

24 土石流流体力による砂防施設の評価

建設省四国山地砂防工事事務所 小山内信智 我部山佳久
(財)砂防・地すべり技術センター 大田原幸亘 吉田真也 ○片嶋啓介

1. はじめに

平成 11 年 6 月 29 日に徳島県西祖谷山村とびのす谷において、土石流が発生し、谷出口のホテル(鉄筋コンクリート 5 階建て)などが被災した。本溪流では、保全対象の立地条件等から今後も土石流発生時には、被災する可能性が高いと考えられる。そこで本検討では、とびのす谷における想定土石流を対象として、砂防施設による流体力の低減効果を定量的に把握するために、数値シミュレーションを行い、その評価について発表を行う。

2. 災害概要¹⁾

H11.6.29 未明からの一連の降雨により、祖谷川流域では比較的大きな崩壊が 11 箇所が発生した。とびのす谷周辺約 10km²に降雨が集中し、善徳雨量観測所では最大 476mm の日雨量が観測された。とびのす谷では、合計 6 箇所(うち大規模なものは 3 箇所)で山腹・溪岸崩壊が発生し、崩壊土砂が土石流となって流下した。そのため、谷出口にあるホテルおよび土産物店が被害を受けた。また、主要地方道が約 160m にわたり埋没するなどの被害も発生した。

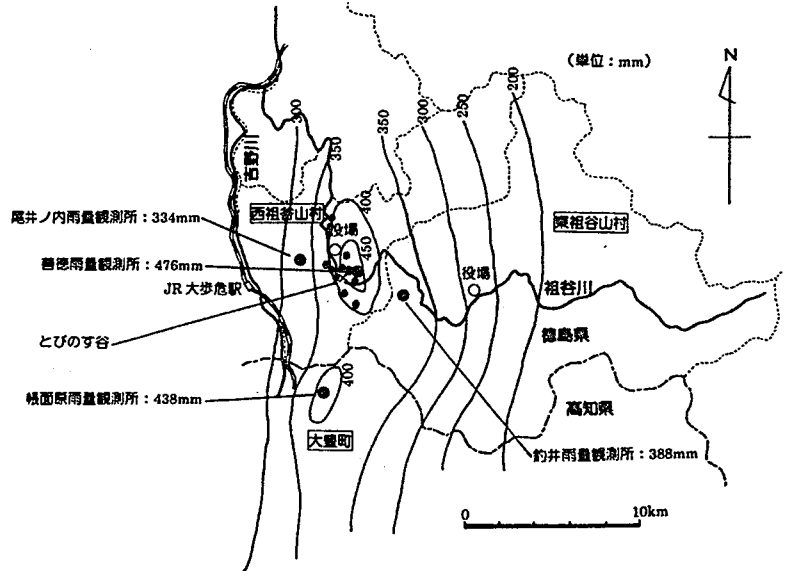


図-1 雨量分布

表-1 基礎方程式

3. シミュレーションモデルと計算条件

シミュレーションは、表-1 に示されるように二次元浅水方程式で表されるものである。

また、土石流による流体力は、次のように求められる。

$$F = \frac{w}{g} h U^2$$

ここに、F: 単位幅あたりの流体力(tf/m)、w: 土石流の単位体積重量(tf/m³)、g: 重力加速度(m/s²)、h: 土石流の流動深(m)、U: 土石流の流速(m/s)である。

計算パラメータは、災害状況・一般値から災害時の再現計算を実施して決定し、流体の密度 $\rho = 1.2\text{g/cm}^3$ 、砂礫密度 $\sigma = 2.6\text{g/cm}^3$ 、砂礫の内部

摩擦角 $\phi = 30^\circ$ 、堆積層砂礫の容積密度 $C_s = 0.6$ 、砂礫の粒径 $d = 5\text{cm}$ とした。土石流ハイドログラフは三角形ハイドロとし、ピーク流量をラショナル式により決定した。計算対象とする土砂量は、超過確率日雨量に対応して設定し表-2 に示した。

また、谷出口にあるホテルについては、不透過の構造物として取り扱い、対象となる計画施設は基幹ダム(H=12m、スリット幅 1.5m)および、流路工を対象としている(図-2)。

○運動方程式	
x 方向の運動方程式	$\frac{\partial M}{\partial t} + \beta \frac{\partial uM}{\partial x} + \beta \frac{\partial vM}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{0x}}{\rho_T}$
y 方向の運動方程式	$\frac{\partial N}{\partial t} + \beta \frac{\partial uN}{\partial x} + \beta \frac{\partial vN}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{0y}}{\rho_T}$
○連続方程式	
流れ全体の体積の連続式	$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$
砂礫の連続式	$\frac{\partial(ch)}{\partial t} + c_* \frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{\partial(cM)}{\partial x} + \frac{\partial(cN)}{\partial y} = 0$
ここに、M=uh, N=vh, H=h+z _b , u, v: x および y 方向の平均流速、h: 土石流の全流動層厚、z _b : 流動層底面の地盤標高、 τ_{0x} , τ_{0y} : x および y 方向の抵抗力、g: 重力加速度、 β : 運動量補正係数($\beta = 1.25$)、c _* : 堆積土砂濃度、c: 砂礫移動層の土砂濃度で土石流状態の場合 c _d 、掃流状態集合流動状態の場合 c _e 、 ρ_T : 流動層全体の密度	

