

京都大学 工学部 松尾 新一郎
立命館大学理工学部 ○ 福本 武明

1 緒言

前報¹⁾では、マサ土の粒度配合を9通りに変えて(図-1参照)、透水性におよぼす粒度の影響を調べ、最適含水比時の透水係数 k_{opt} と試験後の粒径加積曲線から計算した比表面積 $(S'_{sw})_{opt}$ との間に、(1)式の関係があることを報告した(図-2参照)。

$$(k_s)_{opt} = \lambda \cdot (S'_{sw})_{opt}^{-\mu} \dots\dots\dots (1)$$

本報では、非破砕性土の代表として選んだ石英質河川砂と、前報のマサ土と全く同じ粒度配合・試験条件下で締め固め(JIS A 1210)および透水試験(JIS A 1218)を実施し、両材料で得られた試験結果をよりとくに巨視的立場から、マサ土の透水性におよぼす粒子破砕の影響を検討する。なお、文中ではマサ土の最適含水比時に焦点を合わせて考察を進めよう。

2 “無破砕状態”の透水係数の推定

マサ土で測定される透水係数の値は、すでに粒子破砕の影響を含んだ値である。したがって、粒子破砕に伴う透水性の低下の程度を見積もるためには、マサ土と同一物性を保有しなから粒子破砕を発生しない状態での仮想上の透水係数 $(k_0)_{opt}$ [以後、“無破砕状態”の透水係数と呼ぶ]を推測する必要がある。

そこで、まず“無破砕状態”のマサ土の乾燥密度 γ'_d を(2)式で推定する²⁾。ここに、

$$\gamma'_d = M \cdot \gamma_{ds} \dots\dots\dots (2)$$

Mは秤量補正係数、 γ_{ds} はマサ土の最適含水比に相当する含水比時に石英質河川砂で測定される乾燥密度である。つまり、

(2)式の γ'_d を間接比 e_0 に換算し、次式*に代入すると、所望の“無破砕状態”の透水係数 k_0 が求められる。ただし、式中の S'_{sw} は破砕前の比表面積であり、Kは破砕後の値を代入する。

$$k_0 = \frac{1}{K \cdot S'_{sw}} \frac{e_0^3}{1 + e_0} \dots\dots\dots (3)$$

このように方法で求めた $(k_0)_{opt}$ と、石英質河川砂で同じ含水比で測定した透水係数の値 $(k_s)_{opt}$ との相関性を調べると、

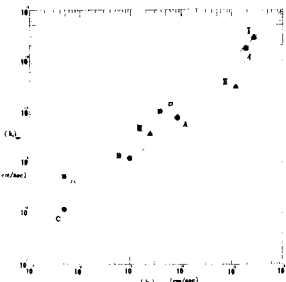


図-3 $(k_0)_{opt}$ と $(k_s)_{opt}$ の相関性

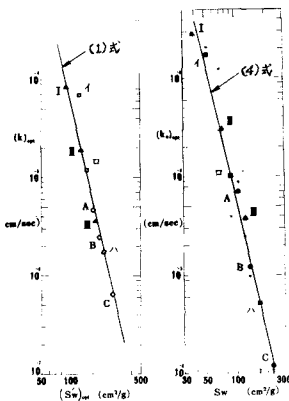


図-2

図-4

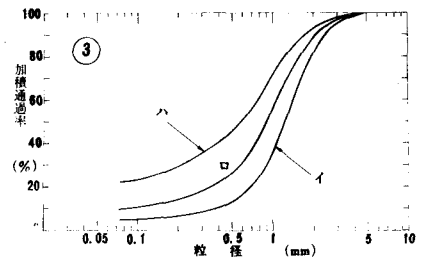
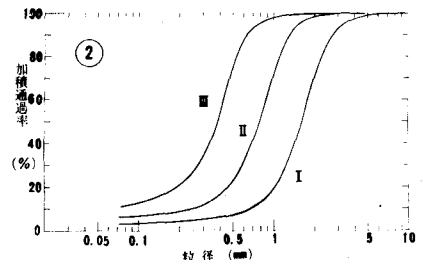
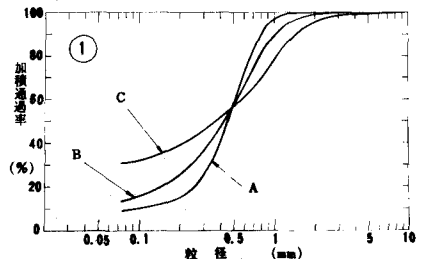


図-1 試料の粒径加積曲線

* Kozeny-Carmen 式と同形

図-3のようになる。図中の点群は必ずしも45°の線に集結しているとはいえないが、この程度の隔りは透水係数の測定精度などと同様すなわち、許容できるものと見てよさそうに思われる。

