

1. はじめに

貯水池の土砂堆積には、掃流形式により行なわれるものと浮遊形式により行なわれるものがありその堆積機構には大きな違いがある。本研究は、このうち掃流砂を対象に貯水池への流入土砂について実験を行ない、堆砂形状など堆積機構に関する特性を明らかにするとともに、流砂量式、水流の運動方程式、流砂および粒度の連続式などを用いて、混合砂れき床に対する数値シミュレーションを実施して、実験値との比較を行なった。

2. 実験の概要および結果

実験に用いた水路は、断面が30cm×30cm、全長は11mの長方形一様水路で、上流端より約45mのところから塩じ板により長さ150cm、高さ15cmの $\frac{1}{10}$ のスロープをつくり、スロープ下端に高さ15cmの堰を設置して貯水池とした。また水路上流端には、任意の一定量給砂が可能なエレベータ式給砂装置が設置されており、一定の流量および給砂量のもとで実験を行なった。実験終了

時には、貯水池内の3点で粒度分析を行なった。混合砂れきについては、4ケースの実験を行なったが、図-1に結果の1例を示す。図中のNo. 11, 数値シミュレーションに用いるためにつけたものでNo. 1~16までは10cm間隔、No. 16からは20cm間隔に番号がつけられている。図-1からも明らかなように、掃流砂による堆砂は顕著なデルタ形状をなし、デルタ先端部の斜面は、ほぼ水中安息角となっている。また本実験に用いた混合砂れきでは、河床液け形成されず、河床は平滑に近い状態であり、下流端水深は、時間の経過とともに若干下がる傾向にあった。粒度分析の結果は、図-2に示すように、下層にも粗い砂れきが少なく、掃流砂層と浮遊砂層の境界は認められなかった。デルタ内の鉛直方向の粒度構成は、図-2(b), (c)から明らかなように、下層に粒径2~5mmの粗い砂れきが少なく、上、中層では1mm前後の細かい砂の量が増している。また縦断方向の粒度構成については、下流にいくにしたがい粒径が小さくなっているようである。

3. 数値シミュレーションの基礎式

本研究では、水面形を井田の方法を用いて逐次近似計算により求め、その時の水深から(1)式により各断面について粒径別に流砂量を求めた。

$$\frac{g_{ci}}{f_0(d_i)u_{*c}d_i} = 17 \times \tau_{*ci} \left(1 - \frac{\tau_{*ci}}{\tau_{*ci}^*}\right) \left(1 - \frac{u_{*ci}}{u_*}\right) \quad (1)$$

ここに、 g_{ci} : 粒径 d_i の流砂量、 $f_0(d_i)$: 粒径 d_i の砂れきが河床において占める割合、 u_* : 摩擦速度、 $\tau_{*ci} = u_{*ci}^2 / (\rho_p - 1)gd_i$ 、 u_{*c} : 有効摩擦速度、 $\tau_{*ci}^* = u_{*ci}^2 / (\rho_p - 1)gd_i$ 、 u_{*ci} : 粒径 d_i の限界摩擦速度、 $\tau_{*ci}^* = u_{*ci}^2 / (\rho_p - 1)gd_i$ 。

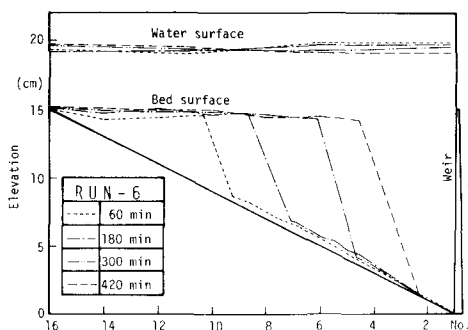
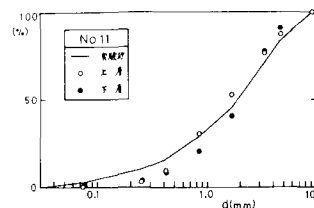
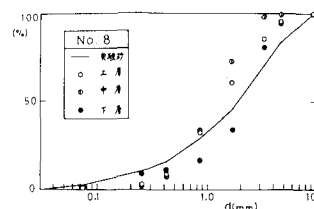


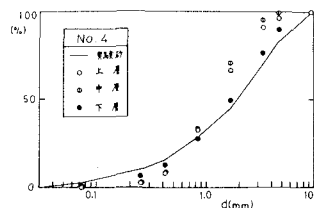
図-1 貯水池内堆砂形状



(a)



(b)



(c)

