

第 部門 不透過型砂防ダムの土砂調節機構

立命館大学 学生員 安道 明寿 立命館大学 正会員 伊藤 隆郭  
 立命館大学 フェロー 江頭 進治 立命館大学 学生員 Rabindra OSTI

**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、最も単純な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<sup>1</sup>、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、土石流の規模、ダムを通過する土砂量を考慮に入れた砂防ダムの土砂コントロール機能を評価するための手法を提案するものである。

**砂防ダムによる土砂調節** 図-1は、砂防ダムの模式図である。ここで、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に着目すると、砂防ダムによる仮想貯留能力  $V_p$  は次式のように定義される。

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

ここに、 $H_d$  はダムの高さ、 $B$  は水路幅、 $\theta$  は河床勾配、 $\theta_0$  は満砂した砂防ダムにおける土砂堆積勾配、 $\theta_e$  は砂防ダムに流入する土石流の平衡勾配である。

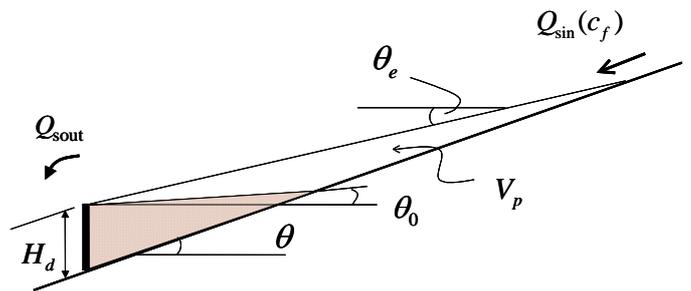


図-1 砂防ダムの模式図

なお、仮想貯留能力の評価において、平衡勾配の評価が重要となる。江頭ら<sup>2)</sup>による成果によれば、高濃度の土石流においては、土砂輸送濃度と平衡勾配が一意的な関係にあることが判明している。これにより、 $\theta_e$  の評価が可能となる。式(1)より、次式のように、 $V_p$  を無次元表示する。

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

$V_{p^*}$  は、 $\theta_e = \theta$  の時、最大値 1 を取り、 $\theta_e = \theta_0$  の時、最小値 0 を取る。さらに、もし  $V_{p^*}$  が一定値に増加するならば、砂防ダムはより効果的だと言え、対照的に、0 になる傾向があるならば、砂防ダムの土砂堆積のコントロール機能は失われていると考えられる。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コントロールを考察する際、次のような無次元パラメーター ( $V_{sout}/V_{sin}$ 、 $V_{sin}/V_p$ 、 $V_{p^*}$ ) を用いることが可能である。後述の図-4に示しているが、 $V_{p^*}$  をパラメーターとして、流入土砂量に対して、砂防ダムによる土砂調節機構をほぼ一意的な関係で表現でき得ることを期待している。

表-1 実験条件

Run	Sediment discharge rate, $q_m$ (cm <sup>2</sup> /s)	Flux sediment concentration, $c_f$	Supplied duration, $T$ (sec.)
1	50	0.2	5
2	50	0.2	15
3	50	0.2	26
4	50	0.2	34.6
5	50	0.2	51
6	50	0.2	54.6
7	50	0.2	77
8	50	0.2	104.6
9	50	0.2	154.6
10	50	0.2	184.6
11	50	0.1	11.84
12	50	0.1	19.84
13	50	0.1	35.84
14	50	0.1	51.84
15	50	0.1	67.84
16	50	0.1	83.84
17	50	0.1	95.84

**水路実験と実験条件** 実験においては、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 の一様砂である。実験においては、水路勾配 13.4° に設定し、最下流端には、高さ 10cm 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、6.1° 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。砂防ダムに流入する土石流の輸送濃度は、0.1 と 0.2 の 2 ケースとし、上流端から矩形波形のハイドログラフを与えた。表-1 に実験条件を示す。各ハイドログラフを与えた時の流出土砂の輸送濃度・流量は下流端で 2sec ごとに測定し、

初期堆積面と通水後の堆積面の縦断分布を10cmごとにポイントゲージにより計測している。なお、土石流の  $c_f = 0.2$  の場合に対応する  $\theta$  は  $11.4^\circ$ 、 $V_{p*}$  は  $0.738$  であり、 $c_f = 0.1$  に対応する  $\theta$  は  $8.1^\circ$ 、 $V_{p*}$  は  $0.305$  である。

