

II-108 透過性砂防ダムによる土石流の制御

滋 賀 県 正員 栗田三津雄
 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
 川 鉄 建 材 工 業 荒牧 浩

1. はじめに 土石流の流下域における対策工法として、不透過型の砂防ダムが広く用いられている。この種のダムは満砂になるまでは十分に機能を発揮するが、満砂後の機能が疑問視されている。そのため、鋼製スリットダムや立体格子型ダムなどの透過性ダムが注目されてきている。しかし、これらのダムの機能の評価法は確立されていない。本研究では、図-1に示す透過性ダムを対象として、それによる土石流の制御機構について、実験および数値計算により検討する。

2. 実験とその結果 実験には、図-1に示すように、透過性砂防ダムとして、千鳥型 (Zigzag Grid Type) と方型 (Square Grid Type) の2つのものを考え、段数と列数の組合せにより、5種類のダム模型を用いた。図-2のように、幅50cmの水路上流に5cmの厚さに砂を敷き、予め十分水分を与えておき、流下域にダムを置き、上流端より一定量の水を一定時間供給して土石流を発生させ、ダム前後における土石流の特性量（流量、濃度、粒度分布、流速）および堆積形状の測定を行った。河床材料として図-3に示す3種類を用い、河床勾配 θ は 16° と 20° である。

図-4はピーク流砂量の変化率を示している。横軸には、ダムの格子最小間隔 $l_{\min}$ ($l_{\min} = \min(l_y, l_z)$; l_y, l_z は y, z 方向の純間隔) と95%粒径 d_{95} との比 $l_{\min}/d_{95}$ がとられている。ZタイプとSタイプを比較すると、多少Sタイプの変化率が大きい、全体的には変化率は $l_{\min}/d_{95}$ の値に大きく依存しており、 $l_{\min}/d_{95} = 1.0$ で0%に、5.0~6.0で100%程度になっている。このことより、ピークカットの効果としては $l_{\min}/d_{95} = 1.5 \sim 3.5$ が有効と判断できる。

次に、総流入土砂量の流出率を図-5に示す。 $l_{\min}/d_{95} = 1.5 \sim 2.0$ ではZタイプとSタイプの差が顕著に表れている。すなわち、Sタイプでは大部分の流入土砂が貯留されて、不透過ダムと同様の結果となっているが、Zタイプでは、通過率は30~75%であって、これは $l_{\min}/d_{95}$ ばかりでなく、列数によっても変化している。

3. 通過率 移動砂礫がダムの格子に接触した場合には、その砂礫は停止するものとすれば、土石流先端部の土砂通過率 P は第1列に対して次式で与えられる。

$$P_1 = \sum_{i=1}^n \frac{B_0}{B} \left\{ \frac{(l_y - d_i)(l_z - d_i)}{l_y l_z} \right\} f(d_i) \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 B は水路幅、 B_0 は水通幅、 l_y は格子 y 方向の純間隔、 l_z は z 方向の純間隔、 d_i は i 階級の粒径である。図-6は

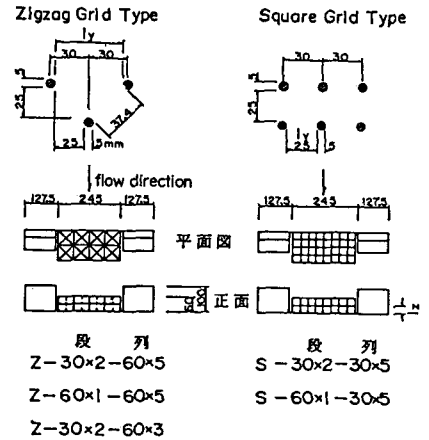


図-1 透過性砂防ダム模型

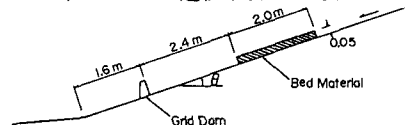


図-2 実験概略図

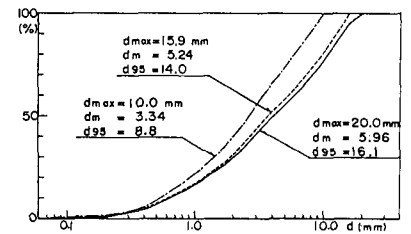


図-3 実験使用砂の粒度分布

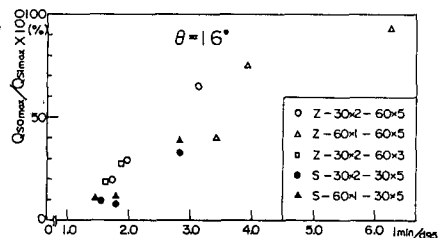


図-4 ピーク流砂量の変化率

土石流先端部の土砂通過率に関する計算値と実験値の比較である。図の比較が示すように、ばらつきは見られるものの、土砂の通過率は、式(1)によって、かなり適切に評価していると考えられる。

