

表面流によるしらすの侵食に関する実験

九州大学工学部 学○大津敏郎 同 正 落合英俊

〃 正 林 重徳 〃 学 古川幸則

1. まえがき

しらす特殊土と呼ばれる理由の一つは、しらすが流水（地中浸透流や地表面流）によって非常に侵食されやすい特性を持っているためである。これまでも、しらす台地の宅地造成地やしらすによる盛土斜面において侵食が大きな問題となってきたが、その侵食機構は十分解明されておらず、まして効果的な対策工法が確立されているとは言えない。本研究では、新たに作製した矩形管水路の実験より得られた摩擦速度を用いて、個々の粒子の移動特性を評価し、表面流による侵食のメカニズムを検討した。

2. 実験試料

試料は、鹿児島市内のニュータウン造成地において採取したしらすを用いた。試料の粒径加積曲線を図-1に示す。実験では、3種類の粒径 $74\mu\text{m}\sim 88\mu\text{m}$ 、 $210\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$ 、 $840\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$ にふるい分けた試料を用いた。また、しらすは同粒径でも比重の異なる粒子が混在するので¹⁾、それぞれをボイリングすることによりさらに比重ごとに分級した。ここでは、比重差が大きかった $840\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$ の粒径のみ2種類に分級し、他の粒径は、比重差が小さかったので、そのまま用いた。表-1に各粒径ごとの比重を示す。以下試料については、表中の番号で示す。

3. 実験装置及び実験方法

表面流による粒子の移動特性を調べるために、図-2に示すような、水路勾配 θ を任意に変化できる矩形断面（縦1cm×横10cm）の管路を作製した。管路とすることで、開水路の実験にともなう水深誤差や流速の設定の困難などを解消でき、安定した実験を行なうことができた。装置は、上流に設けられたバルブを調節することにより、管路内に任意の水頭差を与え、マンノメーターによりその水頭差を測定できる。管路内上下面には、粒子を貼付けて粗度を与え、各試料ごとに貼りかえた。実験は、水に浸した試料を2mmの厚さで水路底面に敷き詰め、水頭差を徐々に付けることで流速を上げてゆき、粒子が動き出す時の水頭差 $\Delta h(\text{cm})$ を測定した。各試料

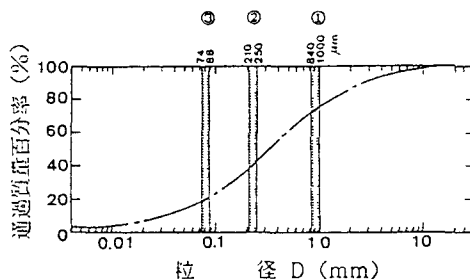


図-1 粒径加積曲線

表-1 試料番号と粒径及び比重

試料番号	粒径	比重
①-(1)	$840\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$	2.67
①-(2)	〃	1.39
②	$210\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$	2.44
③	$74\mu\text{m}\sim 88\mu\text{m}$	2.50

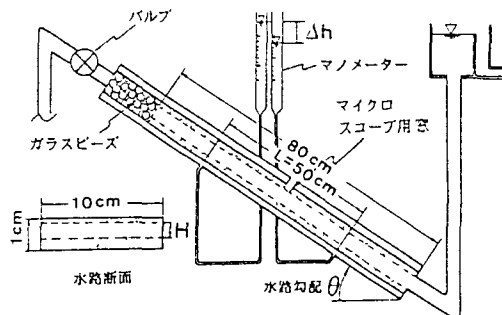


図-2 実験装置

ごと同じ条件で15～20回の測定を行なった。粒子の動きは、水路中央に設けた直径1cmののぞき窓からマイクロスコープを使って観察し、そこでの動きを全体の代表とした。

4. 摩擦速度の算定式

水が斜面上を流れると、その底面には流水によるせん断応力が働く。そこに働くせん断応力がある一定の値を越えると、粒子が移動を始める²⁾。本研究では、このせん断応力を速度の次元で表わした摩擦速度 u_* を、粒子の移動限界の評価パラメーターとし、次式より算定した。

$$u_* = \sqrt{(H/2) g I} \quad (\text{cm/s})$$

ここに、 H ：粗度粒子と試料の厚さを差し引いた水路の実水深（cm）

I ：動水勾配（ $=\Delta h/L$ ） g ：重力加速度（ 980cm/S^2 ）

5. 実験結果及び考察

図-3は、水頭差と粒子の移動個数の関係を表したものである。試料粒子の移動限界として、(1)1個動く、(2)3~5個動く、(3)10~15個の3つの状態に分け、それぞれの状態における水頭差を測定した。縦座標は(1)~(3)のそれぞれの状態における粒子の平均個数を、円の大きさは測定値の頻度を表している。水頭差がある領域を越えると、粒子の移動個数が急激に増加するのがわかる。ここでは、図-3-(1)のようにプロット点に基づき曲線を描き、変曲域前後の2つの直線部分を延長して交点を求め（図-3-(2)）、その時の水頭差（ Δh_{mc} ）を用い、上式により算定される摩擦速度を移動限界速度 u_{*mc} とした。