**砂防ダムによる土砂調節機構** 図 - 2(a)、(b)は、流入土砂輸送濃度  $c_f$  が  $0.2$  の時の砂防ダムから流出する土砂量の時間変化、及び最終河床位の縦断分布である。図 - 2(a)には、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。同様の傾向は、 $c_f = 0.1$  のケースにも見られ、仮想貯留能力が小さいため、 $c_f = 0.2$  のケースよりも砂防ダムの土砂調節機能が小さいことが確認されている。図 - 3は、前述の3つの無次元パラメータを用いて砂防ダムに流入する土砂量と砂防ダムから流出する土砂量との関係を示したものである。同図は、砂防ダムの土砂調節機能を示している。これによれば、図 - 2の傾向を示すと共に、 $V_{sout}/V_{sin}$  と  $V_{sin}/(c_*V_p)$  の平面において、 $V_{p*}$  をパラメータとして、砂防ダムによる土砂コントロール機能を合理的に表現できることを示唆している。

**おわりに** 機能を評価するために、仮想貯留能力を定義し、それを用いて、流入土砂量、ダムからの流出土砂量および砂防ダムの土砂貯留量に関する3つの無次元量を用いて、砂防ダムによる土砂調節機能を評価するための一手法について検討した。今後、より一般性を高めるために、更に実験データを集積すると共に数値解析による検討も行う予定である。

**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) 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. 3) 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.

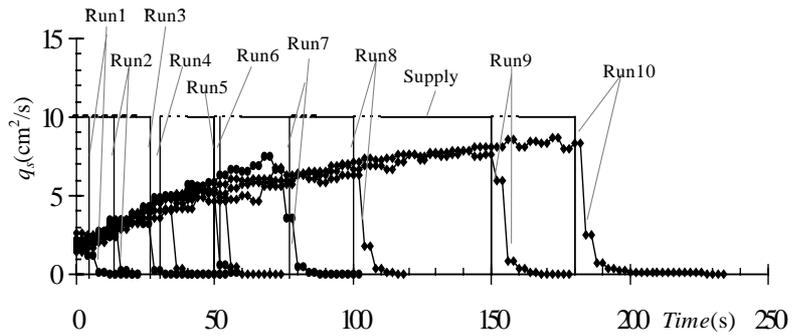


図 - 2(a)  $c_f = 0.2$  の流出土砂流量の変化

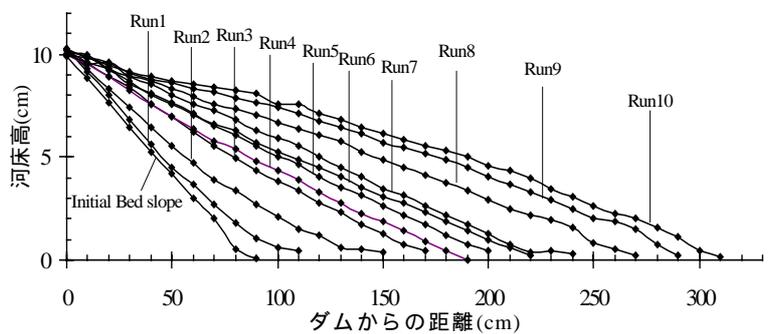


図 - 2(b)  $c_f = 0.2$  の最終河床の断面形状

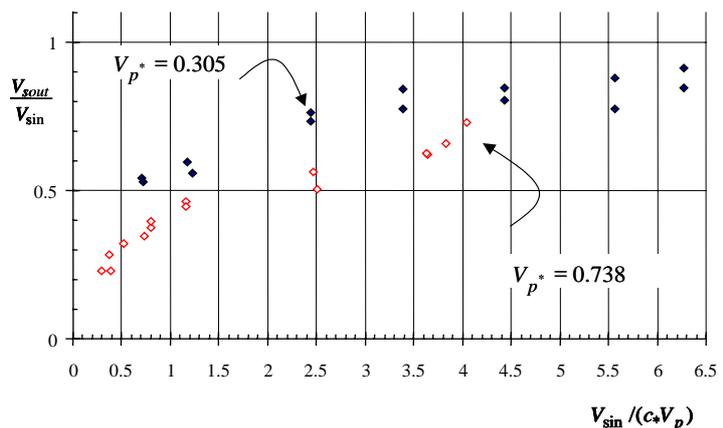


図 - 3 土砂調節機能