

北大工学部 学生員 沖 健
北大工学部 正 員 黒木 幹男
北大工学部 正 員 岸 力

1. はじめに

河道にダムが構築されると、土砂の搬送環境が変化し、ダム貯水池とその上流河道部に堆砂が生じることが良く知られている。この堆砂機構の解明のためこれまでに多くの実験的検討が行なわれてきた。搬送土砂が掃流形式をとるものが支配的な場合、ダム貯水池内には顕著なデルタが形成され、しかも、その前面の堆砂角がほぼ水中の砂の安息角に近い例が数多く報告されている。この実験事実を受けて、デルタ前面の傾斜角を砂の水中安息角に固定した解析法^①も提案されている。一方、最近は土砂水理学的立場から一次元解析法を用いた河床変動計算をダム貯水池に適用して、ダム貯水池内の堆砂過程を計算する方法が開発されている。この場合には、デルタ前面の傾斜角を特に固定しないのが普通である。このため計算条件の設定の仕方にもよるが、デルタ前面角が非常にゆるい堆砂形状に計算されることしばしばある。本研究は、デルタ前面の傾斜角に着目し掃流砂が卓越する場合について実験的に調べるとともに、一次元解析法による再現を試みたものである。

2. 実験の概要

実験は、長さ15m幅30cmの河変勾配水路を用いて行なった。側壁はガラス張りであり、水路床には厚さ約4cmに平らに砂を敷きつめた。実験に使用した砂の粒度分布は図-1に示す通り、均一砂に近く中央粒径は0.47mmである。

水路勾配は $\frac{1}{300}$ に固定し、水路下流端に刃形ゲキをとりつけ流れを越流させるとともに、取付高さ(初期河床面からの高さをとる)を調節して上流貯水池のたん水高を調節した。流量は一定とし、水路上流端からは一定量の砂を継続的に供給した。河床高はエコーサウンダーを用いて10cm間隔に判定した。実験条件は表-1に示す通りである。

実験ではほとんどのケースで河床に ripple が形成され、デルタ前面の傾斜角の判定が困難なものもあったが、ほぼ水中安息角に近いもの(I型)と、それよりは明らかにゆるい傾斜角をもつもの(II型)が存在することが確かめられた。またIII型としたものは、顕著なデルタが形成されず、下流端の方から堆砂が進行するタイプのものである。図-2にはI型の堆砂形状の例として実験7の河床高の時間的変化を示す。図-3にはII型の例として実験10の河床高の時間的変化を示す。図中の破線は後述する数値計算の結果を示す。

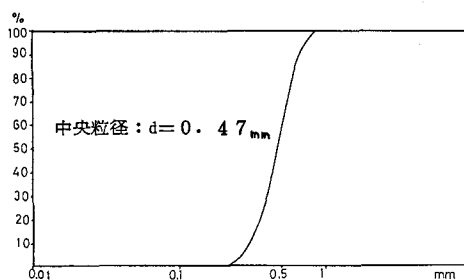


図-1

Run No.	セキ高 (cm)	下流端水深 (cm)	Q (l/Sec)	Qb (gr/min)	堆砂形状
1	3.0	6.01	3.30	212	I, II
2	3.0	5.97	3.41	446	I, II
3	3.0	7.40	8.34	208	III
4	3.0	7.01	7.97	446	III
5	6.0	9.92	4.48	429	I
6	5.0	7.39	2.75	188	I
7	15.0	24.17	15.47	423	I
8	15.0	25.45	19.57	400	I
9	15.0	26.75	23.82	410	I
10	15.0	27.67	28.50	422	II
11	10.0	18.75	20.00	192	II
12	10.0	20.51	25.00	192	III

表-1.

3. 堆砂形状の再現計算

堆砂形状を数値計算により再現した。実験に用いた砂の粒径が比較的狭い範囲に分布しているため、簡単のため均一粒径として計算した。計算の基本式は慣用の記号を用いて次に示すように与えられる。

$$\frac{\partial \bar{x}}{\partial t} + (1-F) \frac{\partial h}{\partial x} = -\left(\frac{h_0}{B}\right)^2 h^{-10} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{x}}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \frac{\partial \theta_0}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\theta_0}{\sqrt{sgd}} = 8 (\tau_* - 0.05)^{\frac{3}{2}} \quad (3)$$

$$\tau_* = \frac{h \lambda_0}{s d} = \frac{1}{s d} \left(\frac{n q}{B} \right)^2 h^3 \quad (4)$$

式(1)、(2)を時間方向には前進差分、空間的には後退差分（流れが常流であるため）にと、て差分化し計算する。なお距離の差分幅は必ず $\Delta x = 10 \text{ cm}$ とし、安定条件より時間の差分幅は $\Delta t = 60 \text{ sec}$ と与えられる。

計算による再現結果は図-2、3の中の点線で示すようである。図-2ではデルタの先端位置に若干のちがいがあがるが、前面の傾斜角は非常にたっている。計算で保たれたデルタ前面の傾斜角は厳密には砂の水中安息角に一致しているわけではないが、ほぼ実験で保たれた堆砂形状を再現できている。また、図-3ではデルタ前面の傾斜角は前の例よりもずっとゆるい結果を与えていることがわかる。

次に、図-2の例について Δx を変えた計算を図-4に示す。実験は $\Delta x = 10 \text{ cm}$ の場合、点線は $\Delta x = 100 \text{ cm}$ の場合の計算結果である。 Δx を大きくとった場合、デルタ前面の傾斜角はゆるくなり、必ずしも実際の堆砂形状と類似なものにはならないことがわかる。したがって、堆砂形状を厳密に再現するためには Δx を小さくとらないとしないが、デルタの背の高さや、デルタ先端の位置はある程度実験を再現しており、貯水池内の大略の堆砂形状を知るのには、 Δx をある程度大きくとっても差支えないものと考えられる。

参考文献

- ① 平野、芦田、定道：京大防災研究所年報、第6号
- ② 黒木、岸：第17回自然災害シンポジウム、1980

