

萱瀬ダム流域における土砂流出量評価に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 中村 次郎
 長崎大学工学部 正会員 川池 健司
 長崎大学工学部 フェロー 野口 正人

(1) はじめに

現在、わが国ではダム建設に対する関心が高まりつつあり、建設そのものに疑問の声があがっている場所も少なくない。長崎県の本明川ダム、熊本県の川辺川ダムでは建設の是非で多くの論議を呼び、ダムの必要性に対する再認識が求められるようになってきている。そのため、ダム建設の本来の目的を明確にし、ダム建設による周辺環境への影響を適切に把握することが重要である。

ダムを管理する上では堆積土砂に関連する問題がある。貯水池に土砂が流入してくれば湖底に土砂が堆積し、ダム貯水池の貯水能力の低下や、土砂供給量の低下による下流域環境の変化等の問題が起こる。

ダム貯水池に堆積する土砂は、ダム流域から運ばれてくる流入土砂である。このような流域から流入してくる土砂は、降雨により生産され、表面流により輸送される。本研究では、長崎県の萱瀬ダム流域において無限長斜面安定解析により斜面の安全率を算定し、この安全率をもとにして斜面からの崩壊土砂量を決定する。さらに、落水線に基づいた一次元土石流解析を行って、ダム貯水池まで運ばれてくる流出土砂量を算定する。

(2) 解析手法の説明

流域斜面において雨水が浸透しやすい堆積層と浸透しにくい不浸透層を仮定すると、降雨時に堆積層中に中間流が発生することになる。無限長斜面安定解析の概念では、中間流の水位が上昇すると堆積層の重量が増加し不浸透層との境界で滑り落ちようとする力（せん断力 τ ）が発生し、これが不浸透層から受ける滑りに抵抗する力（せん断抵抗力 τ_r ）を上回る時、すなわち以下で定義する安全率 SF が 1 以下になるとき、この堆積層は崩壊して土砂を生産すると定義する。

$$SF = \frac{\text{滑りに抵抗するせん断抵抗力}}{\text{滑ろうとするせん断力}} = \frac{\tau_r}{\tau} \quad (1)$$

本研究では、単位面積あたり崩壊土砂量を各々の斜面で安全率 SF が 1 を切った時間に比例するとした。具体的には以下のように定義する。

$$\text{単位面積あたり崩壊土砂量} = \text{単位時間} \cdot \text{単位面積あたり崩壊速度} \times \text{崩壊時間} (SF \text{ が } 1 \text{ を切った時間}) \quad (2)$$

流域に降雨があると、当初は全て中間流に吸収されるが、中間流がさらに発達していくと斜面の表面流となる。斜面で発生した表面流は、崩壊した土砂や斜面で侵食された土砂を取り込み、土石流として発達していく。土石流の流動深 h 、単位幅流量 q 、土石流中の土砂濃度 C_L は以下の基礎方程式により 1 次元解析する。

式(3)、(4)は土石流全体の連続式および運動方程式、式(5)はその中に含まれる土砂粒子の連続式である。

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial x} = i + r + y \quad (3) \quad q = \frac{1}{n} h^{\frac{5}{3}} \sin^2 \theta \quad (4)$$

$$\frac{\partial(C_L h)}{\partial x} + \frac{\partial(C_L q)}{\partial x} = (i + y) \times C_L \quad (5)$$

ここに、 y : 単位時間・単位面積あたり崩壊速度、 q : 土石流の単位幅流量、 h : 土石流の流動深、 r : 降雨強度、 C_L : 土石流中の粗粒子の容積濃度、 C_{L_0} : 堆積層中の粗粒子容積濃度、 i : 侵食速度、 θ : 河床勾配、 n : マニングの粗度係数である。

(3) 萱瀬ダム流域への適用

前節までに示した土砂流出量解析モデルを萱瀬ダム流域に適用してダム貯水池に流出する土砂量を解析した。萱瀬ダムは長崎県大村市を流れる郡川の上流に建設された長崎県で初めての多目的ダムである。本解析の計算時間は、1997年1月～2001年12月とし、1年ごとに貯水池に堆積した堆積土砂量の実績値と解析結果とを比較した。