4. 堆積形状の予測 芦田、江頭^{1),2)}による土石流の流下堆積過程に関する一次元支配方程式は以下のものである。

$$\text{砂と水の体積保存則: } \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Uh}{\partial x} = \frac{1}{C_*} \cdots \cdots (2), \quad \text{砂の体積保存則: } \frac{\partial Ch}{\partial t} + \frac{\partial CUh}{\partial x} = -D \cdots \cdots (3)$$

$$\text{運動量保存則: } \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} = g \sin \theta - \left\{ g \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{2} g \frac{(\sigma-1)h}{(\sigma-1)C+1} \frac{\partial C}{\partial x} \right\} + \frac{\sigma + (1-C)/C}{(\sigma-1)C+1} \frac{UD}{h} \\ - \mu_k \frac{(\sigma-1)Cg \cos \theta}{(\sigma-1)C+1} - f_b \frac{1}{(\sigma-1)C+1} \frac{U^2}{h} \cdots \cdots (4)$$

$$\text{河床の連続式: } \frac{\partial Z_b}{\partial t} = D/C_* \cdots \cdots (5)$$

$$\text{堆積速度の式: } \frac{D}{U} = C_* \tan(r-\theta) \cdots \cdots (6)$$

ここに、 Z_b は河床位、 D は堆積速度、 C は土石流堆積濃度、 C_* は堆積物の体積濃度、 h は流動深、 U は断面平均流速、 σ は土粒子比重、そして堆積勾配 r は $r = \tan^{-1} [\mu_k \cdot C \cdot (\sigma-1) / \{C(\sigma-1)+1\}]$ と表している。未知量は h 、 U 、 D 、 C 、 Z_b の5つであり、(2)～(6)式により堆積形状に関する数値解析が可能である。なお、ダム地点 m の境界条件は次のように与えられる。

$$Q_s \text{ trap} = (1-P) C_m h_m U_m \cdots \cdots (9)$$

$$D_m = Q_s \text{ trap} / \Delta x \cdots \cdots (10)$$

以上の式および境界条件を用いて計算した結果と、実験により観測された堆積形状を比較したものが図-7である。これによれば、計算結果はほぼ実験を説明している。

5. おわりに 透過性砂防ダムによる土石流の制御法を考えていく上において、その基礎となる流送土砂の通過率に関する検討を行った。通過率は、流入土石流の性質、ダムの堆積形状、およびダムの型式に依って時間的にも変化するが、図-7に示したシミュレーションの結果は通過率に関する一般的評価の可能性を示すものである。今後、評価モデルの条件面での多用化を図り透過性砂防ダムの土石流制御機能に関する一般的評価法をさらに確立する必要がある。

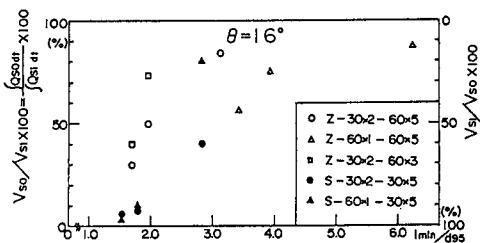


図-5 総流入土砂の流出率

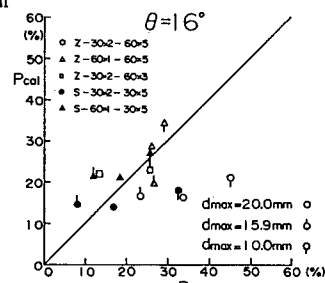


図-6 P実験値と計算値の比較 (先端部流送土砂)

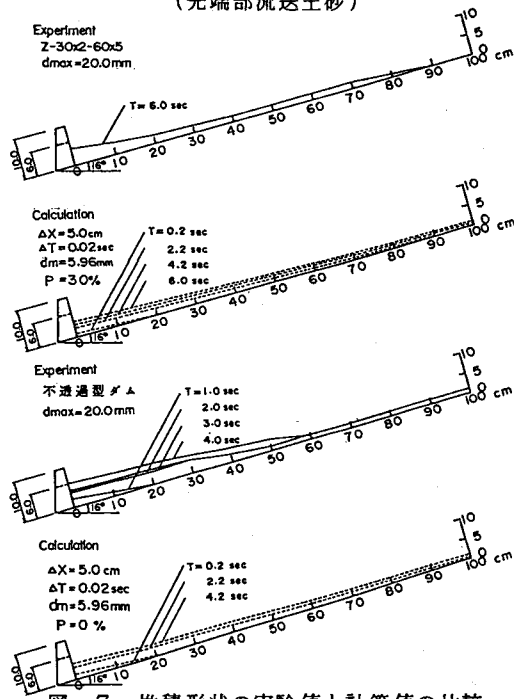


図-7 堆積形状の実験値と計算値の比較

<参考文献> 1) 芦田、江頭、神矢、佐々木：京大防災研年報、第29号B-2、1986、pp.329-342

2) 芦田、江頭、佐々木：京大防災研年報、第30号、1987（投稿中）