

土砂流出量に着目した砂防ダムの土砂調節機構

立命館大学大学院 ○安道 明寿
立命館大学 伊藤 隆郭

立命館大学 Osti Rabindra
立命館大学 江頭 進治

1. はじめに 土石流対策工としての砂防ダムの効果に関する研究は数多く行われ、実用に供されているものもある。しかし、不透過型砂防ダムにおいても、満砂状態における土砂調節機能に関する研究は数少なく¹⁾、簡便かつ合理性をもった設計指針が求められている。本研究では、砂防ダムへの流入土砂量、流出土砂量、ダムの土砂貯留能力に着目し、砂防ダムによる土砂流出量のコントロール機能を実験データに基づいて評価する。

2. 砂防ダムによる土砂調節機構 図-1は、砂防ダムの模式図である。砂防ダムに流入する土石流の平衡勾配と砂防ダム内の堆積勾配および河床勾配に着目すると、砂防ダムの仮想貯留量 V_p は次式のように定義される²⁾。

$$V_p = \frac{(H_d \cos \theta)^2 B}{2} \left\{ \frac{1}{\tan(\theta - \theta_e)} - \frac{1}{\tan(\theta - \theta_0)} \right\} \quad (1)$$

ここに、 H_d はダムの高さ、 B は川幅、 θ は河床勾配、 θ_0 は土石流が流入する前に満砂している砂防ダム中の土砂堆積勾配、 θ_e は砂防ダムに流入する土石流の平衡勾配である。式(1)より、次式のように、 V_p を無次元表示する。

$$V_{p^*} = \frac{V_p}{\frac{H_d^2 B}{2} \cos^2 \theta} = 1 - \frac{\tan(\theta - \theta_e)}{\tan(\theta - \theta_0)} \quad (2)$$

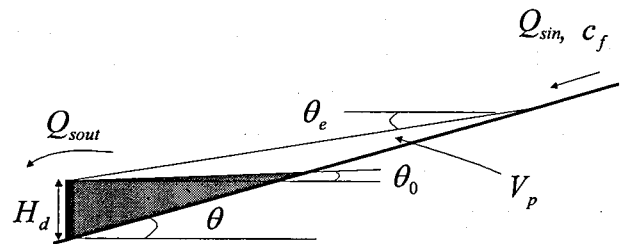


図-1 砂防ダムの模式図

式(2)において、 V_{p^*} が0の時は土砂貯留能力が無く、一方、 V_{p^*} が1の時は土砂貯留能力が無限大であることを示す。ここで、砂防ダムに流入する土砂量 V_{sin} 、砂防ダムから流出する土砂量 V_{sout} を導入して、砂防ダムによる土砂調節機能を議論するために、土砂流入量、土砂流出量およびダムの仮想貯留能力に関わる3つの無次元パラメータ(V_{sout}/V_{sin} , V_{sin}/V_p , V_{p^*})を定義する。これらを用いて、砂防ダムによる土砂調節機能を表現でき得ることを期待している。さらに、図-1

表-1 実験条件

Run	$q_m(\text{cm}^2/\text{s})$	c_f	$q_s(\text{cm}^2/\text{s})$	$T(\text{sec.})$	Run	$q_m(\text{cm}^2/\text{s})$	c_f	$q_s(\text{cm}^2/\text{s})$	$T(\text{sec.})$
1	50	0.2	10	5.0	11	50	0.1	5	11.8
2	50	0.2	10	15.0	12	50	0.1	5	19.8
3	50	0.2	10	26.0	13	50	0.1	5	35.8
4	50	0.2	10	34.6	14	50	0.1	5	51.8
5	50	0.2	10	51.0	15	50	0.1	5	67.8
6	50	0.2	10	54.6	16	50	0.1	5	83.8
7	50	0.2	10	77.0	17	50	0.1	5	95.8
8	50	0.2	10	105	23	50	0.1	5	26
9	50	0.2	10	155	24	50	0.1	5	44
10	50	0.2	10	185	25	50	0.1	5	90
18	50	0.2	10	10	26	50	0.1	5	125
19	50	0.2	10	36					
20	50	0.2	10	49					
21	50	0.2	10	83					
22	50	0.2	10	96					

(Run1~17はダム高10cm, Run18~26はダム高15cm)

に見られるように、ダムの仮想貯留能力の評価において土石流の土砂輸送濃度 c_f によって平衡勾配 θ_e が一意的な関係にある³⁾ことを用いている。

3. 水路実験とデータ解析 長さ5m、幅10cm、高さ20cmの矩形断面水路を用いている。使用材料は、粒径0.218cm、内部摩擦角38.7°、比重2.62、静止堆積濃度0.512の一樣砂である。水路勾配を13.4°に設定し、最下流端には、高さ10cmもしくは15cmの堰を設置し、砂防ダムをモデル化した。砂防ダムの満砂勾配は、

5.8° としている。これは、土石流の流入輸送濃度 0.05 に対応する勾配である。上流端から矩形波形のハイドログラフを与え、砂防ダムの土砂調節機能を評価するためのデータを計測している。実験条件を表-1に示す。ここに、 q_m は土石流の流量、 c_f はダムへの流入輸送濃度、 q_s は土砂の流量、 T は土石流の供給時間である。実験では、ダムからの流出土砂の輸送濃度・流量を下流端で 2sec.ごとに測定し、初期河床と通水後の河床の縦断分布を計測している。なお、土石流の $c_f=0.2$ の場合に対応する θ_e は 11.4°、 V_{p*} は 0.738²⁾ であり、 $c_f=0.1$ に対応する θ_e は 8.1°、 V_{p*} は 0.305²⁾ である。

