

砂防ダムの土石流調節効果に関する検討

日本工営株式会社	正会員	○清水 聡
立命館大学理工学部	正会員	江頭 進治
大阪府立工業高等専門学校	正会員	本田 尚正

1. はじめに 砂防ダムは、単に空容量に土砂を貯留して土砂流出を直接的に抑止するだけでなく、満砂のダムであっても、堆砂域にさらに土砂を堆積させたり、流砂形態を土石流から土砂流に変化させるといった土砂流出コントロール機能を有している。したがって、砂防ダムの適切な規模および建設位置の選定は、土砂流出抑制を目的とした流域全体の土砂管理計画を考える上で非常に重要である。これより、本研究では、平成5年6月に山形県で発生した濁沢土石流を事例として、砂防ダムを有する山地河川に発生する土石流を数値シミュレーションし、砂防ダムの土石流調節効果について検討を行う。

2. 支配方程式 土石流の面的な氾濫・堆積の議論が必要な場合には二次元支配方程式が用いられるが、河道に沿った議論で十分な場合には一次元支配方程式が用いられる。ここでは、江頭・芦田らによる支配方程式¹⁾を用いることとし、土石流の質量保存則、運動量保存則および河床位方程式をそれぞれ次式で与える。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial U h B}{\partial x} = \frac{E}{c_*} \quad \cdots (1) \quad \frac{\partial c h}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial c U h B}{\partial x} = E \quad \cdots (2)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} = g \sin \theta_x - \frac{1}{\rho_m} \frac{1}{h} \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{U E}{c_* h} - \frac{\tau_b}{\rho_m h} \quad \cdots (3) \quad \frac{\partial Z_b}{\partial t} = - \frac{E}{c_* \cos \theta_x} \quad \cdots (4)$$

ここに、 t は時間、 x は流れに沿う座標、 h は流動深、 B は河幅、 U は断面平均流速、 E は侵食速度であり、これが負の場合には堆積を示す。 c は土石流の土粒子体積濃度、 c_* は砂礫の静止体積濃度、 θ_x は河床勾配、 g は重力加速度、 ρ_m は水と砂礫の混合物の密度、 P は圧力、 τ_b は河床せん断力、 Z_b は河床高である。なお、侵食速度と河床せん断力には江頭らの式¹⁾を用いる。

3. 計算条件 式(1)～(4)を用いて、風上スキームによる差分法を適用し、数値解析を行う。計算条件として、水の供給については、過去の実績降雨と流域面積を参考に、上流(図1における河床高標高約800m地点)から流量 $Q=30(\text{m}^3/\text{s})$ を定常的に与えている。またこの溪流には砂防ダムが9基設置されている。No.9以外はいずれも満砂状態である。差分時間間隔 $\Delta t=0.02(\text{sec})$ 、差分距離間隔 $\Delta x=4(\text{m})$ 、砂礫の密度 $\sigma=2.65(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、内部摩擦角 $\phi_s=33^\circ$ 、静止体積濃度 $c_s=0.5$ 、代表粒径 $d=0.04(\text{m})$ としている。なお、初期河床縦断形状と各地点の初期勾配は、図1と図2に示すとおりである。

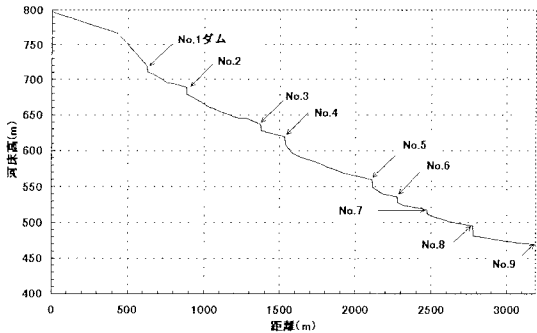


図1 初期河床形状

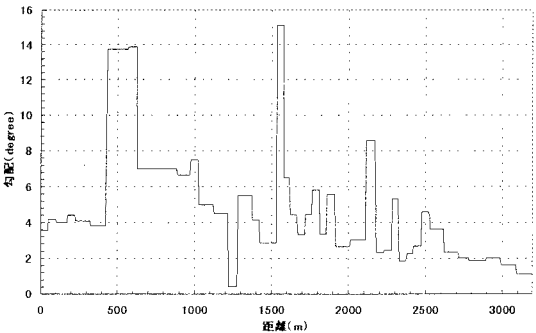


図2 初期勾配形状

4. 計算結果

図3に現況計算における河床の時間変化を示す。水の供給を開始して、上流から約700m地点の河床高は1200秒後に約20m前後侵食されている。この侵食された土砂が土石流発生源と思われ、その土砂量は単純計算でおよそ46000 (m³/s)にもなる。また、No.1ダム下流(600~900m), No.2ダム下流(900~1300m)では堆積が顕著に現れている。これは満砂状態のダムでも土石流の流量低減効果が得られることを示している。図4は各地点の流量に関する結果である。上流から600m地点においてピーク流量320 (m³/s)に達しているが、No.1ダム直下流の720m地点のピーク流量は120 (m³/s)と大幅に減衰している。以上の結果より、砂防ダムは満砂状態であってもその上流側の河床勾配が緩やかであれば、その効力を十分発揮することがわかる。