表-2 超過確率年別流出土砂量

超過確率年	日雨量(mm)	流出土砂量(m ³)
100	478.4	17,720
150	506.8	19,505
200	526.9	19,830

4. 計算結果と考察

無施設のケースにおいては、土石流氾濫範囲は、超過確率年が大きいほど最大流動深・土砂堆積深・流体力に大きな値を示し、下流にむかい同心円状に堆積している。

有施設時には、土石流氾濫範囲は概ね流路工内に収まり、流下しているものの、超過確率年が大きいほど基幹ダムや流路工外に越流するような結果となっている。

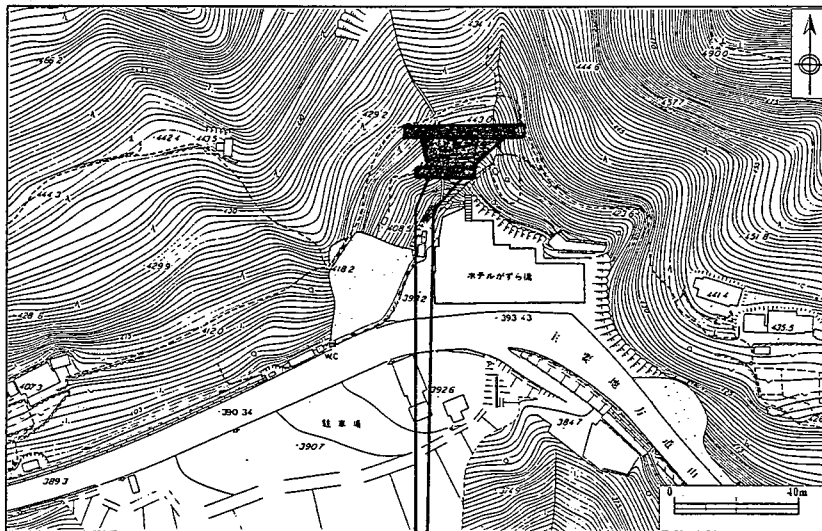


図-2 計画施設概略位置図

流体力について整理を行った結果を、超過確率年ごとに、図-3~5 に示す。これは、副ダムの直下を基点として下流方向に最大流体力を集計したものを示した。

この結果から、無施設時に比べ有施設時の場合に流体力が低減されていることがわかる。無施設時には各結果とも流下距離が20m前後で一度低下し、その後再び増加している。このことは、地形勾配の変化点があるためと考えられる。有施設時には、1/200 確率の場合に流体力が他の場合に比べ大きい。これは、流路工を越流した土石流があるためと考えられる。

5. おわりに

本検討では、砂防施設設置にともなう土石流流体力の低減効果について確認することができた。今後さらに、流体力の評価方法について詳細な検討を行っていく必要がある。あわせて、実際の土石流流体力と数値シミュレーションによる土石流流体力との関係について検討する必要がある。

参考文献

1)平松ら:1999年6月29日徳島県祖谷山村で発生した土砂災害(速報),砂防学会誌,Vol.52,No.3,PP44-49,1999

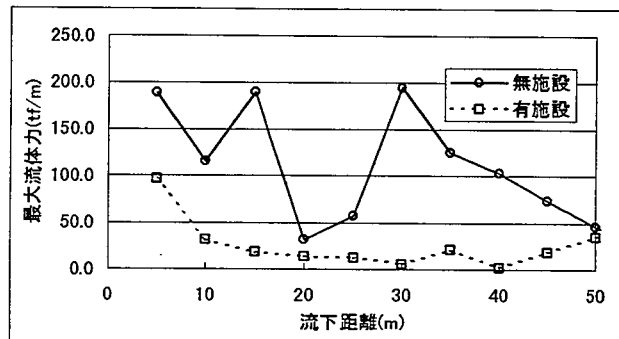


図-3 流下距離と流体力の関係(100年確率)

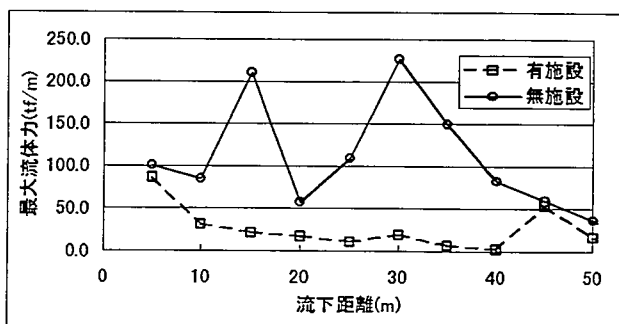


図-4 流下距離と流体力の関係(1/150 確率)

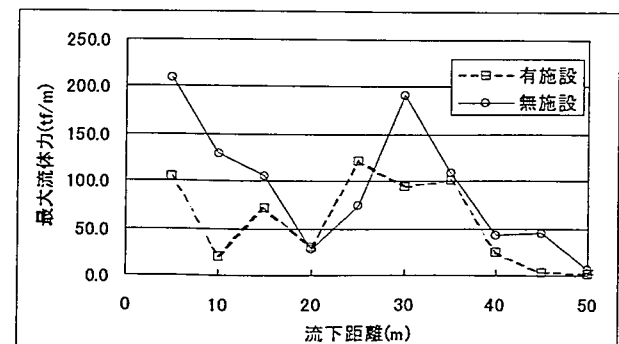


図-5 流下距離と流体力の関係(1/200 確率)