

第 部門 天然ダムの侵食に伴う洪水流の形成機構に関する一考察

立命館大学理工学部 学生員 ○太井 正史 立命館大学理工学部 フェロー 江頭 進治
立命館大学理工学部 正会員 伊藤 隆郭

はじめに 2004年10月23日午後5時56分頃、新潟県中越地方において、マグニチュード6.8、最大震度7の地震が発生した。この地震によって、新潟県全域に大きな被害を出すという大惨事となった。この地震により山古志村にある芋川流域では、大規模な斜面崩壊によって河川がせき止められることによる天然ダムが形成された。芋川流域における天然ダムの形成地点を図-1に示す。天然ダムの侵食に伴う段波形成およびその変形については、若干の研究があるものの²⁾研究例が少ない。本研究においては、天然ダムの侵食に伴う洪水流の形成機構について若干の検討を行った。



図-1 芋川流域における天然ダムの形成地点

支配方程式および計算条件 天然ダムに貯水される水および越水に伴う天然ダムの侵食・土石流（洪水流）の流下に関する越流シミュレーションには次の式(1)および式(2)～式(5)の支配方程式¹⁾が用いられる。

$$\frac{\partial L h_d}{\partial t} = q_{in} - q_{out} \quad (1) \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = \frac{E}{c_*} \quad (2) \quad \frac{\partial \bar{c} h}{\partial t} + \frac{\partial \gamma \bar{c} M}{\partial x} = E \quad (3)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u} M}{\partial x} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_b}{\bar{\rho}_m} \quad (4) \quad \frac{\partial z_b}{\partial t} = -\frac{E}{c_* \cos \theta} \quad (5)$$

ここに、 t は時間、 x は流れ方向の座標、 h_d は天然ダムにおける最大水深、 L は貯水長、 q_{in} は流入量、 q_{out} は流出量、 h は水深、 M は混合物のフラックスの流れ方向の成分、 E は侵食速度であり、これが負の場合には堆積を示す。 $\bar{c}$ は断面平均土砂体積濃度、 c_* は土砂の静止堆積濃度、 $\bar{u}$ は断面平均流速、 H は水位（ $H = h + z_b$ ）、 θ は河床勾配、 g は重力加速度、 $\bar{\rho}_m$ は混合物の断面平均質量密度で（ $\bar{\rho}_m = (\sigma - \rho)\bar{c} + \rho$ 、 σ は土砂の質量密度、 ρ は水の質量密度）である。

τ_b は河床せん断応力、 z_b は河床高、 γ は土砂濃度の鉛直分布に関する形状係数である。なお、侵食速度と河床せん断応力は江頭ら¹⁾のものを適用する。

現地における天然ダムの侵食・決壊に伴う洪水流の流下および決壊に伴う段波形成などの特性を調べるために、手始めとして水路スケールの数値解析を試みた。

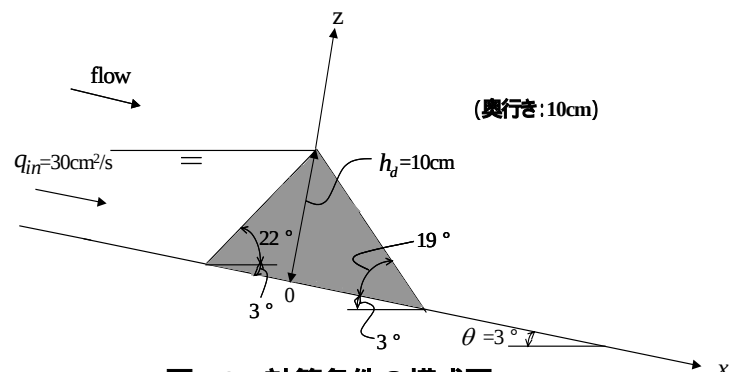


図-2 計算条件の模式図

図-2 は、計算に用いた水路および天然ダム形状

の模式図である。水路床は勾配 3° の固定床で、その上に高さ 10cm で三角形の土塊を置き天然ダムを模擬した。ダムの上流からは、 $30\text{cm}^2/\text{s}$ の定常給水を行い、天然ダム頂部からの越水に伴う侵食を取り扱っている。なお、天然ダムの土塊は飽和状態のものを想定し、浸透流の影響は考慮していない。計算に用いたパラメータは、次のようである。土砂粒径 $d = 0.218\text{cm}$ 、土砂の質量密度 $\sigma = 2.65\text{g}/\text{cm}^3$ 、水の質量密度 $\rho = 1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 、静止堆積密度 $c_* = 0.52$ である。また、有限差分においては、 $\Delta x = 0.05\text{m}$ 、 $\Delta t = 0.00125\text{sec}$ を使い、スタッガードスキームの leap-frog 法を用いている。

