

III-21

表面侵食に対するしらすの抵抗力評価式の検討

日本大学工学部 正員 梅村 順・正員 森 芳信

1.はじめに しらすの工学上最大の問題はその侵食性であり、表面侵食に起因した斜面崩壊が毎年のように発生していることは周知のことである。表面侵食は斜面の形状を変化させ、結果として斜面が不安定化して崩壊に至ることから、表面侵食をシミュレーションができれば、防災上有効であると考え、そこで本文では、これまで著者らが行った実験結果に基づき、侵食現象を数式化することを試みた結果について述べる。

2.しらすの粒度特性と表面侵食機構 しらすの侵食性に関して定性的に、しらすが軽石質土粒子から構成されることがしばしば挙げられる。図-1はそのことを考慮し、従来の粒度特性を土粒子の密度に着目して表した一例である。しらすは水中にて攪拌、沈降させると、土粒子の密度にしたがって明瞭に2~3種類の土粒子に分割でき、構成する土粒子全てが軽石質ではないことがわかった。また、これらの土粒子個々について水平方向の水流での流れ始めるときの掃流力（以下、限界掃流力という） τ_{dc} は図-2の通りであった。侵食の主因とされている密度小の土粒子は体積割合で20~30%程度含まれ、これらは粒径に依らず、ある掃流力に達すると流出することがわかった。

より原位置に近い侵食現象を調べるために、図-3に示す粒度特性の供試体を対象に、幅広矩形管路で侵食実験を行った結果の一例が図-4である。侵食されて流失する土粒子を詳細に調べたところ、いずれの供試体でも掃流力を増加させ、最大粒径 D_{100} の密度大の土粒子が流出し始めると、侵食が継続する結果になった。この結果から表面侵食機構を、図-5に示すように、掃流力が小さい

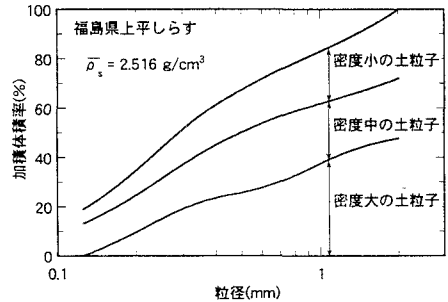


図-1 軽石質土粒子を考慮したしらすの粒度特性の表記例

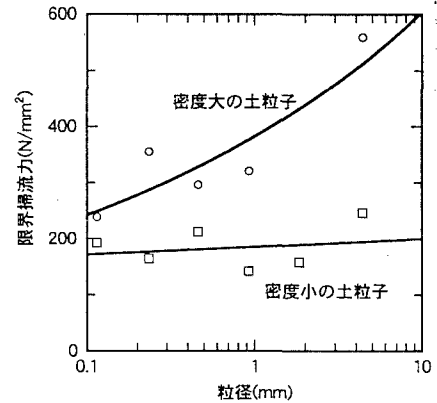


図-2 しらす土粒子個々の限界掃流力

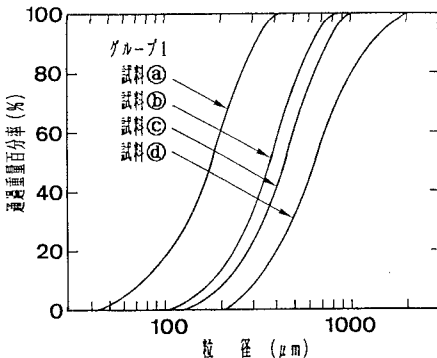


図-3 侵食実験供試体の粒度特性

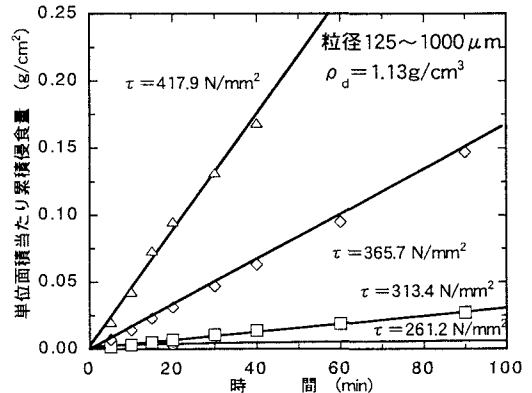


図-4 侵食実験結果の一例

ときには密度小の土粒子や粒径の小さな密度大の土粒子など限界掃流力の小さな土粒子が流出し、表面付近が相対的に限界掃流力の大きな密度大の粗粒子に覆われ侵食に対して抵抗力を発揮するが、掃流力が大きくなってこれら粗粒子が流出するようになると抵抗力は発揮されなくなると推定した。