3 粒子破碎に伴う透水係数の低下度の推定

上記の方法で求めた $(k_0)_{opt}$ と、図-1の初期粒度から算出した比表面積 S_w に対してプロットすると、図-4に示すように両対数紙上で直線となる。しかも、奇妙なことに図-2の直線と完全に一致する。このことから、次式の表現が得られる。このように、マサ土の透水係数と粒度との間には、「無破碎状態」の場合(図-4)にも破碎後の場合(図-2)にも、驚くほど整然とした規則性が認められる。

$$(k_0)_{opt} = \lambda \cdot S_w^{-\mu} \quad \dots (4)$$

いま、図-2と図-4を重ねて描くと図-5が得られる。この図から、粒子破碎に伴う粒度変化(比表面積の変化)と透水係数の変化の様子が同時に、しかも鮮明に察知できる。すなわち、図中の黒ぬりの記号は「無破碎状態 $[S_w, (k_0)_{opt}]$ 」、空白の記号は破碎後の状態 $[(S_w')_{opt}, (k)_{opt}]$ を示しており、その間を矢線で結んでいる。矢線の方向は粒度の如何を問わず常に直線上で下方に向き、矢線の長さは下方に位置するものほど短かくなる。このことは、比表面積の大きい土ほど粒子破碎に伴う透水係数の低下度が小さいことを示すとともに、その行く先には粒子破碎の影響を考慮しなくてはならない領域(粒度範囲)が存在することを暗示している。

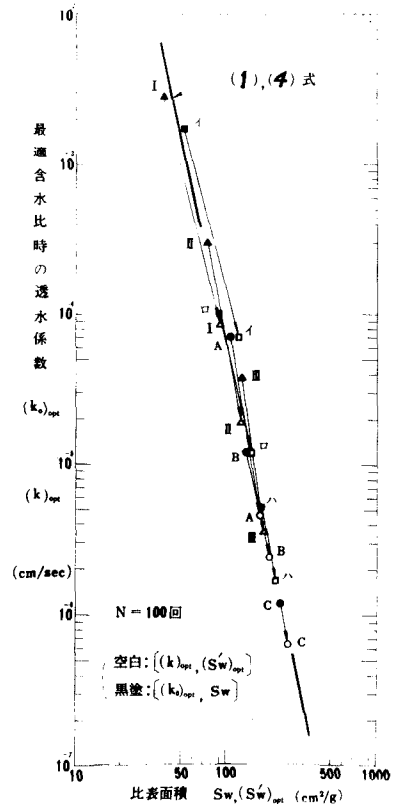


図-5 粒子破碎に伴う k と S_w の変化状況

このように、粒子破碎に伴う比表面積の増大と透水係数の減少は常に一定の方向性をもってバランスよく行なわれる。このことを、式表示すれば、(1)式と(4)式の関係と尊重して次式のように書くことができる。

$$\left(\frac{k}{k_0}\right)_{opt} = \left(\frac{S_w'}{S_w}\right)_{opt}^{-\mu} \quad \dots (5)$$

今回の実験データを(5)式の形に再整理して示したものであり。

以上のことから、マサ土の最適含水状態における透水係数の低下度は(5)式から求められ、すなわち、式中の係数 μ が既知ならば、破碎前・後の粒度分析より土粒子比表面積比 (S_w'/S_w) を求めることによって直ちに推定できることになる。

4 結 言

同一粒度、同一試験条件下におけるマサ土と石英質河川砂の比較実験結果に基づいて、マサ土の透水性におよぼす粒子破碎の影響を最適含水比時に注目して考察したところ、つぎのような事柄が判明した。

- (1) マサ土の透水係数と粒度(比表面積)との間に、両対数紙上で直線関係が成り立つ。
- (2) 粒子破碎に伴う比表面積の増大と透水係数の減少は、常に同一ユニークな状態を指し、バランスよく行なわれる。
- (3) 粒子破碎に伴う透水係数の低下度は、(5)式を用いて推定できる。

なお、以上の知見が広範な含水域に拡張して適用できるかどうかの目下検討中である。

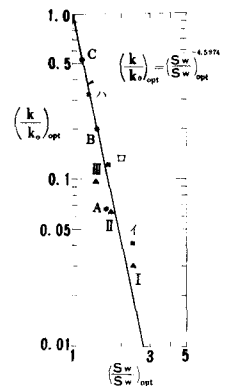


図-6

参考文献 1) 松尾福本(1975): マサ土の透水性に関する一考察, 土木学会第30回年次学術講演会概要集, III, pp. 406~407
2) 松尾福本(1976): マサ土の構造特性に関する一考察, 第11回土工学研究会報告, pp. 439~442