

鹿児島工高専 正員 田原 誠
 同 上 学生員 ○上村 正人
 同 上 学生員 泉 正久

1. まえがき

最近、急斜地において土石流的な土砂災害が頻発しているが、これらの主原因は、上流域斜面において降雨にもとづく薄層流による土砂輸送がなされたためと考えることができる。流れは、降雨の地撃力とあいまって斜面のはくり現象も生ずるものと思われ、砂礫間の結合力を考え、ベントナイトを用い粘性の影響を考慮する実験を行なった。本報では、水深が極めて小さいため流れを層流とみなし、まず固定床の抵抗法則を明らかにして緩勾配河川の流砂量法則との相違性について検討を加え、斜面土砂輸送の数量的把握を試みた。

2. 実験方法

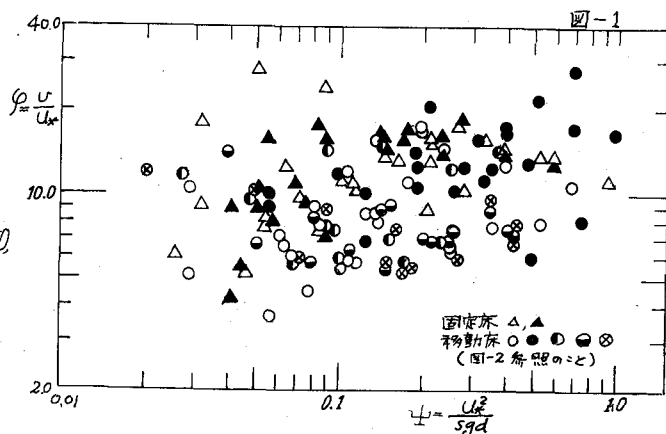
実験水路は、長さ $l = 2^m$ 、断面幅 $B = 0.1^m$ で、勾配を $\tan \theta = 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8$ に変化させ、上流より流量 $Q = 5, 10, 20, 40, 80, 160 \text{ cc/sec}$ を流し、滑面および粗面 (0.6^m の砂けり付) の固定床実験を行なった。その後、上下流端に砂上板を用い厚さ d に、 $d = 0.2^m$ および 0.6^m の均一砂と 0.6^m の砂に水：ベントナイト：砂 = $1:1:8, 1:3:12, 1:3:16$ (容積比) の計5種類を用いた移動床実験を行なった。

3. 流れの抵抗法則

流れを2次元開水路の層流とみなせば、表面流速 U_{max} の測定により、流速係数 $\varphi = U/U_* = U/\sqrt{g h \sin \theta}$ と掃流力 $\psi = U_*^2 / g d$ が求められこれを図-1にプロットした。 φ の値は、5~20程度の値を取り、固定床よりも移動床の値が小さく、また粒径が大で、ベントナイト等の粘性物質があると、やはり小さく、流れの抵抗は大であることが推察される。また、水深が微小であり、sandwave的な取り扱いが困難であり、むしろ急勾配であるために集合運搬的な土砂量の問題として取り扱う必要がある。図-2は、相当粗度 k_s と $k_s = 6.0 + 5.75 \log_{10} k_{s0}$ より求めてみたものである。吉川・福岡によれば緩勾配河川で $k_s/k_s \sin \theta = 1.8 F_n^{2.25}$ の実験式を与えているが、ここでは、1.8のかわりに100程度の値と与えれば適合するようである。

4. 薄層流の流砂量

図-3は、流砂量 $Q_s = g/\sqrt{g d^3}$ と、有効掃流力 $\psi_e = \psi/\varphi$ 、 $\varphi = U/U_*$ 、 $k_s = 6.0 + 5.75 \log_{10} k_{s0}/d$ に対して、プロットしたものである。実線は、藤原・椿の式、破線は、芦田通上の式で、 $\psi_e = 0.04$ 、 $\psi = \psi_e$ とおいたときの計算値である。勾配が急になると、薄層流よりも集合運搬としての移動がなされ、 $\Delta, \triangle$ 甲にその値を示す。粒径 $d = 0.6^m$ より $d = 0.2^m$ の方が量的に少なく、ベントナイトを含むと、流砂量は明らかに低下していることがわかる。流砂量式 $Q_s = K \psi_e^m (1 - \frac{k_s}{d})$ の係数を最小自乗法で求めると $K = 30 \sim 50$ 、 $m = 2.5$ 程度の値が均一砂に対して得られた。実際の自然斜面における地表面流においては、降雨前後の地表面の浸透能変化や粗度構成などの要素がかなり大きいと思われる。



5. 薄層流の流送力

勾配 θ_0 の斜面上の砂粒に流木がゆく場合の力の釣り合いを流れ方向に考えると流送力 $F = \tau_0 k_2 d^2$ 、重力 $W \sin \theta = k_2 d^2 g w$ 、流力 $U \sin \theta = k_2 d^2 w$ 、抵抗力 $R = \tau_0 k_2 d^2$ との間に $F + W \sin \theta = U \sin \theta + R$ の関係が成立する。ここに d は砂の粒径及び比重、 w ：水の単位重量、 k_1, k_2, k_3 は形状係数で、 $\tau_0 = \rho U_*^2$ は掃流力、 $\tau = C + \sigma \tan \phi$ は図-4

$$K_* = \frac{U_*}{\left(\frac{C}{\sigma d \cos \theta_0} + \tan \phi - \tan \theta \right) g d} = K_* \psi$$

ここに C は粘着力、 ϕ は内部摩擦角である。通常の河川では、 $C=0, \tan \phi=1, \tan \theta=0$ で $K_* \approx 1$ である。また斜面勾配が小さい場合、砂粒間に自重に較べて結合力が大きく、はくり抵抗が大きくなれば、 $K_* < 1$ で流送力 U_* が小さくなり、流砂量の小さくなること が推察される。

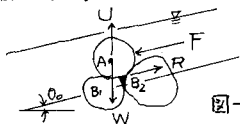


図-4

以上から、流量の極めて少ないような降雨による土砂輸送の問題においても緩勾配の流砂量則が拡張できるように思われる。

6. おすび

本研究には、卒研生押領司重昭君の協力が得られ、また昭和50年度文部省科学研究費(奨励研究(A))の補助を受けた成果であることを記し、関係各位に謝意を表する次第です。

参考文献 1) 移動床流れにおける河床形状

と粗度, 土木学会論文集, 1973.2

2) 橋山内, 福岡, シラスの流送特

性について, 水30周年論II, 昭50.10

