

II-127 砂防ダムの土砂調節機能と評価法

運輸省 正会員 村岡 猛
 京都大学防災研究所 正会員 芦田 和男
 京都大学防災研究所 正会員 江頭 進治
 京都大学大学院 学生員 里深 好文

1. 緒言

河川計画、河川管理において、土砂生産源からの流出土砂の調節は重要な問題であり、斜面崩壊・土石流等による生産土砂の貯留、山地河川からの不安定な土砂の流出の抑制、溪岸の侵食防止、洪水時における流出土砂の調節等の目的で砂防ダムが設けられている¹⁾。しかし期待される機能のうち、土砂の貯留機能を除いては定量的に把握されておらず、合理的な河川計画のためには各機能の評価法を確立する必要がある。本報では流水幅が砂防ダムにより縮小されるために生ずる土砂調節機構について実験および数値シミュレーションの両面より検討し、それらの結果に基づいて土砂調節機能の評価法を確立する。

2. 実験の概要

表-1 実験条件

	B(cm)	Bd(cm)	Zd(cm)	I ₀	I _*	Q _{min} (l/s)	Q _{max} (l/s)	d _m (cm)	T(min)
Run 1	50	25	8	1/56	1/300	4	16	0.0496	60
Run 2	50	25	8	1/30	1/50	7	15	0.2820	20

実験は、長さ12m、幅50cmの勾配可変の鋼製循環式水路を用いて、表-1、図-1に示す実験条件の下で行われた。表中のI₀は固定床勾配、I_{*}は給砂量に対する平衡勾配である。またd_mは用いた一様砂の粒径である。この条件は Run 1ではダム堆砂域において常流が生ずることを、Run 2では射流が生ずることをねらって定めた。実験ではBa/B=0.5の砂防ダムに対して流量 Q_{min}、給砂勾配I_{*}の定常流を与えて平衡河床を形成した後、最小流量Q_{min}、最大流量Q_{max}、周期Tの洪水波を3〜4波与えた。なお、各実験の河床形態は芦田ら²⁾の領域区分図によると Run 1では、Transition、Run 2では Upper Regimeであった。

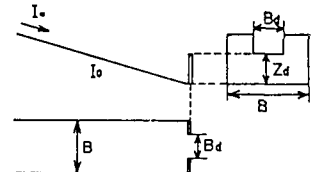


図-1 定義図

図-2は Run 1の河床縦断形状の時間的変化である。2 hr、および3 hrのデータは最小流量時のもの、2 hr 33 minのデータは最大流量付近のものである。ダム直上流部の河床位は流量の増加に伴い上昇し、ダム堆砂域の河床位も全体的に上昇していることがわかる。すなわち流量の変化に伴い、ダムの土砂調節容量は変化していると言えよう。この変化のため、図-3に示すように、流出土砂量のピーク値は流入土砂量のピーク値より小さく、かつ、時間的にも遅れが生じている。

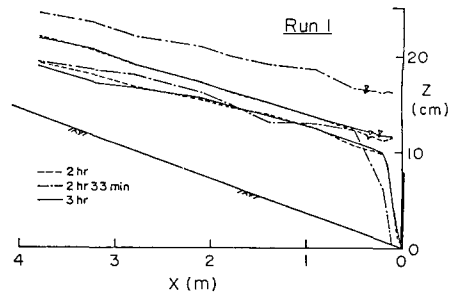


図-2 河床縦断形状 (Run 1)

図-4は Run 2の河床縦断形状の時間的変化である。60 min、80minのデータは最小流量時のもの、70minは最大流量時のものである。Run 2では、流量変化に伴うダム直上流部の河床位の変化は Run 1ほど顕著ではない。これは、最小流量に対する最大流量の比が Run 1では4であるのに対し、Run 2では2程度になっているからである。そのため、ダムの土砂調節容量の変化は小さく流出土砂の調節効果はあまり期待できないが、図-5に示すように、流入土

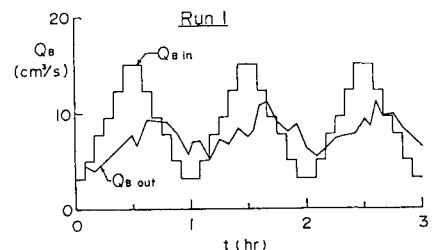


図-3 流入・流出土砂量 (Run 1)

