

II-31 ウォッシュロードによる貯水池堆砂の2次元シミュレーション

神戸市正員 三木 敦史
鳥取大学工学部 正員 道上 正規
鳥取大学工学部 正員 藤田 正治
広島県正員 財満 文隆

1. はじめに

湾曲部や狭さく部を有する貯水池では流速および濃度は3次元的に変化するので、堆砂形状は2次元になる。また、主としてウォッシュロードが流入するような場合、微細土砂の浮上条件が堆砂形状の予測精度に影響する。本研究は、ウォッシュロードの堆砂に対して、従来提案した浮上率の式の適用性を検証し、それと流れおよび濃度の3次元解析に基づいて2次元堆砂形状を計算するものである。

2. 浮上率の式の適用性

次式は芦田・藤田¹⁾の粒径 d の河床砂粒子の浮上率 q_{su} の式である。

$$q_{su} = \frac{2}{3} K p_f \sqrt{\frac{6}{\pi} \frac{1}{(s+1)}} \int_{\eta_0}^{\infty} u_* \sqrt{c k^2 \eta - \frac{\pi}{8} C_{D0} \xi_0^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \eta^2\right) d\eta \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 $K=0.035$ 、 $\eta_0=(\pi/8)C_{D0}\xi_0^2/(ck^2)$ 、 $\xi_0=w_0/u_*$ 、 $C_{D0}=2+24\nu/(w_0d)$ 、 s ：水中比重、 p_f ：粒径 d の粒子の河床表面における混合割合、 k ：遮蔽係数、 c ：揚圧力係数、 u_* ：摩擦速度、 w_0 ：砂の沈降速度、 ν ：動粘性係数である。ここで、 $c=2.25$ 、 $k=1$ とする。この式の適用性を実貯水池の1次元堆砂再現計算によって検証する。ここでは、ウォッシュロードの粒径は小さいので、濃度は鉛直方向に一樣であると仮定し、 $C=\alpha Q$ という上流端における境界条件のもとに、河床への堆積率が $w_0 \cdot C - q_{su}$ であることを考慮して、濃度の流下方向の変化を計算する。ここに、 C ：断面平均濃度、 Q ：流入流量(m^3/s)、 α ：土砂生産特性に関する係数で、実測値の $\alpha=2.0 \times 10^{-5}$ を用いる。計算に際して、ウォッシュロードの粒径を 5μ 、 12.5μ および 45μ に分け、それぞれの割合を実測値から25%、45%および30%とした。流量は再現期間の平均流量の $200m^3/s$ 、貯水池水位は洪水期制限水位の806mを与えた。また、洪水時間は、流入土砂量の計算値が実測値と一致するようにするため250時間とした。図1は1年間の堆砂再現計算を行った結果で、概ね堆砂形状を再現している。また、同図には堆積物に含まれる各粒径階の割合も示しているが、流下方向の変化特性が再現できている。したがって、粒径 $5\mu \sim 45\mu$ に対する式(1)の適用性は十分あるものと見なせる。

3. 計算方法

計算法は流れおよび濃度の非定常3次元解析からなり、基礎式は檜谷ら²⁾の研究と同様である。詳細は参考文献を参照されたい。浮遊砂の3次元拡散方程式の底面条件は $\varepsilon_z \partial c / \partial z = -q_{su}$ 、上流端の条件は1次元計算と同様とする。 q_{su} には式(1)を用いる。この計算法を1次元再現計算と同じ貯水池の堆砂に対して適用する。この貯水池の平面形状は図2のようである。計算時間を節約するために、流入土砂量の実測値の1/25の土砂を流入させ、その結果を25倍して1年間の再現値とした。洪水流量はウォッシュ

