k_{15} に換算した。

透水係数はダルシー則にもとづいて算出し水温の差異による水の粘性を考慮して 15°C における透水係数 k_{15} に換算した。

3. 結果と考察

図-3 は実験で用いた全ての試料について加積曲線の 10% 粒径 D_{10} と各突き固め状態で得られた透水係数の関係をプロットしたものの

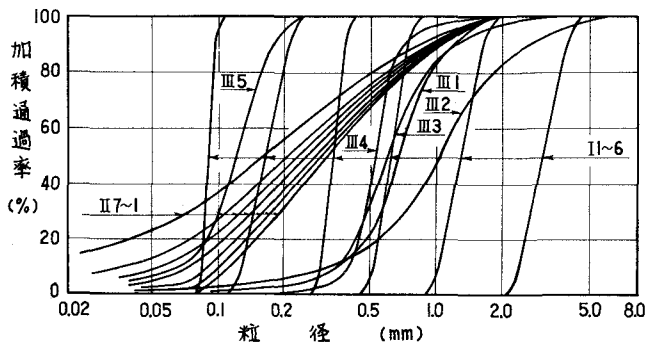


図-2

である。I群の均一粒径の試料では間ゲキ比はほぼ同一の値をとる傾向があるが、 D_{10} と K_{15} の間には図中破線で示したように明らかな直線関係が認められ、 K_{15} は D_{10} のほぼ1.8乗に比例している。均一でない他の試料でもほぼこの直線付近に集っているが、II群の74 μ 含有量の多い試料では D_{10} が74 μ 付近を境として透水係数は急に減少する傾向がある。すなわち D_{10} と K_{15} との間に直線関係が成立するとみなせるのは D_{10} が74 μ 付近、言い換えれば74 μ フルイ通過率が10%程度の砂質土までが限度のようである。これより D_{10} が小さくなると相対的に細粒分の増加の影響をうけて透水係数は大きく低下しているものと考えられる。したがってI群のような均一砂では有効径 D_{10} を用いてかなり正確な透水係数を推定できるが、74 μ フルイ通過率が10%以上の土、すなわち土質分類上、シルト質砂、シルト混り砂などに対しては細粒分の含有率の影響を考慮する必要がある。

透水係数には非常に小さい粒径の土粒子の影響が支配的であることから具体的に細粒分との関係を明らかにするため、細粒分の含有量を74 μ フルイ以下の土粒子の試料全体に対する含有率 U_{74} で表わし、透水係数との関係としてまとめてみると図-4のようになる。図中×印は文献(1)から参考値として引用したものである。 U_{74} の増加に伴って透水係数は大きく減少してくる傾向がみられ、特に微細土粒子を含まない状態から含んだ状態に移行する領域の近傍ではその傾向が著しく、微細土粒子のわずかな混入によって透水係数は大きく減少するようである。この傾向は $U_{74} < 10\%$ の砂質土において D_{10} から透水係数を推定しようとする場合注意を要する点であろうと思われる。粒径から透水係数を求めるHazenの公式は一般に(1)式で示される。

$$K = C \cdot D_{10}^2 \quad (1)$$

ここに D_{10} : 有効径 (cm) C : 形状係数 (60~150)

今、本実験値に対して(1)式による極大値と極小値を重ねてみると図-5のようになる。図中の破線は実験値による回帰直線である。Hazenの公式による透水係数と D_{10} の関係は実験から求められた関係よりも若干急勾配となるが、Hazenの極大値と極小値によってカバーされる領域は実験で用いた砂質土の透水係数を十分実用に耐えうる精度で推定できているものと思われる。ただし74 μ 含有率が10%をこえて増加していくにしたがい実験値がしだいにHazen式から離れていく傾向がみられる。以上の点を考慮すれば74 μ 含有率が10%程度未満であるような砂質土の透水係数推定に対して、Hazen式は十分実用に供することができるとと思われる。

4. あとがき

実験結果をもとにHazen式の実用面への適用性を検討したが要約すると

- (1) D_{10} は比較的均一な砂についてはかなり正確な推定値を与える
- (2) 微細土粒子の透水係数に与える影響は非常に大きい
- (3) Hazen式は74 μ 含有率が10%程度までの砂質土に対しては十分実用に耐えうる精度で透水係数を推定できる などである。

参考文献: 1) 土の透水性に関する一考察, 土と基礎 Vol.17, No.5 (1969)

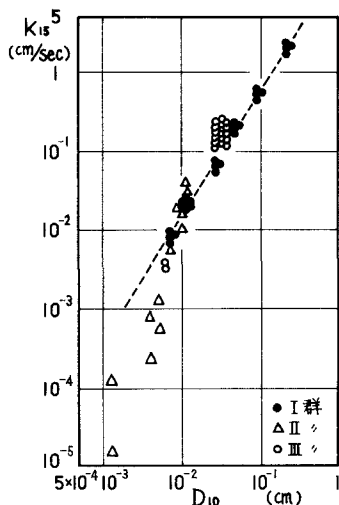


図-3

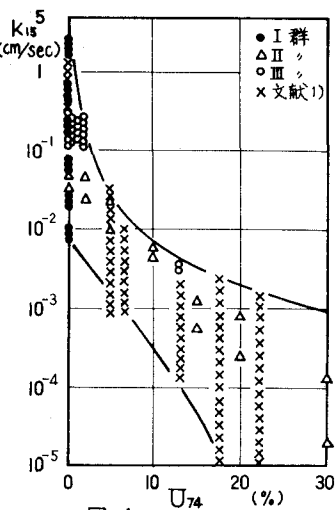


図-4

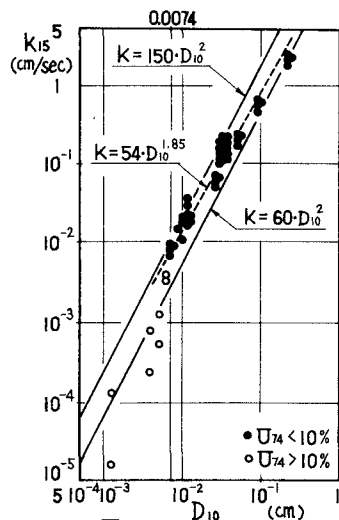


図-5