砂と流出土砂のピーク値はかなり差がある。これは各洪水波ごとに流入土砂量と流出土砂量の総量が等しくなく、平衡状態に達していないためである。

3. シミュレーション

砂防ダムの土砂調節機能は、砂防ダムを下流端条件としてダム堆砂域の河床変動を計算すれば表現できるはずである。ここでは一様砂を対象として、流れは直線河道全幅にわたって流れるものとし、次のような一次元モデルによるダム堆砂域の河床変動シミュレーションを行う。

$$\text{連続式: } \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{エネルギー式: } \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\alpha}{2g} \frac{Q^2}{B^2 h^2} \right) + \cos \theta \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{u^2}{gR} = 0 \quad (2)$$

$$\text{流砂の連続式: } \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \frac{1}{B} \frac{\partial (q_B \cdot B)}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{流砂量式: } \frac{q_B}{\sqrt{sgd^3}} = 17 \tau_{*e}^{\frac{3}{2}} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_{*}} \right) \left(1 - \frac{u_{*c}}{u_{*}} \right) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{抵抗則: } \frac{v}{u_{*}} = 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{k_s} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 Q ：流量、 α ：エネルギー補正係数、 g ：重力加速度、 B ：川幅
 θ ：河床と基準面のなす角度、 h ：水深、 z ：基準面からの河床高、 R ：
 径深、 S ： $\sigma/\rho - 1$ 、 σ ：砂の密度、 ρ ：水の密度、 d ：粒径、 q_B ：単位幅流
 砂量、 λ ：間隙率、 v ：断面平均流速、である。下流端では河床位はダム
 天端、流水幅はダム水通し幅とした。このモデルを Run 2 に適用して
 得られた流出土砂量を図-5 ($Q_{Bout}(\text{cal.})$) に示す。これによると計
 算値は実験値をよく再現していることがわかる。

4. 土砂調節機能の評価

評価基準の1つとして、流入土砂量のピーク値と流出土砂量のそれ
 の比を考えると、次元解析により、

$$\frac{Q_{Bop}}{Q_{Bip}} = f \left(\frac{Q_{Bip} \cdot T}{V}, \frac{Ba}{B}, \frac{d}{(Q_{Bip} \cdot T)^{\frac{1}{3}}}, \frac{I_{*}}{I_o} \right) \quad \dots\dots\dots (6)$$

となる。ここに Q_{Bip} ：流入土砂量のピーク値、 Q_{Bop} ：一洪水における

流入土砂量と流出土砂量の各総量が等しくなるまで繰り返し洪水波を与えたときの流出土砂量のピーク値、
 T ：洪水周期、 V ：ダムの規模を表す代表的な体積である。図-6 (a), (b) はシミュレーションにより得られた
 値(・)を結んだものである。シミュレーションでは実河川の1/50～1/100を想定し、幅50cmの河道に最小流量
 $6 \text{ } \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ 、最大流量 $18 \text{ } \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ 、周期20分および30分の洪水を与えた。これによると Ba/B が小さいほど、ダムの規模に
 対する洪水規模が小さいほど、 I_{*}/I_o が小さいほど土砂調節機能が大いことがわかる。

5. 結 語

以上の考察により砂防ダムの土砂調節機能を評価するための基本的な事項が解明された。今後より正確な
 評価のために、アーマリング現象、水みち侵食等をシミュレーションに取り入れる必要がある。

参考文献 1) 日本河川協会：建設省河川砂防技術基準（計画編），山海堂 2) 芦田・道上：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

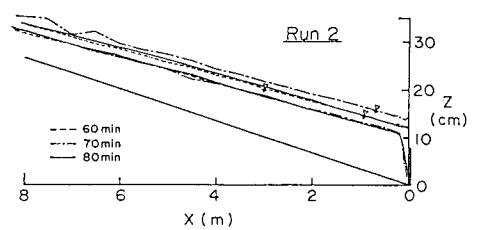


図-4 河床縦断形状 (Run 2)

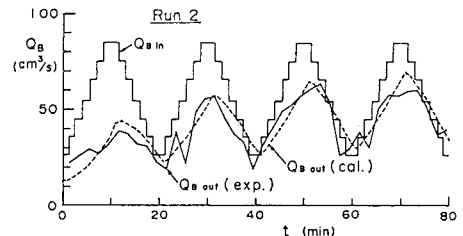
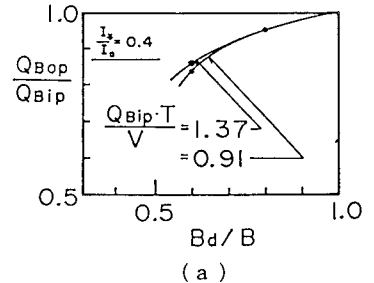
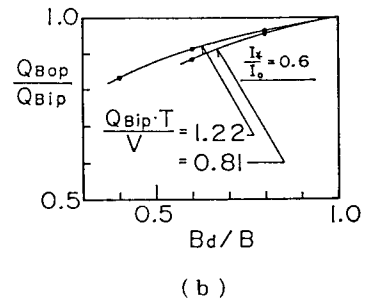


図-5 流入・流出土砂量 (Run 2)



(a)



(b)

図-6 土砂調節機能