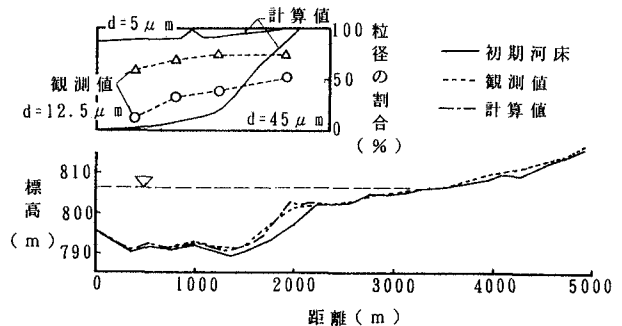


図1 1次元堆砂再現計算結果

ロードを含んだ $200\text{m}^3/\text{s}$ とそれに続く清水 $100\text{m}^3/\text{s}$ で、その継続時間をそれぞれ10時間および12時間とした。また、貯水池水位は洪水期制限水位とした。ただし、河床変動は小さいものとして、洪水期間中の定常状態の流速分布の変化はないものとした。計算に用いた定数はマンニングの粗度係数0.04、河床堆積物の空隙率を0.7とした。

4. 計算結果

図2は流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ の定常状態に対する表面流速

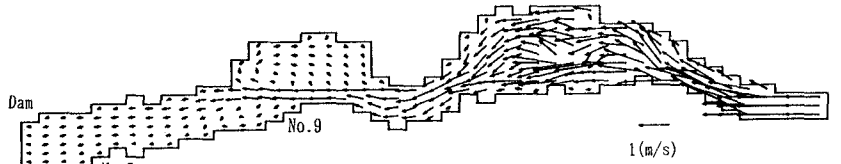


図2 表面流速



図3(a) 堆積高さの実測値



図3(b) 堆積高さの計算値

のベクトル図、図3(a)、(b)は堆積高コンター図の実測値と計算値、図4(a)、(b)は図2に示す断面No.5およびNo.9での堆積高の横断分布を示したものである。初期状態では狭さく部付近にデルタ肩があるが、図2を見るとデルタの肩の下流の水深が急激に深くなる箇所でも、主流速はあまり減少せず、主流域の両側に逆流域が発生している。図3(a)、(b)を比較すると、堆積高が最大となる領域が下流側にずれている。これは、水位を低めに設定した結果主流域の流速がデルタの下流で減少しなかったためである。つぎに、流れが1次元的となる狭さく部出口より下流のNo.5断面と逆流域を含む狭さく部下流右岸域のNo.9断面における堆砂横断形状の特性に注目して、本手法の精度を検討する。図4(a)よりNo.5断面では、実際には横断方向に均一堆積しているが、計算値では蒲鉾型となり、主流に沿った堆積が起きている。堆積高については、若干計算値の方が高くなっている。図4(b)よりNo.9断面では、実際には右岸側でより多くの堆積がみられる。計算結果では、前述の理由により左岸から3メッシュ目で掃流力が高いため堆積が起きないことを除けば、右岸側の逆流域において、左岸側より多くの堆積が起きており、実際の現象を良好に再現している。また、堆積高についてもほぼ再現されている。以上のことより、横断方向に堆積高が顕著に異なるような箇所でも、実際の現象を十分に再現できており、本解析方法の妥当性が示唆される。

5. おわりに

2次元堆砂計算の有効性が示されたが、計算時間が多くかかるため長期の予測には適用できない。今後、この点を改良していく必要がある。

<参考文献>

- 1) 芦田、藤田：土木学会論文集、第375号/Ⅱ-6、pp107-116.
- 2) 道上、檜谷、三宅、八木：第42回土木学会中国四国支部研究発表講演概要集、pp190-191.

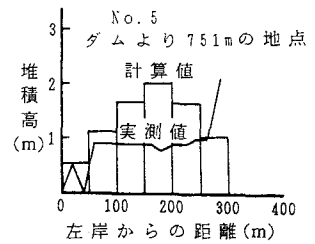


図4(a) 横断形状

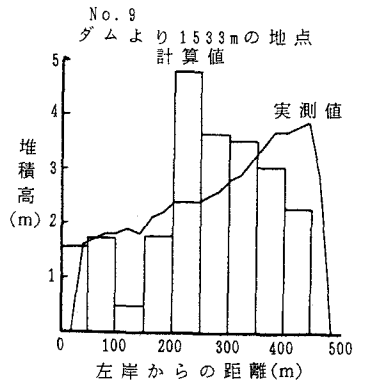


図4(b) 横断形状