

大流量によるスリットダムの上砂調節機能について

(財) 砂防・地すべり技術センター
同 上

○ 梶木敏仁
松村和樹, 嶋大尚

1. はじめに

近年, 平時における土砂の連続性の維持, 魚道の代替手段など環境を保全することと, 土砂災害を防止することを両立させる砂防設備として, 一つまたは複数のスリットを設けたスリット砂防ダムの計画, 建設が増加する傾向にあり¹⁾, スリット砂防ダムにおける土砂調節機能を把握することを目的とした水理模型実験や数値シミュレーションが実施されている²⁾³⁾。

今後は, 水系一貫とした土砂管理のために, スリット砂防ダムを大流域の本川河道にも配置することが考えられるため, 小流量 (数 $100\text{m}^3/\text{s}$) 時における土砂調節機能ばかりでなく, 大流量 (数 $1,000\text{m}^3/\text{s}$) 時におけるスリット砂防ダムの土砂調節機能も把握しておく必要がある。

本報告は, ピーク流量が約 $2,500\text{m}^3/\text{s}$ の大流量に対して, 水理模型実験を実施し, スリット砂防ダムの土砂調節機能を検討するとともに, 水理模型実験結果と 1 次元河床変動計算を比較することによって, 計算の妥当性について検討したものである。

2. 検討方法

対象とした洪水は平成 7 年 7 月 11 日姫川災害であり, 図-1 に示すピーク流量約 $2,500\text{m}^3/\text{s}$ を持つハイドログラフとし, 供給土砂量は災害実績を参考にして約 260 万 m^3 とした。スリット砂防ダムは, スリット幅 $3.2\text{m} \times 7$ 門, スリット高 6m であり, 計画河床高とスリット底高が一致している(図-2 参照)。

2.1 水理模型実験

水理模型実験は, 縮尺は $1/80$, 相似側はフルードの相似側を用い, 模型範囲はスリット砂防ダム約 3km 上流とした。また, 河床は移動床とし, 実験砂は現地の粒度分布を考慮した混合粒径とした。

2.2 河床変動計算

河床変動計算は, 水面形の計算と流砂量の計算からなり, スリット砂防ダムの評価を行うために, 常流・射流を含んだ遷移断面 (不連続面) を同時に解く計算方法である *MacCormack* 法を用いた。以下には, 運動方程式, 連続式, *MacCormack* 法の基礎式をそれぞれ示す。また, 限界掃流力は修正 *Egiazaroff* 式を用い, 流砂量式は芦田・道上式を用いた。

■ 運動方程式

$$\frac{\partial}{\partial t}(AV) + \frac{\partial}{\partial x}\left(QV + \frac{1}{2}gh^2B\right) = q_*w' \cos \theta + gAi - gA \frac{n^2V^2}{R^{4/3}} \quad (\text{式 1})$$

■ 連続式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_* \quad (\text{式 2})$$

ここに, A : 各横断面での通水断面, V : 流下方向の流速, Q : 流量, g : 重力, h : 水深, q_* : 支川からの流入量(水), w' : 支川の支川下流方向の流速, θ : 本川と支川とのなす角(上流側の角度), i : 河床勾配, n : マニングの粗度係数, R : 径深, x : 流下方向, t : 時間 である。

■ *MacCormack* 法の基礎式

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial E}{\partial x} = C \quad (\text{式 3})$$

U_i^n を格子点 ($x=i\Delta x$, $t=n\Delta t$) 上の U の値と定義すると *MacCormack* 法は次のように離散化される。

・予測子段階
$$U_p^n = U_i - \frac{\Delta t}{\Delta x}(E_{i+1} - E_i) + \Delta t C_i - (D_{i+1} - D_i) \quad (式4)$$

・修正子段階
$$U_i^c = \frac{1}{2} \left\{ (U_i + U_p^n) - \frac{\Delta t}{\Delta x}(E_i^p - E_{i-1}^p) + \Delta t C_i^p + (D_i - D_{i-1}) \right\} \quad (式5)$$

ここに、 $D_i = K_v u_* h_i (U_{i+1} - 2U_i + U_{i-1}) \frac{\Delta t}{\Delta x^2}$ であり、 U_* : 摩擦速度、 K_v : 人工粘性係数 である。

