

砂防ダムの土砂流出調節機能

京都大学防災研究所 正員 芦田 和男
 京都大学防災研究所 正員 江頭 進治
 運輸 省 正員 ○村岡 猛
 京都大学大学院 学生員 里塚 好文

1 はじめに 砂防ダムを合理的に配置するためには、ダムの土砂調節機能に関する評価法を確立する必要がある。本報では流水槽がダムにより縮小されるために生ずる土砂流出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。

表 1 実験条件

2 実験 実験条件を表 1、図 1 に示す。こ

	B(cm)	Bd(cm)	Zd(cm)	I_x	I_p	$Q_{min}(l/s)$	$Q_{max}(l/s)$	$d_m(cm)$	$T(min)$
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

に I_0 は固定床勾配, I_x は給砂量に対する平衡勾

配である。 d_m は用いた一様砂の粒径である。実験では $Bd/B=0.5$ の

砂防ダムに対して流量 Q_{min} , 給砂勾配 I_x 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の領域区分

によると Run 1 では Transition, Run 2 では Upper Regime であ

る。図 2 は Run 1 の河床縦断形状の時間的变化である。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。いずれの流量に対しても

ダム直上流部の河床高はダム天端より高くなっており、

流量が増加するとダム直上流部の河床も上昇し、それに

伴い土砂調節容量が増加することがわかる。このため図

3 に示すように流出土砂量のピーク値は、流入土砂量の

ピーク値よりも小さく、かつ、時間的な遅れを生じてい

ることがわかる。洪水波第 3 波においては流入土砂量の

総量と流出土砂量の総量はほぼ一致している。このこと

は、一洪水中に流入してきた土砂がすべて流出する状態

においても、ダムの土砂調節は起こることを意味する。

つまり土砂調節は、ダム直上流部の河床高の変化に伴い

調節容量が時間的に変化するために起こると考えられる。

図 4 は Run 2 の河床縦断形状の時間的变化である。60 min,

80 min のデータは最小流量時のもので、70 min は最大流

量時のものである。Run 2 ではダム直上流部の河床高の変

化量は Run 1 より顕著でない。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。図 5 は Run 2 における流入

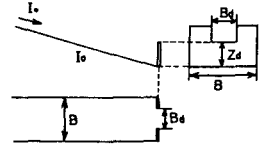


図 1 定義図

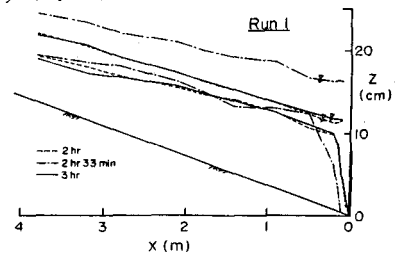


図 2 河床縦断形状 (Run 1)

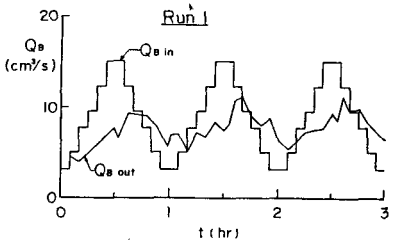


図 3 流入・流出土砂量 (Run 1)

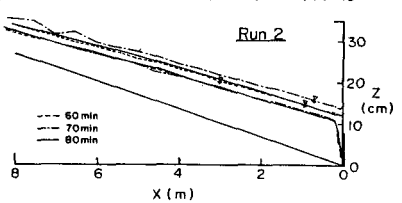
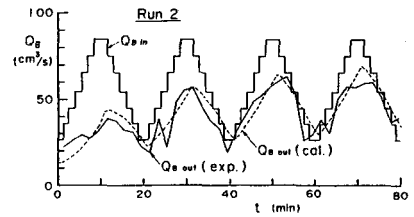


図 4 河床縦断形状 (Run 2)

Kazuo ASHIDA, Shinji EGASHIRA, Takeshi MURAOKA, Yoshifumi SATOFUKA

土砂量と流出土砂量($Q_{Bout}(exp.)$)の時間的変化である。流出土砂のピーク値は流入土砂のそれと比べて小さく、なっているが、4波目の波においても流入土砂量の総量の方が流出土砂量のそれより多く、流出土砂量のピーク値はまた増加する傾向にある。



3 シミュレーション 砂防ダムの土砂流出調節機能

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。実河川ではアーミングが生じて河床低下が抑制される反面、流れが集中して水みち侵食が起こり河床低下が促進される等複雑な現象を呈する。これらの問題は今後の課題であり、ここでは一様砂を対象として、流水は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。

連続式: $\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$ エネルギー式: $\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\alpha}{2g} \frac{Q^2}{B^3 h^3} \right) + \cos \theta \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{u_*^2}{gR} = 0$
 流砂の連続式: $\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \frac{1}{B} \frac{\partial (q_B \cdot B)}{\partial x} = 0$ 流砂量式: $\frac{q_B}{\sqrt{s \cdot g \cdot d^3}} = 17 \tau_{*c}^{\frac{2}{3}} (1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}) (1 - \frac{u_{*c}}{u_*})$
 抵抗則: $\frac{V}{u_*} = 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{k_s}$

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
 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Run2に適用して得られた流出土砂量を図5 $Q_{Bout}(cal.)$ に示す。これにより計算値は実験値をよく再現していることがわかる。

4 土砂流出調節機能の評価 評価基準の一つとして、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、

$$Q_{Bop}/Q_{Bip} = f(Q_{Bip} \cdot T/V, B_d/B, d/(Q_{Bip} \cdot T)^{\frac{1}{3}}, I_*/I_*)$$

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す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。なお用いた洪水は実河川の $1/50 \sim 1/100$ を想定し最小流量 6 l/s 、最大流量 18 l/s 、周期20分および30分とした。これによると B_d/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_* が小さいほど土砂調節機能が大きいことがわかる。

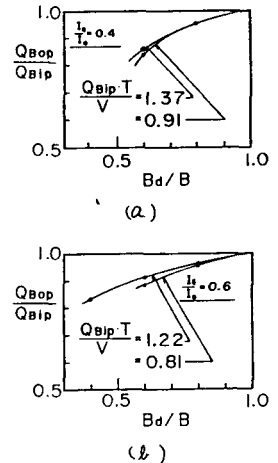


図6 土砂調節機能

5 おわりに 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、アーミング現象、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 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