3. 表面侵食に対するしらすの抵抗力と表面侵食の数式化の検討 上述した機構から、表面侵食に対するしらすの抵抗力の最大値は、最大粒径の密度大土粒子の限界掃流力と密接に関係していると考えられた。そこで図-4に一例を示した侵食実験結果から、侵食が継続して生じるようになる最小の掃流力を侵食実験での限界掃流力 τ_c として、最大粒径密度大土粒子の限界掃流力 τ_{dmax} と比較したのが図-6である。両者にはよい相関関係が認められ、上述の機構の妥当性を裏付ける結果となった。この関係を直線関係と見なし、

$$\tau_c = m\tau_{dmax} + n \quad \dots (1)$$

とおいて係数 m 、 n を求めると、本文で検討した実験では $m=0.86$ 、 $n=-55.2$ となった。これらの係数は、供試体の粒度特性、土粒子密度特性などの物性の他、間隙比などに影響されると考えられる。

ついで、表面侵食のシミュレーションのために、侵食実験結果に変化速度モデルの適用を試みた。すなわち、単位面積当たりの累積侵食量 $w(t)$ は、

$$\begin{cases} w(t)=bt & (\tau > \tau_c) \\ w(t)=\frac{b}{a}(e^{at}-1) & (\tau \leq \tau_c) \end{cases} \quad \dots (2)$$

で表すことができるとした。 $\tau > \tau_c$ のとき、図-4に示すように、 b は τ の関数と見なすことができ、また $\tau \leq \tau_c$ のとき、上述した機構に関して、水理学では掃流力に起因して相対的に最大限界掃流力をもつ粒子が多くなる層を交換層と呼び、その厚さとして最大粒径を考えるので、本文でもそれに倣い、

$$\frac{b}{a} = \frac{1}{1+e} \rho D_{smax} \quad \dots (3) \quad b = k \frac{(\tau - \tau_c)}{g} \quad \dots (4)$$

と仮定して、(2)式で計算を行った。実験結果から $k=25$ を得、図-7には計算の結果と実験で得た結果を示した。揭示変化の傾向は類似したものとなったが、累積侵食量の絶対値は異なった。上述の機構を考慮すると、 τ_c 以下では密度小の土粒子が卓越して流出するが、(3)式ではそれが考慮されておらず、その影響が現れたためと考えられた。(4)式での係数 k の意味、および、(3)式で土粒子の密度を考慮できていない点に問題が残されているが、変化速度モデルで侵食現象をうまく表現できそうであることがわかった。

参考文献 1) 梅村ほか：表面流によるしらすの侵食特性、九大工学集報、Vol.64、No.6、pp.533-540、1991。

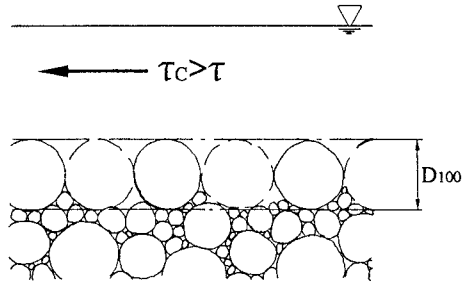


図-5 しらすの侵食機構模式図

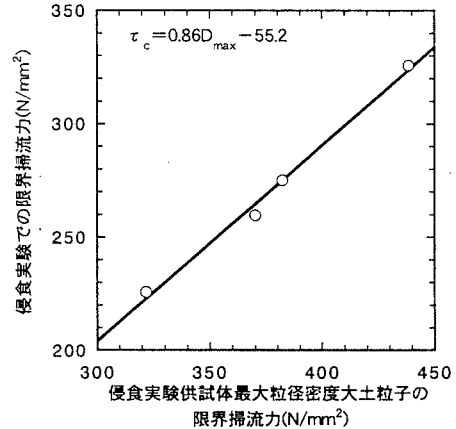


図-6 土粒子個々の限界掃流力と侵食実験での限界掃流力の関係

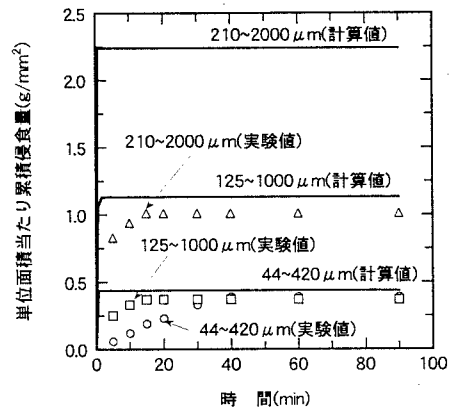


図-7 侵食限界掃流力以下のときの累積侵食量の計算値と実験値の比較