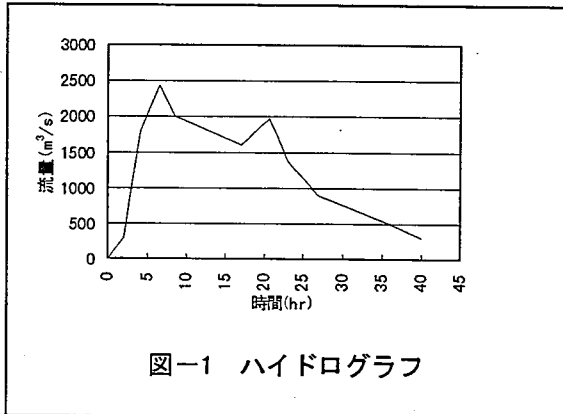


図-1 ハイδροグラフ

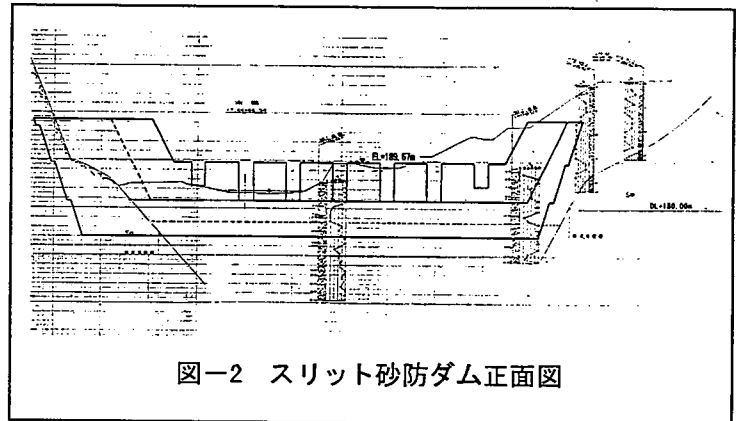


図-2 スリット砂防ダム正面図

3. 検討結果

図-3 には水理模型実験における平均河床高の変化を示す。

水理模型実験結果からスリット砂防ダムの土砂調節機能としては、無施設時にはスリット砂防ダム上流域で 142.4 万 m^3 堆積しており、スリット砂防ダム配置後は 176.3 万 m^3 堆積している。したがって、約 34 万 m^3 の土砂調節機能があることになる。また、流出土砂量のピークカットでは、ピーク流量約 2,500 m^3/s 時の無施設時の流出土砂量 24 m^3/s に対して、施設配置後の流出土砂量は

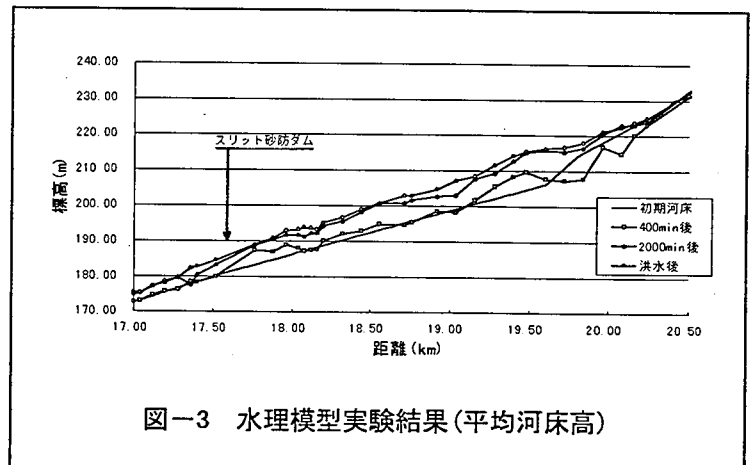


図-3 水理模型実験結果(平均河床高)

10 m^3/s である。このように、大流量時においてもスリット砂防ダムの土砂調節機能は、堰上げが開始する流量からその機能を発揮するといえる。また、発表時には水理模型実験結果と 1 次元河床変動計算結果から、大流量時におけるスリット砂防ダムの土砂調節機能を示す。さらに、水理模型実験結果と計算結果を比較することによって、計算結果の妥当性を示すとともに、1 次元河床変動計算の課題を示す。

4. おわりに

本報告では、大流量時におけるスリット砂防ダムの土砂調節機能を水理模型実験結果と 1 次元河床変動計算によって把握した。最後に、資料とりまとめにご尽力頂いた(株)建設技術研究所長井斉氏、青嶋弘和氏に深謝の意を表す。

(参考文献)

- 1) 大久保駿ら(1996) : スリットを有する砂防ダム, 床固めの建設実態, 砂防学会誌, Vol48 No.5, pp16~20
- 2) 例えば, 池谷浩ら(1980) : スリット砂防ダムの土砂調節効果に関する実験的研究, 砂防学会誌, Vol32 No.3, pp37~44
- 3) 例えば, 大久保駿ら : 連続するスリット砂防ダムの土砂調節効果, 砂防学会誌, Vol50 No.2, pp14~19