

I-44 ダムの背砂に關する研究

京大防災研究所 正員 工博 矢野勝正, 京大防災研究所 正員 工博 芦田和男,
京大防災研究所 正員 O田中祐一郎, 京大大学院 学生員 道上正規.

1. はしがき: 掃流々砂によるダムの背砂現象に關し, 著者らは先に満砂時までの堆砂機構を推定する一解析法を提案した。^{1,2)}そこで今回は満砂後の背砂終端の遡上という点に注目して, 一様粒径の矩形断面水路にて一定の流量, 給砂量の下で実験を行ない, 興味ある事実が明らかになつた。また特性曲線法による解析を進める上での問題点につき考察を加えるとともに, 実用的な解析を試み満足すべき結果を得た。

2. 実験: 実験に用いた水路は断面 60×60 cm, 長さ 150 m の鋼製の水路である。³⁾河床面に数 cm の厚さに均一に砂を敷き均し, 15.4 l/s の流量および 1.168 g/min の給砂量を与え, これに対応した平衡状態に達するまで通水を継続する。その後給砂点から 128 m 下流に堰を設け, 河床および水面形の時間的变化を測定した。また満砂後は 5 時間毎に越流砂量を採取して計量した。堰設置後より 2 時間で満砂状態となつたがその後も実験を続け延 100 時間実験を継続した。実験に用いた砂は $d_{50} = 0.245$ mm のほぼ一様な海岸砂で, その空隙率は 0.4 である。この実験により明らかになつた諸点を列挙すると次のようである。⁴⁾(1) 短い水路の実験などでしばしば用いられてきた堆砂面形状を直線とする仮定は妥当でない。(2) 水深のごくわずかな差によつても長時間の河床上昇量はかなりの量に達する。したがつて通常ほぼ等流とみなし得るような上流域まで河床は上昇する。(3) 満砂後の河床の上昇速度は非常に緩慢であり, かなりの間ほぼ一定とし得る。又河床と水面はほぼ平行に上昇する。

3. 特性曲線法による解析: こうした背砂の問題も一般の河床変動の基礎式を解くことによつてその解明が期待される。しかしこの基礎式は解析的に解くことが困難なため特性曲線法により逐次計算を行なうことが試みられてきた。そこで同様な手法により計算を行なつた結果次の諸点を明らかにすることができた。(1) 一般に距離方向に平均的な水量を用いるが, 時間的には片押しで計算を行なうため, 計算の進行につれて水深が振動を始め, これが順次増幅されてついには発散する。そこで時間的にも平均量を用いる繰り返し計算を行なうと, こうした発散は防ぐことができる。しかしこの場合でも時間々隔を大にすると発散するようになり, この問題は計算過程における誤差の伝播などさらに理論的な考察を行なう必要がある。(2) 水深のごくわずかな差でも河床変動に及ぼす影響は大きいので, 水面形の計算は極めて高精度で行なわれねばならない。この際に粗度係数の場所的变化が問題となつてくる。実験結果についてこれを調べると, 水深のより大きい下流部の方が砂運の規模が大きく, 粗度係数は大である。このような抵抗の変化は高精度の水面形計算には無視できず, 移動床水路における抵抗法則の解明が重要である。(3) 流砂量式および粗度係数を的確に選り, 十分注意深くたぬんに計算を行なえば, 特性曲線法による解析でも十分に現象を説明することができる。

4. 寒点的解析法: 前述のように特性曲線法による解析でも河床変動を予測することは

不可能ではないが、計算機構および抵抗係数など問題実が多く、また高精度の繰り返し計算を必要とするため、計算が極めて繁雑であり実用には供し難い。そこで図-1に示すような堆砂面形状を二次放物線と仮定したモデルを考えることにより、満砂後の河床形状および背砂の終端の遡上を推定する実用的解析を試みた。

(a) 背砂の終端が無限に上流へ延びる場合：

図-1(a)のように座標軸をとると、堆砂面形状は二次放物線

とした仮定から、

$$f_1(x) = \frac{W}{(x_0 + x_1 + dx_1)^2} \{x - (x_1 + dx_1)\}^2 \quad (1)$$

となる。また $(g_{bi} - g_{bo})dt = (1-\lambda) \square A'BA$ より

$$\frac{dx_1}{dt} = \frac{3}{W(1-\lambda)} (g_{bi} - g_{bo}) \quad (2)$$

が得られる。流砂量式としてBrown型式のものを用い、これを

こう配の関数として書くと越流砂量 g_{bo} は次のようになる。

$$g_{bo} = \alpha \cdot g^{1/2} \cdot (\pi \cdot g)^{3/5} \cdot i_1^{2/5} \left\{ g \cdot (\pi \cdot g)^{3/5} \cdot i_1^{2/5} - u_{*c}^2 \right\}^m \quad (3)$$