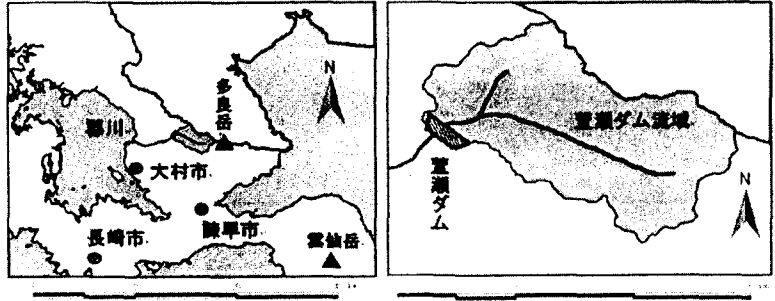


図-1 萱瀬ダムと流域の位置

(4) 結果と考察

図-2、図-3は上記の土砂流出量解析モデルを萱瀬ダム流域に適用した結果である。図-2は斜面安定解析による崩壊を考慮せず、土石流計算のみを行い解析した結果であり、図-3は崩壊を考慮したものである。まず、堆積土砂量の実績値の特徴としては1999年の堆積土砂量が、他の年の値と比較してきわめて大きいということである。各年の総降雨量に大きな差があるわけではなく、1999年の8、9月に集中的な降雨があったのが原因と考えられる。つぎに解析結果であるが、図-2の崩壊を考慮していないケースは年ごとの解析結果と実績堆積量との相関はそれほどみられない。特に1999年の解析結果は、他の年よりもむしろ少なく、実績堆積量の約3分の1である。降雨時に発生した流れにより土砂は生産・輸送されるので各年の総降雨量と解析結果には大きな相関関係が存在するため、図-2のような総降雨量に比例するような土砂量の結果が得られたと考えられる。一方、図-3の崩壊を考慮しているケースは、2000年の結果を除けば年ごとの相関は概ね良好であり、1999年の解析結果も実際の値と近いものが得られた。このケースでは、安全率が1以下になった場合のみ崩壊土砂量を考慮するため、総降雨量はなく、安全率が1以下にさせるような集中的な降雨が解析結果に大きく影響するため、図-3のような1999年の土砂量が多いという結果が得られたと考えられる。ただ、2000年の解析結果が過多である点についてはプログラム上に問題があり改善の余地があった。

(5) おわりに

今回の土砂流出量解析は、個々の斜面における安全率より算定した崩壊土砂量を横流入量として一次元の土石流解析を行うことを特徴としている。しかし、斜面が不安定になったときの崩壊速度などのパラメータの決定方法については、今後さらに検討することが必要である。また今回は標高と斜面のデータのみを用いて解析した。しかし中間流を考慮した土石流計算や斜面安定解析を行う際、斜面の土地被覆状況や土質等のデータが必要であることは明らかである。

(参考文献) 市川 温・佐藤 康弘・椎葉 充晴・立川 康人・宝 馨：山地流域における水・土砂動態モデルの構築，京都大学防災研究所年報，第42号 B-2，pp.211-224，1999。

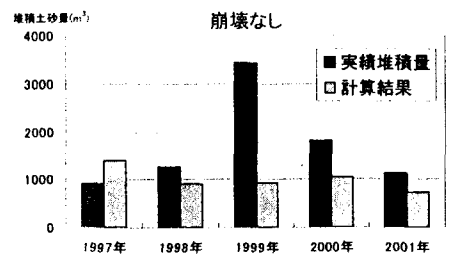


図-2 解析結果 (崩壊なし)

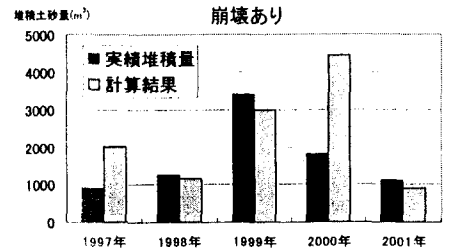


図-3 解析結果 (崩壊あり)