

II-61 非平衡状態における掃流土砂輸送について

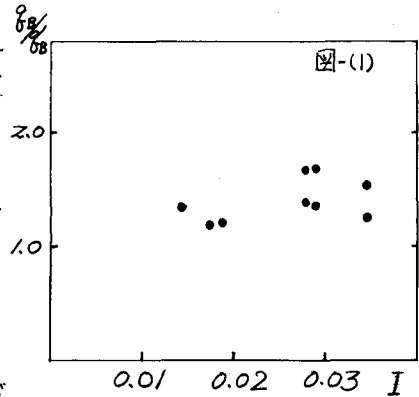
東京工業大学工学部 正員 吉川秀夫

東京工業大学工学部 正員 福岡捷二

東京工業大学大学院 学生員 吉本国春

はしがき 今日まで土砂流の様々な研究がなされてきた。これらはダムの堆砂等の一部を除いて流れ方向に平衡で、かつ、水路床勾配の緩やかな状態に限られていた。これに反して、例えば、河口砂洲の崩壊のような急斜面での流量と局所荒掘に見られる現象では、非平衡状態における流砂量の問題である。これに関してはまだ明らかでない部分が多い。それで我々は非平衡状態における流砂量の実験を行ない、若干の考察を試みた。

平衡状態における急勾配水路での流砂量 平衡状態における流砂量に関して数多くの公式が提案されている。我々は、水路勾配が大きい場合にも土研式が適用しうるかどうかを実験的に調べた。実験は $\beta = 2.61 \text{ g/cm}^3$, $d_m = 0.9 \text{ mm}$ の砂を水路に敷きながら、水を循環させ、平衡になったところで木理量の測定を行なった。図-(1)において q_B/q_0 と I の関係を示した。ここに、 q_0 :土研式から求めた流砂量, q_B :実測の流砂量, I :水面勾配, である。個々の実験での流量 Q , 水深 H , 水面勾配 I からマンニングの粗度係数 n を求めた。土研式 q_0 は水面勾配 I が, $I \leq 0.00303$ の実験範囲であり、我々は、 $0.0143 \leq I \leq 0.035$ の範囲で実験を行なった。この様に実験範囲は違っているが、図-(1)から q_B/q_0 と I とは無関係と予想される。このことは、個々の実験から求めた粗度係数 n を使えば急勾配水路でも土研式が適用できると考えられる。この粗度係数 n は流送土砂濃度が増加すると減少する傾向がある。



非平衡状態における流砂量 実験に使用した水路は、巾20cm, 長さ200cm, 高さ60cmで、上流側に貯水槽、下流側に砂だめが付属している。砂を不等辺台形状につみ、水を連続的に供給し、砂面上を越流させる。はじめは砂遣ができるが、まもなくフラットになり、この状態から測定をはじめた。運動状態が早いので、シャッター速度 $1/8$ 秒、3秒間隔で連続撮影した。この写真を実物大近くまで拡大し、木理量の測定を行なった。実験に使用した砂は $\beta = 2.62 \text{ g/cm}^3$ で $d_m = 3.67 \text{ mm}$, $d_{0.9} = 0.64 \text{ mm}$ の三種類である。

計算は全て差分して行なった。

$$I = \sin \theta - \frac{\partial}{\partial x} (H \cos \theta) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{v^2}{2g} \right) - \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{v}{g} \right) \quad \text{---(1)}$$

流入流量が時間的に変化するが、差分式において $\Delta t = 3$ 秒では流入流量の時間的な変化はないと仮定し、又、水路の貯留効果は著しくないので各断面での流速を求め、エネルギー勾配 I を求めた。こ

ここで $\partial \eta / \partial t$ 項を考慮したのは、移動床で連続的な洗掘を生じていることと、流入流量が時間的に変化していることからである。マニングの粗度係数は、各断面での流量 Q 、水深 H 、エネルギー勾配 I から求めた。各断面での流送土砂量 $\%B$ は下流端にて実測を行ない、流砂に関する連続式を差分化し、計算した量と差がなかったため式(2)から求めた。

$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \frac{\partial \%B}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

λ : 空隙率で 0.4

図-(2), (3), (4) は水路床に働くせん断力 (τ_0)、マニングの粗度係数 (n)、流送土砂量 ($\%B$) のそれぞれの距離的、時間的变化を示したものである。図-(3), (4) から流送土砂濃度が大きくなると、粗度係数 n の値が小さくなっている。流送土砂濃度が大きいところでは、三つの層、すなわち、土砂の移動している層、その上の水だけの層、その下の固定床に区別でき、特に土砂の移動している層は全水深の3割近く(全体積濃度では3~4%)をしめている。このため水路床近くでの相対速度が小さくなり、粗度係数 n が減少したと予想される。平衡状態では、土研式から $\%B \propto \tau_0^{3/2}$ で表わされるが、非平衡状態では、図-(2), (4) からわかるように、 τ_0 が減少しているにもかかわらず、流送土砂濃度が増加している。これは、水路勾配が大きいため、土砂粒子の持つ慣性力が大きくなり、一度浮上したものは再び水路床に落ちつくことはないためであろう。このことは色砂を混入した実験からも確かめられた。
あとがき 流送土砂濃度が大きいために、水深をどこまでとするか疑問はあったが、便宜上シッター速度 $1/8$ 秒で写した写真から判断した。非平衡状態の流砂量に使用した実験装置に関して色々問題点があった。土砂の一方的な洗掘のため、各点での水理量は時間的に変化し、その結果、流送土砂量は非定常で、かつ、流れ方向に非平衡となった。これらの問題点を取り除くために、水路床の洗掘される速さと同じ速度で水路自体を上昇させると、流送土砂量が流れ方向にのみ非平衡になる。現在この実験を行っており、このことに関しては、講演時に発表する予定でいる。

本研究は文部省科学研究費(特定研究費)による研究の一部であることを付記し謝意を表します。
参考文献 (1) 佐藤清一、吉川秀夫、芦田和男: 河床砂礫の掃流選搬に関する研究(1), 土木研究所報告

報告

$d_m = 2.09 \text{ mm}$ の例]

