

第Ⅱ部門

砂防ダムによる土砂調節に伴うダム下流域の河床変動に関する研究

京都大学防災研究所 正会員 高橋 保 京都大学防災研究所 正会員 中川 一
 京都大学防災研究所 正会員 里深好文 京都大学大学院 学生員 奥村裕史
 株式会社 間組 正会員○大蔵康明

1. はじめに

我が国では、土砂災害を防止・軽減するために数々の砂防施設が設置されてきた。本研究では各種の砂防構造物の中から砂防ダムを取り上げて、砂防ダムの『土砂調節機能』を評価を行うにあたって、特に従来の研究において十分に考慮されていないダム下流域の河床変動に注目して水路実験を行った。

砂防ダムの『土砂調節機能』とは、大出水時に流出した土砂を一時的にダムに貯留し、その後の中小出水によって安全に流下させる作用のことである。ここで、ダム下流域の河床変動に着目する理由を次に述べる。もし、砂防ダムに一時的に貯留された土砂が、ダム下流域に流出する際に、局所的かつ顕著な土砂の堆積（以後、砂州と呼ぶ。）を生じると、その砂州によって流水のスムーズな流下が妨げられる。その結果、水みちが砂防ダムの直下部で急激に側岸の方へ曲げられることになり、河川流域の周辺の人間の活動に害をもたらす可能性が高く、護岸対策などの処置を行わなければならないからである。

2. 砂防ダムからの流出土砂がダム下流域の河床変動に及ぼす影響に関する実験

実験に用いた水路は全長10m、幅40cmの可変勾配鋼製水路である。この水路の上・下流端に堰を設置し、長さ500cmの区間を使用した。初期状態として、水路中央部に水通し幅 $B_d=17\text{cm}$ のダムを取り付け、ダム下流側の河床勾配 I' は下流端堰の高さで水路勾配と平行に、ダム上流側の河床勾配 I はダムと上流端堰それぞれの水通し部天端を結ぶラインまで土砂を敷き詰めて、ダム下流側の河床勾配よりも急勾配でダムが満潮している状態を想定している。ここで、実験条件を

表-1に示す。また、ダム直下部の洗掘が急激に起こらないように最大粒径の平均値が 4.10cm である石を床止めとして、ダムからダム下流側20cmの区間に敷き詰めた。実験に使用した土砂は図-1に示す粒度分布を持つ混合砂である。通水時間は全部で80minであり、20min毎に河床位の測定を行った。河床位測定装置を水路をまたいだ台車に取り付け水路縦断方向、横断方向に移動させることによって河床形状を連続的に測定した。実験の結果、図-2のようにダム直下部に砂州（または浮州）が発生する場合と発生しない場合があることが判明した。砂州の発生要因として、比較的大きな砂礫がダム上流域では流下するが、ダム下流域では流下しないことがあげられる。これは、ダム上・下流での掃流力の差に起因する。いま、ダムの上・下流で流量は保存するので水みちの幅に大きな違いがなければ、ダム上・下流の河床勾配の差が掃流力の差を生むと考えられる。図-3に砂州の発生・非発生の領域区分を示す。これをみると、ダム上・下流の河床勾配の差が比較的小さい場合においても、ダムの水通し部によって流水の幅が縮小される場合、ダム直下部に砂州が発

表-1 実験条件

RUN No.	上流勾配 I	下流勾配 I'	平均流量 $Q(\text{cm}^3/\text{sec})$	ダム高 $h(\text{cm})$	上流端堰高 $h_u(\text{cm})$
RUN 1	1/20.3	1/30.0	505	12	16
RUN 2	1/20.3	1/30.0	833	12	16
RUN 3	1/20.3	1/51.5	538	12	19.5
RUN 4	1/20.3	1/51.5	723	12	19.5
RUN 5	1/20.4	1/76.9	483	12	21
RUN 6	1/20.4	1/76.9	800	12	21
RUN 7	1/12.4	1/78.7	438	8	25
RUN 8	1/14.6	1/77.5	423	10	25
RUN 9	1/14.2	1/99.0	433	10	25

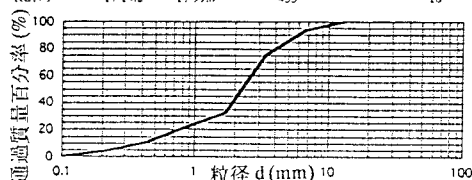


図-1 粒度分布

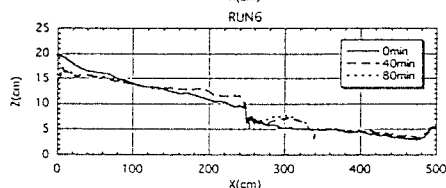
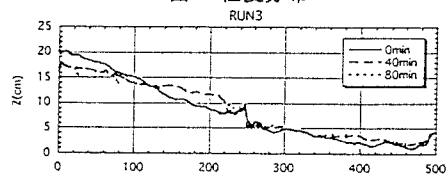