つぎに、満砂ダムを掘削し、貯留容量を回復する時、どのダムを掘削すれば最も効果的かを検討する。ここで、掘削は図5のように行い、掘削土砂は同図中の表のとおりである。上流4基の砂防ダムを別々に回復させた場合の流量最大値の分布を図6に示す。これによるとNo.2を回復させた場合、効果的に流量が低減する。その要因としては、土石流発生源の直下流にあって、土石流の捕捉に最も好位置であること、河床勾配7°程度の安定した堆砂域が確保できることなどが挙げられる。一方、No.1を回復させた場合は500m付近の流量最大値は逆に増えている。これは掘削方法によるもので、掘削することによって、土石流発生源の勾配が最も急になるためである。これらより、砂防ダムの土石流調節機能の確保にあたっては、単に空容量の確保だけではなく、土砂生産源との位置関係、河幅や河床勾配の変化、貯留容量回復のための掘削方法など、ダムの立地条件にも大きく依存することがわかる。

5. おわりに

実流域に発生した土石流の再現計算を行い、砂防ダムの土石流調節機能を数値的に検証する方法を示した。ダムの立地条件など、さまざまな条件下で計算を行うことにより、最も効果の高い砂防ダムの規模と位置を選定できるものと考えている。

【参考文献】1) 江頭進治：土石流の停止・堆積のメカニズム(2)、新砂防、Vol.47 No.2(187)、July 1993。

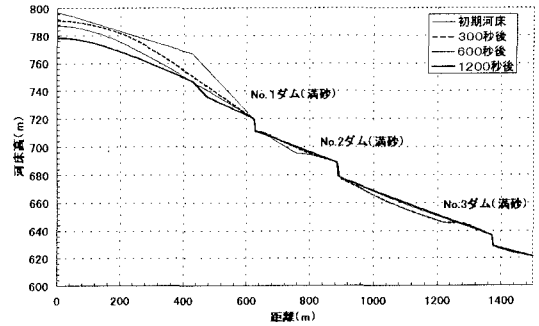


図3 河床の時間変化

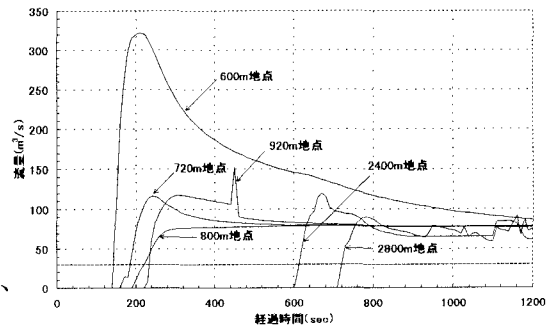


図4 各地点の流量の時間変化

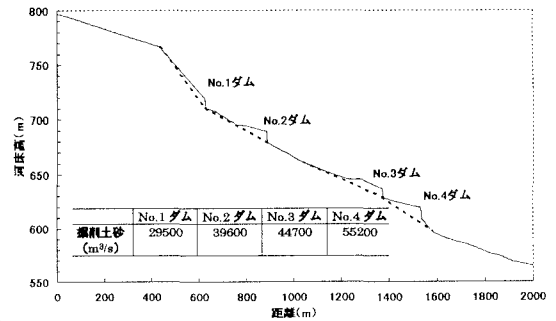


図5 掘削形状図

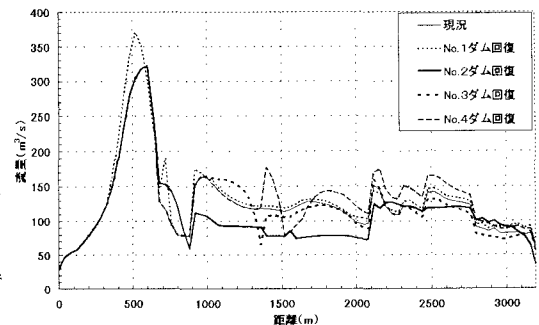


図6 流量最大値分布