i_1 としてダム地奥の河床こう配を用いると、

$$i_1 = \frac{2W}{x_0 + x_1 + dx_1} \quad (4)$$

となる。 $x_1 + dx_1$ を x_n と書き、(3)、(4)式を(2)式に

代入すると次式が得られる。

$$\frac{dx_n}{dt} = \frac{3}{W(1-\lambda)} \left[g_{bi} - \alpha \cdot g^{1/2} \cdot (\pi \cdot g)^{3/5} \cdot \left(\frac{2W}{x_0 + x_n} \right)^{2/5} \cdot \left\{ g \cdot (\pi \cdot g)^{3/5} \cdot \left(\frac{2W}{x_0 + x_n} \right)^{2/5} - u_{*c}^2 \right\}^m \right] \quad (5)$$

(b) 給砂量が背砂の影響域内にある場合：

図-1(b)のように記号をとると(1)と同様にして、

$$f_1(x) = \frac{W - (w_0 + dw_0)}{(x_0 + x_1)^2} (x - x_1)^2 + w_0 + dw_0 \quad (6)$$

が得られる。(a)と同様に $(g_{bi} - g_{bo})dt = (1-\lambda) \square A'BA$ より

$$\frac{dw_n}{dt} = \frac{3}{2(1-\lambda)(x_0 + x_1)} (g_{bi} - g_{bo}) \quad (7)$$

が得られる。この場合 $i_1 = \frac{2(W + w_n)}{x_0 + x_1}$ だから(3)を用いて(7)は

$$\frac{dw_n}{dt} = \frac{3}{2(1-\lambda)(x_0 + x_1)} \left[g_{bi} - \alpha \cdot g^{1/2} \cdot (\pi \cdot g)^{3/5} \cdot \left\{ \frac{2(W + w_n)}{x_0 + x_1} \right\}^{2/5} \cdot \left\{ g \cdot (\pi \cdot g)^{3/5} \cdot \left\{ \frac{2(W + w_n)}{x_0 + x_1} \right\}^{2/5} - u_{*c}^2 \right\}^m \right] \quad (8)$$

となる。(5)および(8)式は解析的には解くことが困難であるが、 g 、

g_{bi} 、 d 、 π などが与えられれば数値的には容易に解くことができ、

したがって背砂終端の遡上の様子をうかがうこともできる。また x_n 、 w_n が知られば、(1)

又は(6)式より容易に堆砂面形状は計算できる。図-2は(b)の場合の計算の一例であり、計

算による縦断と実測のそれとはよく一致している。図-3は(b)の場合の g_{bo}/g_{bi} および w_n の

計算値と実測値とを比較したものであるが、両者ともに良好な一致をみており、この英か

らも極めて大胆な仮定を行なったにもかかわらずこの方法は実用的に十分と思われる。

1) 矢野、芦田、田中、ダムの背砂に関する研究、第18回年次学術講演会、昭38、

2) 矢野、芦田、定道、ダムの背砂に関する研究(I)、京大防災研究所年報第6号、昭38、

3) 矢野、芦田、田中、洪水流実験装置について、第8回水理研究会講演会、昭38、

4) 矢野、芦田、田中、ダムの背砂に関する研究(Ⅲ)、京大防災研究所年報第7号、投稿中、

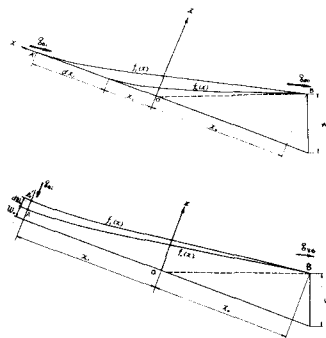


図-1 記号説明図

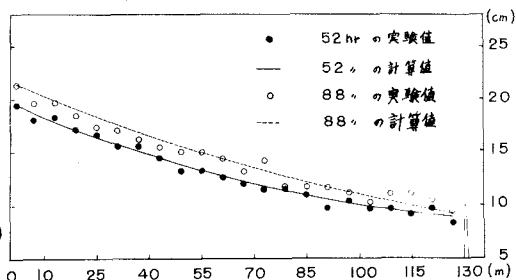


図-2 河床縦断面形状

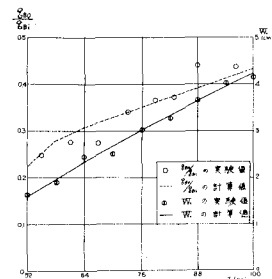


図-3 g_{bo}/g_{bi} 、 w_n の時間的变化