

## II - 1

## 流況変化に伴う河床波の遷移過程に関する実験

東北大学工学部 学生員 ○五十嵐 章 東北大学大学院 学生員 川村 里実  
 東北大学大学院 正 員 泉 典洋 東北大学大学院 正 員 山路 弘人  
 東北大学大学院 正 員 田中 仁

## 1. はじめに

移動床水路では河床材料特性と水理条件により河床形態が変化する。河床形態と流路の抵抗は密接に関係しており、流路の抵抗を予測するためには河床形態を予測することが重要である。これまでに一定流量のもとでの河床波については多くの研究がなされ、その特性が解明されてきた。しかしながら、実河川の流量は絶えず変化しており、時々刻々と変化する水理量に対してどのような河床波が形成されているかはよく分かっていない。本研究では流量が変化した場合の河床波の状態を実験により明らかにすることを目的とする。

## 2. 実験装置及び実験方法

実験は水路に平均粒径 0.4mm の砂を敷き、水路勾配  $I=0.002$  のもとで流量を段階的に変化させ、その河床形態を観察し、デジタルカメラで撮影した。流量の各段階において十分に時間をおき、水理状態、河床形状が平衡状態に達したと思われるところで流量  $Q$ 、水深、波高及び波長の測定を行った。

実験装置の概略を図 1 に示す。実験に用いた水路は高さ 20cm、幅 10cm、長さ 4m のアクリル製の可変勾配水路である。給砂は上流端でふるいを用いて手動で行った。河床勾配の変化は河床形態に大きな影響を与えるので、上流端と下流端での河床高が一定となるように注意し、平均河床勾配が実験中を通じて変化しないように努めた。下流端は堰を設けたほか、堰の近傍で起こる洗掘により擾乱が起こり河床形態に影響を与えることを防ぐために下流端 10cm は固定床とした。上流での給砂の際の擾乱、下流端の放流口での擾乱の影響などが比較的小さいと考えられる上流から 2m～3m を測定区間とした。

流量は三角せきの越流水深を測定し、そのせきの経験式により求めた。水路中央部と壁面の水深を測定区間 5cm おきに測定し、計 38 点の平均値を平均水深  $h$  とした。また、隣り合う谷から谷までを波長、河床の

峰から直下流の谷までの落差を波高と定義した。

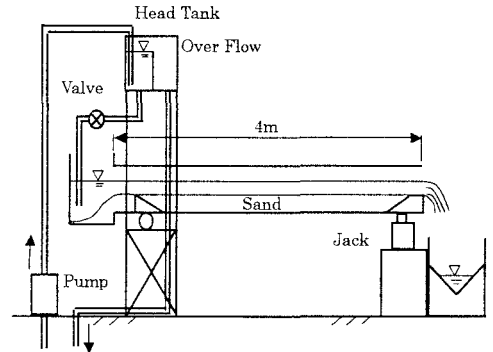


図 1 実験装置

## 3. 結果と考察

図 2 に流量の変化に対する平均水深と河床形態の変化を示した。平坦床の状態から通水を開始し、始めの流量は  $Q=502\text{cm}^3/\text{s}$  であった。ここでは砂堆が形成され、その形状はかなり安定していた。しかし、流量を増加させるとしだいに形状が不安定になっていき、 $Q=1692\text{cm}^3/\text{s}$  になると、波高の変化が激しくなった。 $Q=2260\text{cm}^3/\text{s}$  としたところでは形状は波高の低い砂堆であるが水面形は河床波と同位相となっており、形状の変化が非常に速く波長と波高の測定を行えなかった。ここで砂堆の領域から反砂堆の領域に遷移したと考えられる。その後、一度流量を大きく上げて完全に反砂堆または平坦床の領域に遷移させてから流量を減少させていった。 $Q=2438\text{cm}^3/\text{s}$  では流下方向へ移動する反砂堆も見られたが、すぐに形状を変え、平坦床が見られることもあった。流量を減少させてもそのような状態が続いたが、反砂堆の波高はしだいに小さくなっていった。 $Q=1725, 1488\text{cm}^3/\text{s}$  とすると正弦波の形状をした反砂堆は見られなくなり、形状は砂堆のようであった。しかし、水面形は河床波とは同位相であり、波高も非常に小さく、砂堆への遷移領域であると考え

