

III-31 模型床上的水流に関する実験的研究

神戸大学 正員 松梨順三郎

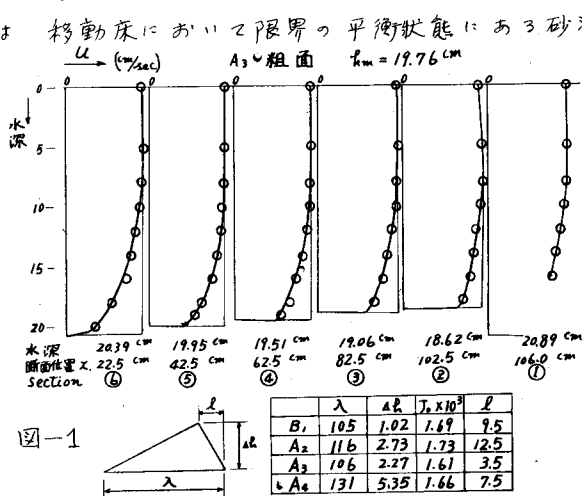
要旨 移動床をもつた開水路の流れにおいて、水流と砂運が平衡を維持している状態に着目する。この状態における水流および砂運の特性を理論的に解明するに必要な基礎資料をうるため、砂運形の模型床を製作し、この平衡状態における水流の特性を実験的に解析した。

1 概説 掃流力が限界掃流力に達すると、河床の砂礫は移動を開始する。河床が約1mm以下の細砂で構成されている場合は、掃流力がさらに大きくなって、ある一定限界以上になると一般に砂運が形成される。いま、この状態で流量を一定に維持すると、砂運はその流量および河床構成砂によって定められた限界の状態まで変形し発展していくと考えられる。そして、砂運の生成過程においてはげしき水面変動は減衰し、水面は平坦になり、水面勾配は平均の河床勾配と平行になるようである。また、この状態では、砂運の波形は一般に安定し、ひたむきとなく下流に進行していくようである。筆者はこの限界の平衡状態にあるときの現象に着目し、この状態を水流と砂運が平衡状態にあると定義する。本研究はこの平衡状態における水流の特性について、砂運形模型床を使用し、実験的に検討したものである。

この現象の解明には、移動床を使用し、実際の現象について調査することが望ましいのであるが、ここでは固定模型床を用い、類似的現象をえて、この場合の流れの特性について追求し、えられた資料によつて、実際の現象を推論しようとするのである。模型床を使用した第1の理由は現象が非定常であるので精密な測定が非常に困難であることである。第2の理由は平衡状態のときの砂運は統計的には一様な波形をもつていてどの砂運の波形はかなり歪みがあること、第3の理由は、砂運の伝播速度は水流の平均流速に対して非常に遅く、その $1/100 \sim 1/1000$ 程度であるので、固定した砂運形の模型床を使用すると、流れの大局的特性にはあまり相違がないであろうと考えたのである。

2 砂運形模型床 砂運模型床の製作には移動床において限界の平衡状態にある砂運の波形についての資料が必要であり、また、模型実験の実施にあつては、河床の平均勾配 J 、流量または平均水深 h_m が必要である。これらの実測資料で信頼しうるものは数少ないと考えるのであるが、これらの中で山口大学の橋博士の研究は高く評価されている。本研究はこの橋博士の実測資料を模型製作上の基礎資料とした。

3 実験結果 図-1は模型床上的流速分布の一例を示す。測定位置は一位の砂運に



つき上流端から砂連の頂点までを適当に分割し、合計6ヶ所で測定した。

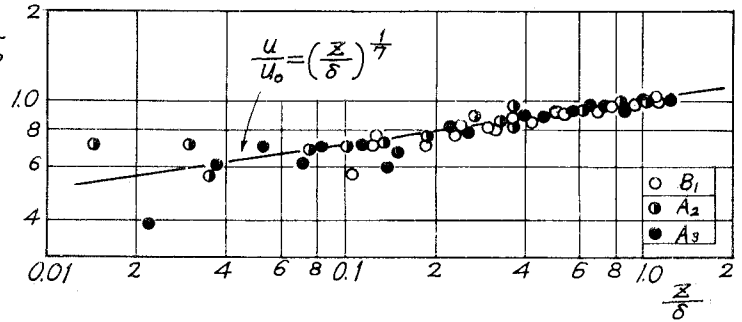
3 実験結果の検討 実験範囲は $1600 < U_0 \delta / \nu < 3000$, $10^5 < U_0 \lambda / \nu > 10^6$ である。こゝに U_0 , δ

はそれぞれ $U_0 = [u]_{y=\delta}$, $[du/dz]_{y=\delta} = 0$ で定義される量で、流れの境界層外の流速、境界層の厚さを表わす。 u は境界層内の流速、 z は砂連背面から鉛直に測った高さ、 λ は砂連の波長、 ν は水の動粘性係数とする。図-1 から境界層の厚さ δ を読みとり、 $U_0 \delta^* = \int_0^\delta (U_0 - u) dz$ で定義される境界層の排除厚

δ^* を面積計算によって求めた。図-2 は排除厚の分布を表わす。こゝに、 X は一辺の砂連につき上流端を原点として、平均河床勾配に平行に下流側に測った距離である。図-2 には、無限水域に流れに平行におかれた平板の境界層内の排除厚分布が示してある。一般に $(\Delta h / \lambda)$ の値が大きいく程、平板の場合と反対の傾向をとるようである。こゝに、 Δh は砂連の波高である。つぎに境界層内の流れの抵抗法則について考察する。実験範囲から明らかであるように、この流れは乱流

図-3

である。また図-3 で示した $\frac{U}{U_0}$ ように、パイプの流れの $\frac{U}{U_0}$ の1乗法則が適用されるようである。つぎに砂連背面の摩擦応力について考察する。パイプの流れの $\frac{U}{U_0}$ の1乗法則が適用される場合、パイプの壁に作用する



摩擦応力の関係が、いまの場合にと適用されると考えると、砂連背面に作用する摩擦応力は、近似的に次式で表わされる。 $\tau_0 = 0.0225 \rho U_0^2 \left(\frac{\nu}{U_0 \delta} \right)^{1/4}$ (1)

こゝに、 ρ は水の密度とする。図-4 のプロットは(1)式によつてえた値を示す。なお、図-4 には、参考のため

図-4

め板の場合の摩擦応力と示しておいた。図-5 は $\rho g h_m J_0$ の値を評価し、 $\Delta h / \lambda$ の大きいときは、砂連の形状抵抗が重要になることを示したものである

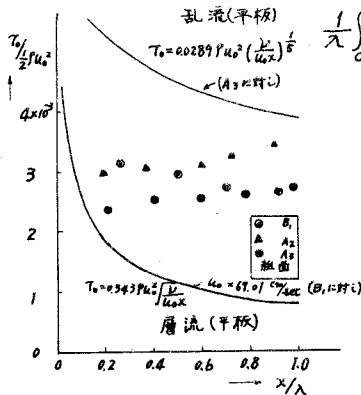


図-5 摩擦応力の比較