図-4は、移動限界速度 u_{*mc} を粒径、比重、水路勾配 θ について整理したものである。 $u_{*mc}=0$ における水路勾配は、水頭差の無い状態で水路を傾けていった時、粒子が動き出すときの勾配である。移動限界速度

は、水路勾配が $35^\circ \sim 40^\circ$ 付近までは直線的にゆるやかな減少を示し、さらに勾配が増加すると急激に低下する。すなわち、粒子の移動限界速度は、水路勾配が $35^\circ \sim 40^\circ$ 付近までは、勾配の影響をあまり受けないといえる。

粒子比重がほぼ同じである試料①-(1)、②、③の3種類を比較すると、粒径が小さいほど移動限界速度が小さいことがわかる。特に、細粒分（試料②、③）では、比重より粒径の影響が卓越しており、この範囲の粒子は粒径が小さいほど流れやすいといえる。同粒径の試料①-(1)と①-(2)を比較すると、比重の違いによりかなり

異なる移動限界速度を持つことがわかる。特に粒径 $840\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ の粒子でも軽い粒子（試料①-(2)）は、その1/10以下の粒径である $74\mu\text{m} \sim 88\mu\text{m}$ （試料③）の小さな粒子とほとんど同じ様な移動限界速度しか持っていない。これらの粒子が表面流によって移動され、侵食が進行・拡大して行くものと考えられる。

6. まとめ

- 1) 粒子の移動限界速度は、斜面勾配が $35^\circ \sim 40^\circ$ 付近までは勾配の影響を余り受けないが、それ以上の勾配になると急激に低下し、粒子は流れやすくなる。
- 2) しらすは、粗粒分でも比重の小さな粒子が1/10以下の粒径の小さな粒子以上に流れやすく、これらが表面流によって侵食されやすい原因の一つとなっている。

参考文献

- 1) 山内、林：「しらすの侵食特性」九州大学工学集報、第56巻、第5号(1983)
- 2) 岩垣「限界掃流力に関する基礎的研究」土木学会論文集、第41号(1956)

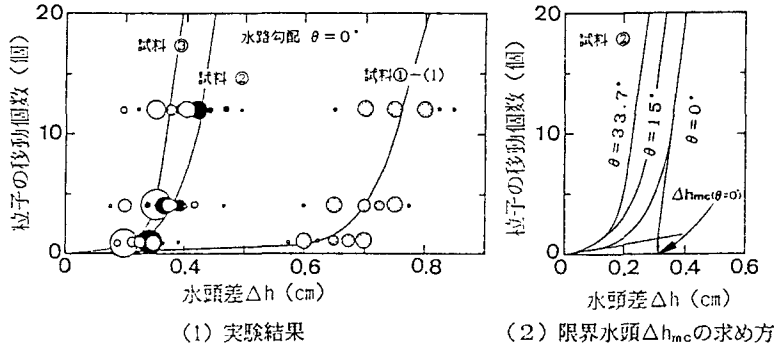


図-3 水頭差と粒子の移動個数の関係と限界水頭 Δh_{mc} の求め方

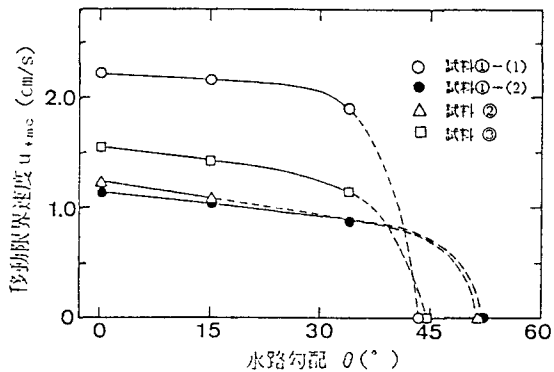


図-4 移動限界速度と水路勾配の関係