図-2 (a), (b) は、 c_f が 0.2 の時の砂防ダムから流出する土砂量の時間変化である。同図において、(a) はダム高 10cm, (b) は 15cm を示している。また、上流から与えられた矩形波形のハイドログラフも載せてある。これによると、土砂供給量が増加するに伴い、砂防ダムの土砂調節機能が低下することを示している。同様の結果が、 $c_f=0.1$ のケースにも見られるが、仮想貯留量が小さいため、 $c_f=0.2$ のケースよりも砂防ダムの土砂調節機能が小さい。また、ダム高に着目すると、ダム高の大きい方が土砂調節機能が大きいことも分かる。

図-3 は、先述の 3 つの無次元パラメーターを用いて砂防ダムによる土砂調節機能を示したものである。同図より、 V_{p*} が等しい場合には、ダム高が異なっても、 $V_{sin}/c \cdot V_p$ と V_{sout}/V_{sin} の関係が一意的であると共に、 V_{p*} をパラメーターとして、ダムによる土砂コントロール機能を評価できることが分かる。

4. おわりに 砂防ダムによる土砂調節機能を評価するために、仮想貯留量を定義し、それを用いて、ダムへの流入土砂量、流出土砂量および砂防ダムの土砂貯留能力に関する 3 つの無次元量を用いて検討した。今後、より一般性を高めるために満砂ダムの土砂堆積勾配や流入土石流の濃度の影響に着目した、実験データの集積と数値解析を通じて、検討を行う予定である。

参考文献 1) Honda et al.: Prediction of debris flow characteristics in mountain torrents, Proc. of First International Conference of Debris-Flow Hazards Mitigation/ASCE, 707-716, 1997, 2) Itoh et al.: Numerical and experimental studies on control functions of close type check dam against debris flow, Proc. of the Ninth International Symposium on River Sedimentation, 2130-2137, 2004, 3) 江頭ら: 流砂量に関する力学的解釈, 水工学論文集, 第 41 巻, 789-794, 1997.

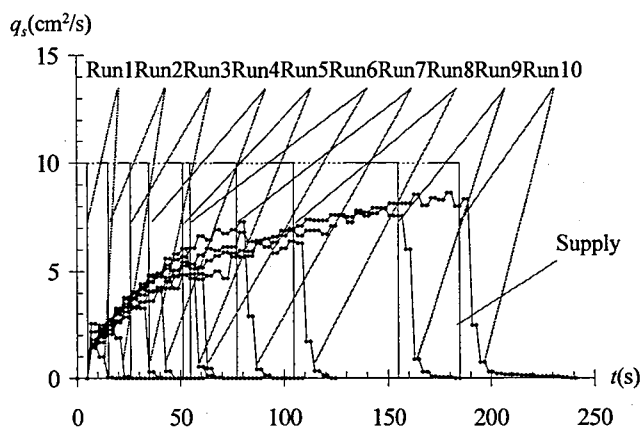


図-2 (a) $c_f = 0.2$ の流出土砂量の時間変化(ダム高 10cm)

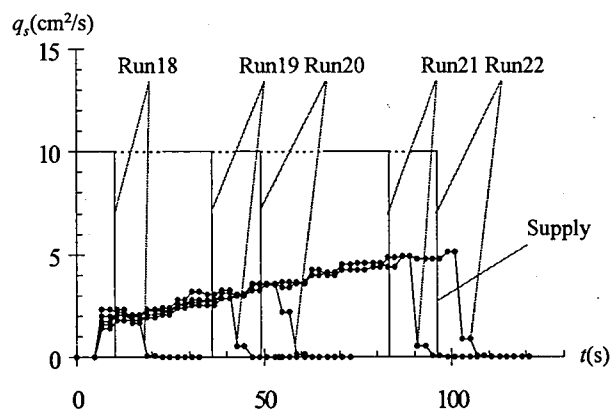


図-2 (b) $c_f = 0.2$ の流出土砂量の時間変化(ダム高 15cm)

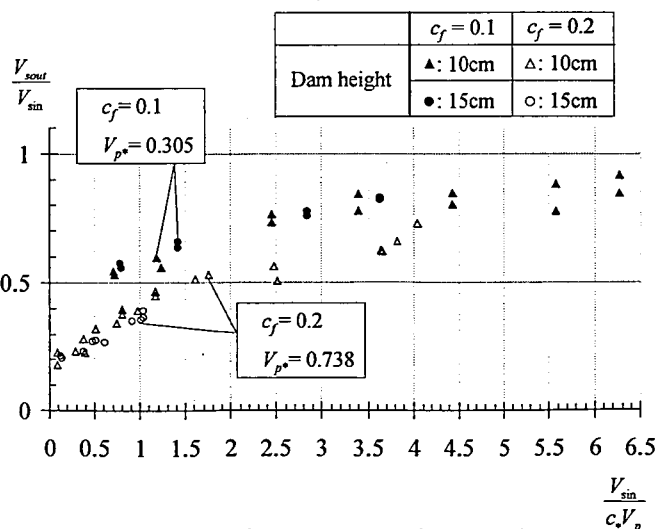


図-3 流入土砂量と流出土砂量の関係