図-2 粒度分布図

つぎに二の流砂量より(2), (3)式に示す流砂の連続式, 粒度の連続式を建立させる。ただし粒度の連続式については, 河床上昇と河床低下の場合で若干その表現に差異がある。¹⁾

$$\frac{\partial Z}{\partial t} = -\frac{1}{1-\lambda} \frac{\partial q_{BT}}{\partial x} \quad (2)$$

$$\frac{\partial i_b}{\partial t} = \frac{1}{a}(i_b - i_0) \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{q_{BT}}{a(1-\lambda)} \left(-\frac{\partial i_b}{\partial x} \right) \quad (3-a)$$

$$\frac{\partial i_b}{\partial t} = \frac{1}{a}(i_b - i_0) \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{q_{BT}}{a(1-\lambda)} \left(-\frac{\partial i_b}{\partial x} \right) \quad (3-b)$$

ここに, λ : 空けき率, a : 交換層厚さ, i_b, i_0, i_{b0} : 粒径 d_i の砂れき交換層, 流砂中および交換層直下の元河床において占める割合であり, (3-a)が河床上昇(3-b)が河床低下の場合の粒度の連続式である。

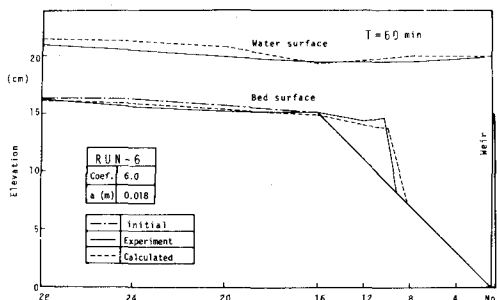
実際の計算を行なうにあたっては, 上式をそれぞれ差分化し, 全断面についてそれぞれの値を決定する。この値みらつぎの河床条件を与えてある時間間隔ごとに計算をくり返す。

4. 実験値との比較検討

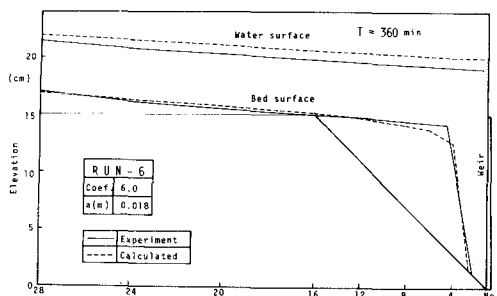
(1)式の係数17で計算を試みた場合, 流砂量は実験値より3倍近く大きくなることと認められたので, 本研究では, 係数を6に修正し計算を行なった。図-3は, 60分, 360分の各時刻について計算値と実験値とを比較したものである。図に示すように堆砂形状, デルタの進行速度について両者はよく一致している。しかしここで問題となるのは, 水面形の計算値が実験値と若干異なっている点であろう。実験では下流端水深が下がる傾向にあったのに対し, 計算では下流端水深を常に一定として与えていること, また計算では背水端付近の河床勾配が急激に変化するとところで射流になる時があることの2点が差異のおもな理由と考えられる。したがって水面形の不一致は, これらの誤差が累積した結果であろう。図-4にはNo.30, 20, 10における河床面の粒度分布に関する時間的変化が示されている。No.30, 20では, 粒度の変化はほとんどなく, 河床面砂れきは初期とあまり変化していないが, 貯水池内のNo.10では, 時間の経過とともに粒度構成が細かくなり, 1mm前後の砂れきが多くなっている。この傾向は, 図-2に示した実験値とよく対応している。さらに交換層厚さ a を $1.5d_{max}$ から $5d_{max}$ に変化させた場合についても計算を試みたが, この範囲では, 計算結果にそれほど影響を及ぼさなかつたようである。以上, 数値シミュレーションと実験値の比較検討を行なってきたが, 水面形を精度よく記述できれば, かなりの精度で, ダム堆砂の予測を行なうことができるものと考えられる。

(参考文献)

1) 平野 泉夫: 土木学会論文報告集, 第195号, 1971

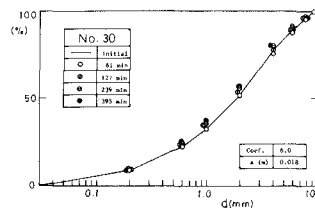


(a)

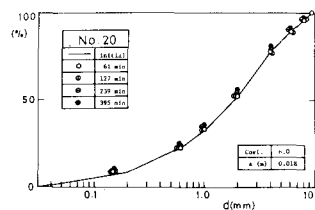


(b)

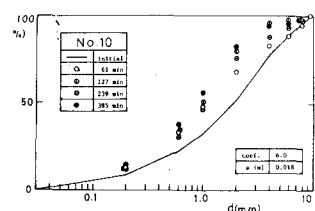
図-3 実験値との比較図



(a)



(b)



(c)

図-4 粒度分布図