

II-33 ダムの背砂に関する研究

京大防災研究所 正員 工博 矢野勝正
 同 上 正員 工博 芦田和男
 同 上 正員 〇田中祐一朗
 建設省 正員 工修 定道成美

1. はしがき

貯水池での堆砂には掃流型式によるものと浮遊型式によるものがあるが、背砂(堆砂の上流方向への溯上)に果たす役割は前者の方が大きいので、ここでは掃流砂について考えることにする。この種の堆砂は砂堆(デルタ)の形をとり、河床が不連続になるため、河床変動に関する理論的解析法をそのまま適用することは困難であり、従来から実験的事実に基づいた実用的な取り扱いがなされてきた。しかし、この方法は理論的裏付けを欠くため一般的に各種の場合に適用しうるかどうかの問題があり、事実従来より明らかにされてきた実験的事実は必ずしも統一的に説明しうるものばかりではないようである。

こうした現状より著者らは先に昭和37年度土木学会関西支部年次学術講演会において、砂堆の不連続性を考慮した力学的解析法を提案した。その後各種の実験的検討を行ない、著者らの方法は実験的事実をかなりよく説明しうることも、堆砂後端の上流への溯上の様子もある程度推察しうることも明らかになった。また本方法の実際への適用例として背水の終端附近にオニダムのある場合および、貯水池内にダムのある場合について計算と実験を行なった。ここにその概要を報告して諸賢の御批判を得たい。

2. 理論的考察

§2の項を省略した水の運動方程式および連続式と、Brown型式の砂の運動方程式および連続式ならびにManning型の抵抗法則を用い、図-1のように砂堆の先端の上昇速度を ∇ 、前進速度を U 、砂堆の厚さを η 、先端での水深を h_f 、砂堆の下流部の水深を h_r とすると巾の広い長方形断面水路について次の諸式が得られる。

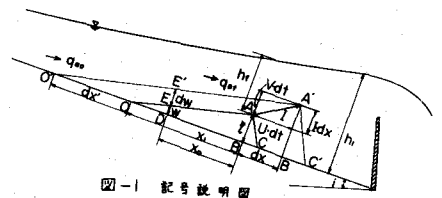


図-1 記号説明図

$$\nabla = \left\{ \frac{\partial \eta}{\partial x} - (1 - n^2 g^2 h_f^{0.03}) \right\} \cdot \frac{\Phi(h_f)}{1 - (h_f/h_r)^3} + U \cdot \frac{\partial \eta}{\partial x} \quad (1)$$

$$\text{ここに } \Phi(h_f) = -\frac{K}{1-\lambda} \cdot \frac{7}{6} (n^2 g^2)^{m+1/2} \cdot \frac{1}{h_f^{3/2}} \left(\frac{1}{h_f^{1/2}} - \frac{1}{h_r^{1/2}} \right)^m \left[1 + \left\{ \frac{2m}{3} - \left(\frac{h_f}{h_r} \right)^{3/2} \right\} \right] \quad (2)$$

また、単位時間に砂堆の峯を通過する砂が全て砂堆前面に堆積するものとする、

$$U = K (n^2 g^2)^{m+1/2} \left(\frac{1}{h_f^{1/2}} - \frac{1}{h_r^{1/2}} \right)^m \eta (1-\lambda) h_f^{3/2} \quad (3)$$

となる。(1)および(2)式より砂堆の運動方向の座標軸に対するこう配 I は次のようになる。

$$I = \frac{\nabla}{U} = \frac{7}{6} \cdot \frac{1}{h_f} \left[1 + \left\{ \frac{2m}{3} - \left(\frac{h_f}{h_r} \right)^{3/2} \right\} \right] \left\{ \left(1 - \frac{\partial \eta}{\partial x} - n^2 g^2 h_f^{0.03} \right) \frac{1}{1 - (h_f/h_r)^3} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \right\} \quad (4)$$

一方、 h_f と h_r は両断面間にMomentumの保存則を適用し、これに連続式を代入すると、

$$2 h_f^3 / R_f + R_f^3 = 2 h_r^3 / R_r + (h_f + \eta)^3 \quad (5)$$

なる関係が得られる。ある時刻 t における η とその前面の水深 h_r がわかれば(5)式より h_f が

求まり、また $\partial\eta/\partial x$ がわかれば(4)式より I が、また(3)式より U が求まるから dt 時刻後の砂堆前面の位置がわかる。以上の取り扱いにおいては $\partial\eta/\partial x$ の値を知らなければならない。この値は厳密には河床変動に関する基礎方程式を解かねば求められない。しかしこれは計算が非常に複雑となり実用に耐えないため、実用的な仮定を導入して計算の簡易化をはかる必要がある。そこで第一近似として $\partial\eta/\partial x = \text{const}$ すなわち、堆砂面はほぼ直線的であるとする。もちろん const の値は時間とともに変化する。

2). 堆砂の上端が上流側へのはる場合、

図-1において上流からの給砂量を g_{00} 、デルタの峯上の流量量を g_{0f} として堆砂面は直線であるとする、 $(g_{00} - g_{0f})dt = (1 - \lambda) \triangle O'A'A O$ より次式が得られる。

$$dx/dt = 2g_{00}/\eta(1 - \lambda) - (U + \nabla x/\eta) \quad (6)$$

$$(\partial\eta/\partial x)_{t+dt} = (\eta + \nabla dt) \setminus (x_0 + dx + U dt) \quad (7)$$

b). 堆砂の上端が固定している場合、

a)と同様に $(g_{00} - g_{0f})dt = (1 - \lambda) \triangle E'A'A E$ より次式が得られる。

$$dw/dt = \frac{1}{x_0 + dx} \{ 2g_{00}/(1 - \lambda) - U(w + \eta + I x_0) \} \quad (8)$$

$$(\partial\eta/\partial x)_{t+dt} = \{ (\eta + I dx) - (w + dw) \} \setminus (x_0 + dx) \quad (9)$$

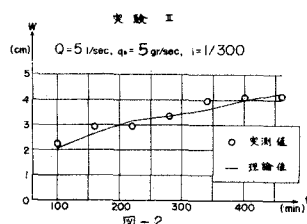


図-2は(8)式の w と t の関係を実測値と計算値と比較したものの一例を示したものであるが、両者は比較的良好に一致しており、これからも堆砂面を直線と仮定することは許されるものと思われる。

3. 実験との比較

実験に用いた水路は断面 $20 \times 20 \text{ cm}$ 長さ 18 m の両面ガラス張りのもので、こう配を $1/100$, $1/300$ 給砂量を $25, 13, 5 \text{ g/s}$ 、流量 5 g/s の各種の実験を行なった。実験方法は上流から一定の流量と給砂量を与え、河床高および水位の時間的変化を $50 \text{ mm} \sim 1 \text{ m}$ 間隔でポイントゲージで測定した。図-3はその結果と計算値を比較したものの一例である。図-3(A)は背水の終端付近から堆砂が始まり、デルタの峯はダムのクレスト付近の線上を移動する場合のものであるが、実験値と計算値は比較的良好に一致している。デルタの発生位置は理論的には求めたいが、この位置(計算の始点)が多少ずれてもデルタの峯は極めてすみやかに一定線上をたどるようになる。ただし計算の初期には時間々隔を小にしないと計算値が振動することがあるから注意を要する。図-3(B)はデルタの峯がダムのクレスト面より下を通ることを予想して行なった実験であるが、この場合も実験値と計算値は比較的良好に一致している。かように本方法は実際に遭遇する各種の場合にも適用できるものと思われる。

なお、実際河川への適用例として行なった計算については講演時に述べる。