る.  $Q=1229 \text{ cm}^3/\text{s}$  としたところで砂堆が形成されたが、ここでの砂堆も形状は不安定であった。

ここで増加域と減少域での砂堆の領域を比較すると、増加域では  $Q=2133 \text{ cm}^3/\text{s}$  まで形成されているのに対し、減少域で砂堆が発生したのは  $Q=1229 \text{ cm}^3/\text{s}$  であり、増加域と減少域では増加域のほうが大きい流量で砂堆が存在しているのがわかる。

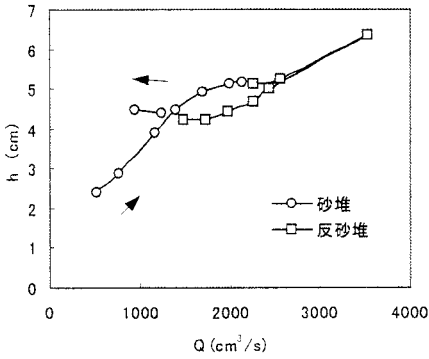


図2 流量と河床形態

図3に流量と抵抗係数の関係を示す。次の抵抗係数の定義式から抵抗係数  $C_f$  を求めた。

$$\rho C_f V^2 = \rho g h I$$

ここで  $V$  は平均流速である。

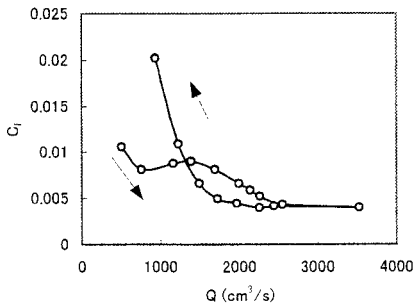


図3 流量と抵抗係数の関係

図2, 図3で平均水深と抵抗係数を見ると、およそ  $Q = 1400 \sim 2500 \text{ cm}^3/\text{s}$  の間で1つの流量の値に対して2つの平均水深, 抵抗係数が表われ, ループを描いているのがわかる。増加域では砂堆が大きい流量まで存在しているので抵抗係数の大きい状態が続き, 水深は大

きくなる。ところが減少域においては反砂堆または平坦床が形成されているので, 増加域よりも抵抗係数は小さい値となり平均水深は小さくなる。また, 図2から減少域において反砂堆から砂堆に変化したときに平均水深が大きくなっているのがわかる。これも河床形態の変化によるものと考えられる。

しかし, ここで増加域での同流量の水深と比べると減少域の水深の方が大きくなっているのが図2より分かる。この現象は実河川においても確認されている。両者ともに砂堆が形成されていたので, その波長と波高を比べる。図4に砂堆の平均波長と平均波高の流量による変化を示した。平均波長, 平均波高ともに減少域のほうが小さい値を取っている。波長が短いほうが抵抗は大きく, 水深も大きくなると考えられるが, 波高が小さいと逆に抵抗は小さくなると考えられる。その他, 写真により砂堆の形状の違いを検討したが両者に顕著な相違点は見出せず, その原因は現在までのところ明らかではない。

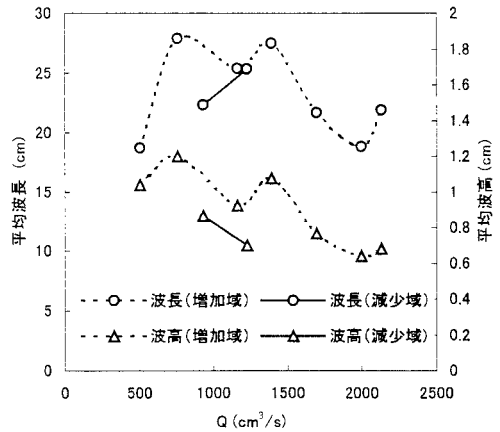


図4 砂堆の平均波長, 平均波高の変化

#### 4. おわりに

流量を変化させた場合の河床波の実験を行った。実験により同流量に対して増加域と減少域で異なる河床形態, 抵抗係数を取ることが明らかになった。今後は河床勾配や河床材料粒径など異なる条件での実験を行うことが必要である。

#### 参考文献

- 1) 吉川 秀夫: 流砂の水理学