図-2 河床縦断形状

Tamotsu TAKAHASHI, Hajime NAKAGAWA, Yoshihumi SATOHUKA, Hirohumi OKUMURA, Yasuaki OHKURA

生する可能性があるといえる。ここで、芦田らによる水みち幅 Bw の推定式²⁾

$$Bw = 1.4 (Q \sqrt{g d_i I})^{1/2} \quad (1)$$

Bw ：水みち幅、 Q ：流量、 g ：重力加速度、 d_i ：粒径、 I ：河床勾配 により水みち幅を求めた。(1)式を混合砂に適用するにあたって実験結果より粒径 d_i の代表値に90%粒径を用いた。これは、流下する砂礫の最大粒径に相当する。

3. 数値解析モデルを用いた河床変動に関する検討

より一般的な砂州の発生・非発生の限界を明らかにするには、数値シミュレーションが有効であると考えられる。そこで、非定常の二次元浅水流モデルによる流況及び河床変動の解析を行った。また流下方向格子幅 $\Delta x=5.0\text{cm}$ 、横断方向格子幅 $\Delta y=1.0\text{cm}$ 、 $\Delta t=0.01\text{sec}$ としている。流砂量式には芦田・道上の式を用い、粒径は一樣($d=0.28\text{mm}$)であるとした。計算上の水路のサイズは実験で使用したものと同様である。計算時間は30minとし、ほぼ等流状態の流れを形成するために上流端より100cmまでを固定床とした。また水際処理として、水深が粒径以下になった点は計算から除外し、その点の周囲を水際の境界とした。さらに河床勾配が30度以上になったとき崩壊が起きるものとし、前後左右のうち最大の勾配をなす方向へ角度が30度となるよう土砂を移動させている。計算条件を表-2に示す。また、同様の条件下における実験結果と計算結果の一例を図-4に示す。これよりダム下流域の土砂堆積の傾向をほぼ再現できていると思われる。

4. おわりに

砂防ダムの上・下流の河床状態によっては、平水流量時にダム直下部に砂州が形成され、その部分で水みちが側岸方向に曲がる現象が現れる場合がある。このような砂州が発生した場合は人為的にそれを取り除かなくてはならないため、“メンテナンスフリーの土砂調節は期待できない”。総合的な土砂管理を行うためには注意すべき点であると言えよう。

【参考文献】

- 1) 矢島 英邦：砂防ダム上流域の河床変動解析に関する研究、京都大学修士論文、平成3年
- 2) 芦田 和男・江頭 進治・里深 好文・後藤 隆之：網状流露の流露変動と流砂量に関する研究、京都大学防災研究所年報第33号B2、平成2年4月
- 3) 芦田 和男・道上 正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究、土木学会論文報告集、第206号、1972

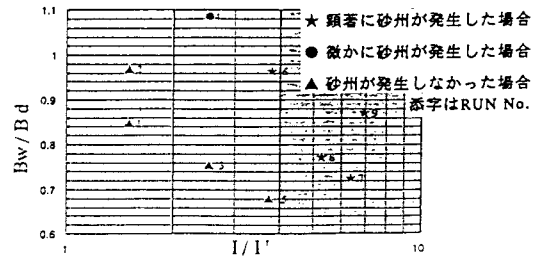


図-3 砂州の発生・非発生

表-2 計算条件

	I	I'	Qm	計算RUN no.	d	Δx	Δy	Δt	Bu	Δz
CASE1	0.050	0.0125	500	RUN5	0.28	5.0	1.0	0.01	10	2.0
CASE2	0.050	0.0125	800	RUN6						
CASE3	0.050	0.0333	500	RUN1						
CASE4	0.050	0.0333	800	RUN2						

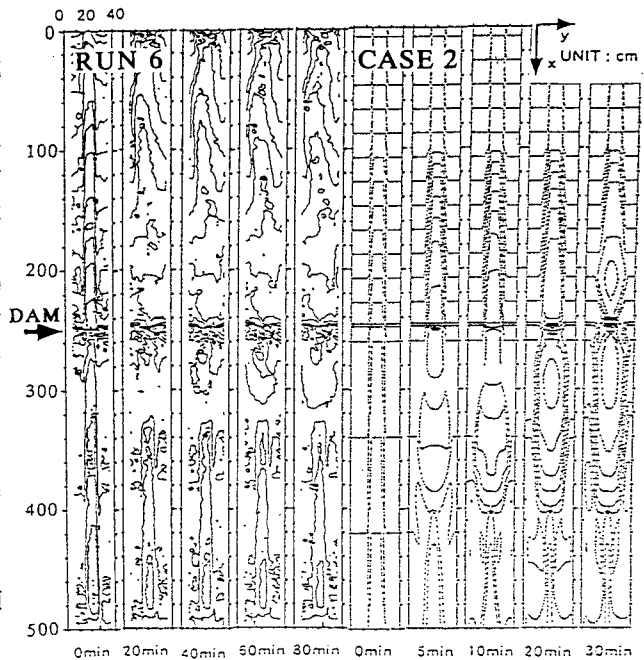


図-4 計算結果