天然ダムの侵食に伴う洪水流特性 図 - 2 の座標系を用いて天然ダムの侵食に伴う洪水流の水利特性についてみる。図 - 3、図 - 4 および図 - 5 は、天然ダムの地点から Δx (0.05m)、1m、3m および 5m の地点における全流量（水と土砂の混合物）輸送濃度および河床高の時間変化である。

これによると、 $x = 1\text{m}$ においては全流量が供給水量の約 5 倍、土砂輸送濃度は約 1.5 倍程度になっている。しかしながら、 $x = 3\text{m}$ 、 5m 点においては、供給水量および供給土砂輸送濃度と同じであり、土石流侵食の影響が及ばないことが分かる。今回の計算は 1 ケースのみのものであるが、幾つかのケースについて検討した結果は発表時に示す。

おわりに 天然ダムの侵食に伴う洪水流の水利特性について若干の計算例を示した。今後、実験および数値解析を通じて、流れの特性について更に検討を行う予定である。

参考文献 1)江頭ら：姫川支川蒲原沢土石流シミュレーション、水工学論文集、第 42 巻、pp919-924、1998
2)高橋保・中川一：天然ダムの越流決壊に形成される洪水・土石流のハイドログラフ、水工学論文集、第 37 巻、pp699-704、1993

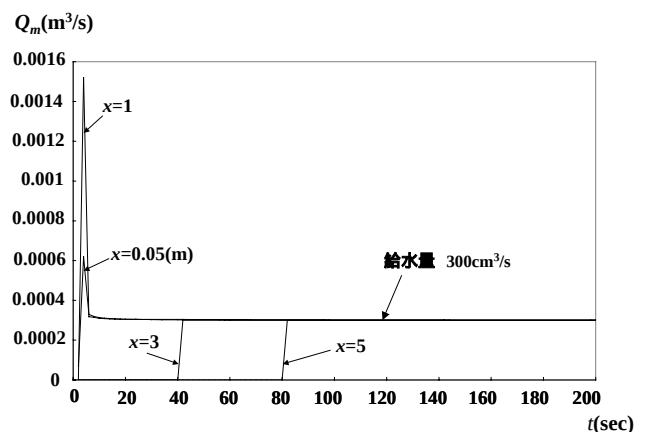


図 - 3 各断面における流量の時間変化

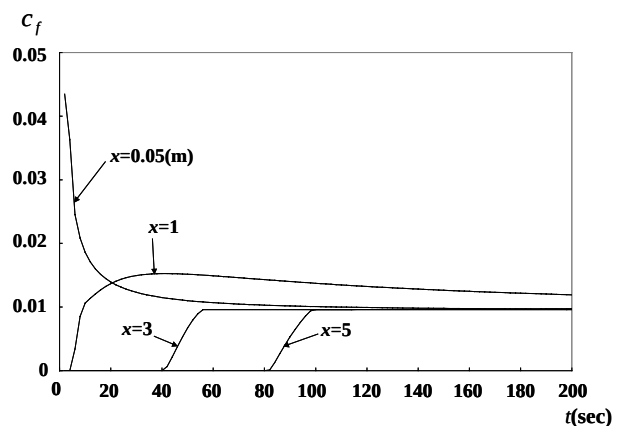


図 - 4 各断面における土砂輸送濃度の時間変化

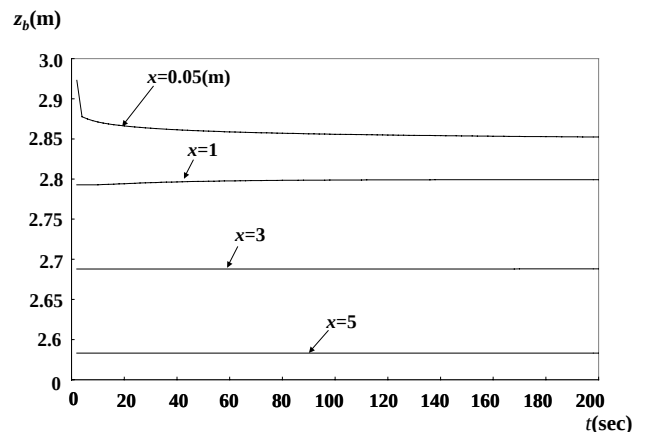


図 - 5 各断面における河床の時間変化