

(9) 河床変動の実験的研究

正員 京都大学防災研究所 工博 岩垣 雄一

准員 住友共同電力会社

千秋 賀弘

河床が人工的に掘さくされたり、あるいは山崩れなどの自然現象によつて局部的にもり上つた山ができた場合、これらの河床形の変化が上流側あるいは下流側にどのように伝播し変形するかの問題は、これまであまり研究されていなかった治水利水の重要課題である。

著者の一人は、すでに河床砂が主として掃流形式で輸送される場合の河床変動の機構を解析する方法として、特性曲線法を利用した逐次計算法を提案し、この方法を用いて二、三の興味ある河床変動現象を説明した。¹⁾²⁾ ここでは、理論的に説明されたまたその変形過程が計算されるように、現象が果しておこるものかどうかを実験的に調べたものである。

1. 河床変動の実験

(1) 実験方法 京大防災研究所宇治川水理実験所における長さ 20 m、巾 50 cm、深さ 50 cm、両面ガラス張りの水路に、平均粒径 0.78 mm の砂と約 20 cm の厚さに敷いて実験を行った。そして水路床および水面の *profile* の時々刻々の変化を捕えるために、つぎのような方法をとつた。すなわち、図-1 に示すように水路中央の上部に 500 W のスポットライトを置き、光源と河床との間に真直な障害物を入れて、水路床面を影の部分と光の当たっている部分の二つに分けた。この明暗の境界線を水路の横からガラス壁を通して、カメラで一定時間間隔をもって撮影した。このような方法で水路床面の *profile* は捕えることができるが、水面形はこの方法では明確に捕えられないので、薄い合成樹脂板を図のように丁度影の境界のところにおき、撮影の瞬間だけ板の端を水中にわずかにだけ入れて、明確に水面形が捕えられるようにした。

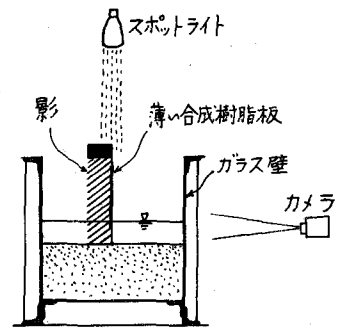


図-1 実験装置

最初に与える水路床の *profile* は、ほぼ正弦波の山（凸形）および谷（凹形）に近い2種類の形であつて、所要の形に切りとつた板をあてて作った後に通水する場合と、通水した後図-2 に示すような、2枚の板をヒンゲで連結してそれに細い針金をむすび、砂中に埋めておいて針金を引張つたりゆるめたりして凸形や凹形を与える場合の二通りを行つた。しかし、いずれも上下流を等流にし、瞬間瞬間で流れを定常状態に近くして、解析しやすい状態を出現させることは非常に困難であつた。

(2) 実験結果 勾配および流量と云々を覚えて実験したが、典型的な変形の模様は、

- 1) 岩垣雄一：水路床の変動とその安定性について、第6回応用力学連合講演会、昭31.10.
- 2) Y. Iwagaki: On the Analysis of Mechanism of River-Bed Variation by Characteristics, Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyoto University, Vol. 18, No. 3, July, 1956, pp. 163-171.

いずれも図-3に示した略図のようであった。すなわち、凹形の場合は図の(a)のように、その上流側に段丘が出現し、時間とともに段丘が前進して凹部を埋めて行くが、一方下流側は少しづつ洗掘されていく。また凸形の場合は、理論的に説明されるように山の高さは段々と低くなり、peakは下流の方へ移りながら変形する。ただし、勾配が急で、山の上流側の一部に常流部分があり、他は射流であるような場合には、peakはほとんど移動せず、急速に山が扁平化するこゝがわかった。

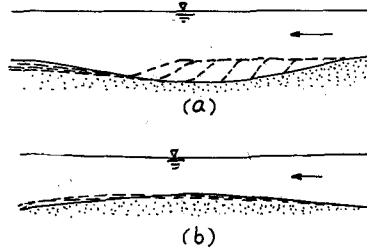


図-3 水路床変動の略図

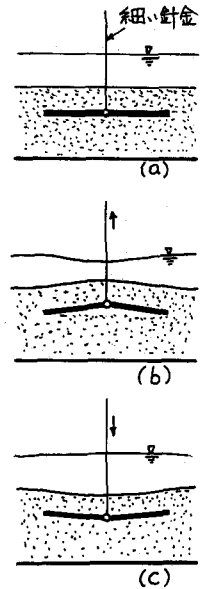


図-2 最初の水路床面形の覚え方の一方法

2. 特性曲線法による解析

水路床砂が主として掃流形式で運ばれ、また流れが瞬間瞬間ではほぼ定常に近い2次元流の場合には、つぎの特性曲線表示によって変動量があらわされる。

$$\frac{dx}{dt} = A' \quad \text{において,} \quad \frac{dZ}{dt} = A' \frac{dh}{dx}.$$

$$\therefore \text{に, } A' = \frac{7\alpha' n^{2m+1} g^{m+1/2} Q^{2m+1}}{6(1-\lambda) h^{13/6}} \left(\frac{1}{h^{7/3}} - \frac{1}{h_k^{7/3}} \right)^{m-1} \left\{ \left(\frac{1}{h^{7/3}} - \frac{1}{h_k^{7/3}} \right) + \frac{2m}{h^{7/3}} \right\},$$

$$h_k = (ng^{1/2}Q/u_*^*)^{6/7}, \quad \alpha' = kd / \{ (s/p) - 1 \} gd \}^m,$$

Z : 基準面をつねに水路床面にとつた水路床の変動量, h : 水深, u_*^* : 限界摩擦速度, h_k : 限界摩擦速度に対応する水深, Q : 単位巾流量, n : Manningの粗度係数, s/p : 砂の比重, d : 粒径, λ : 空隙率(%)を100で割つた数, g : 重力加速度, k および m : 常数。

上式で dZ を ΔZ , dt を Δt , dx を Δx とあらわし, Δt 時間内では Q, h, n などの水理量が一定であるとし, また距離 Δx 間では $h, dh/dx, n$ の値はその間の平均を用いることにすれば, Δt 時間に対する変動量 ΔZ を求めることができる。ただし、実際にこの方法を上述の実験結果に適用したときとは、粗度係数 n として等流水深に対して求められた値を一定として用い, k および m の値は流動量を測定して,

$$(u_*^{*2} - u_{*0}^{*2}) / \{ (s/p) - 1 \} gd \geq 0.064 \text{ のとき } k=30, m=2; (u_*^{*2} - u_{*0}^{*2}) / \{ (s/p) - 1 \} gd \leq 0.064 \text{ のとき } k=2, m=1$$

と決定した。凹形および凸形の変動を計算して実験結果と比較したところ、前者の場合にはかなりよく一致するが、後者に対しては一般に計算値の方が変化量が小さいことがわかった。

なお、この研究を行うに当って種々御助言を賜つた石原教授および矢野教授、並に実験および計算を手助つて頂いた山田睦郎、久下元一の両君に感謝する次第である。