

17 シミュレーションによる土石流対策計画事例について

（勘砂防・地すべり技術センター） ○高橋 正昭

〃 鈴木 宏

北海道小樽土木現業所 斉藤 秀光

〃 杉本 淳一

1. はじめに

土石流対策の計画は、これまで水理模型実験や経験的または過去の災害事例に基づいた設計手法により数多く行われてきているが、近年、土石流対策計画の検討に土石流の危険区域の予測等に適用されてきた氾濫シミュレーションモデルを用いた報告^{1), 2)}がなされている。本報告では、氾濫シミュレーションを用いて行った土石流対策計画において、施設効果の評価に対する、計算結果による評価と一般的な設計手法による評価との相違について述べ、土石流対策計画に氾濫シミュレーションを適用する際の留意点について述べる。

2. 計算モデルの概要

2.1 施設配置モデル

本報告でモデルとして用いた施設配置の平面図を図-1に、縦断面図を図-2に示す。上流の床固工2基は河床が急勾配であるので河床の洗掘を防止するために、2号ダムは河床の洗掘防止と横方向への土砂の分散を図り遊砂空間として利用する

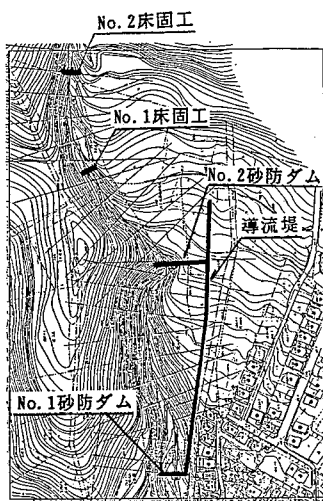


図-1 施設配置平面図

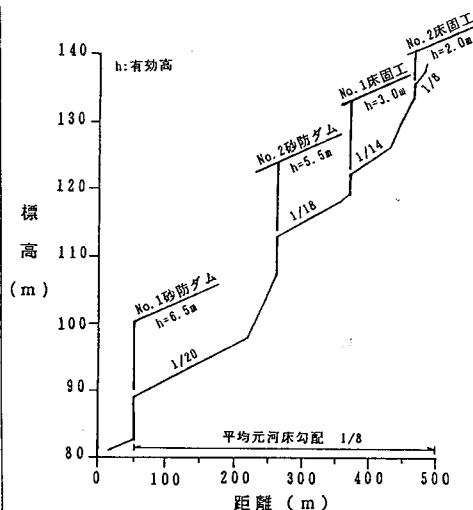


図-2 施設配置縦断面図

ために、1号ダムは河床の洗掘防止と土石流の捕捉のために配置した。また、屈曲部で比高差が少ない中流部において土石流の氾濫を防止するため、導流堤を配置した。地形モデルの作成に際しては、1/1000地形図に10m間隔のメッシュをかけ、各々のメッシュの中央の標高を読み取り地形データを作成した。施設の入力において、床固工・砂防ダムは対応するメッシュに施設の天端標高を与えて表現し、導流堤は、土石流による最大水深を把握し導流堤の必要高さを知るため、図-3に示すように施設が通過するメッシュより先に土石流の氾濫を許さないことにより表現した。また、砂防施設は元河床勾配の1/2の勾配で堆砂しているものとした。

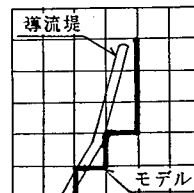


図-3 導流堤のモデル

2.2 計算条件

土石流のハイドログラフは、本モデル地域周辺における土石流観測資料がないため、新たに流出解

析を行い設定した。すなわち、図-4に示すように土石流ハイドログラフとして、流出解析で得られた清水ピーク流量時（15分間）に、計算範囲の上流の河床勾配（1/4.5）のもとで高橋の式¹⁾により求められる濃度で流送し得る土砂量を与え、流出土砂量の全量がピーク時に与えられない場合は、次に大きな流量時（15分間）に高橋の式³⁾で求められる濃度を最大値として与えた。流出土砂量は流域の土砂収支から得られた13470m³である。また、後続流による土砂および流水の氾濫状況を知るため、土砂供給後に1時間清水流量を与えた。計算刻み時間は水山らの研究成果²⁾から計算結果が安定する $\Delta x/\Delta t=10\sim20$ とし、代表粒径は $d_m=10\text{cm}$ とした。

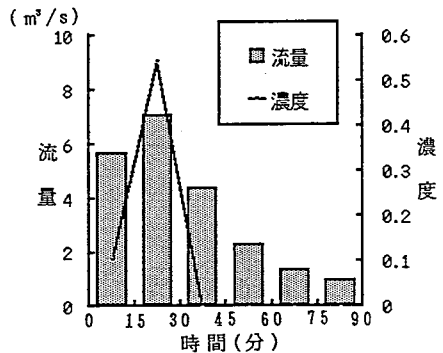


図-4 土石流ハイドログラフ

3. 施設効果の評価

3.1 土石流流下後と後続流流下後の氾濫状況

図-5 (a) (b) に土砂供給後（計算開始30分後）の土砂の堆積深の分布と流動深の分布を示す。土石流は1、2号ダム付近でやや広がりを見せるものの、ほぼ流路に沿って流下している。

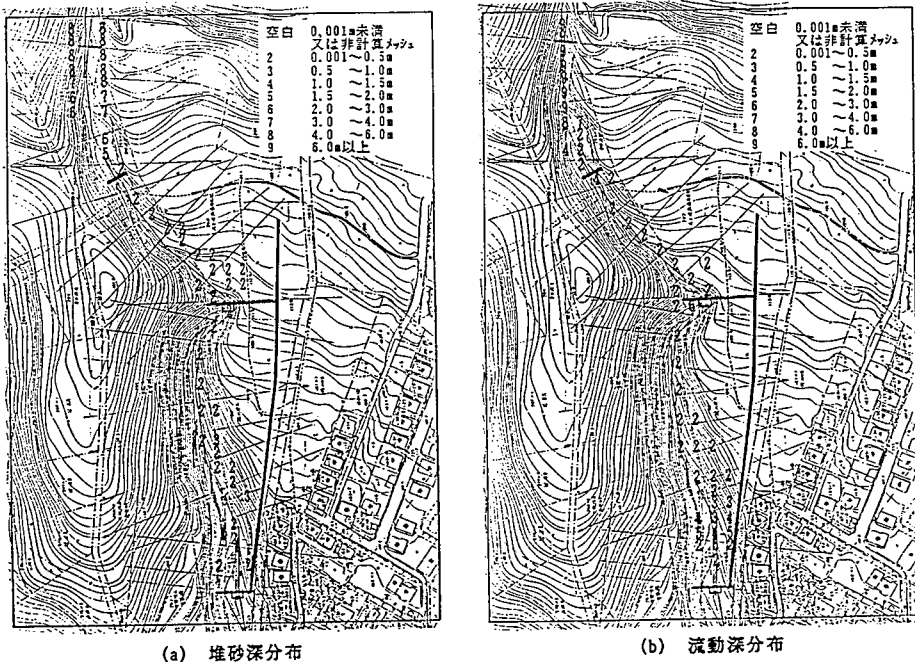


図-5 土砂供給後の氾濫状況

一方、図-6 (a) (b) に示す後続流流下後（計算開始90分後）の流水の氾濫状況を見ると、後続流の影響により特に2号ダムの上流の左岸側で大きく氾濫し、土砂の堆積が広い範囲にわたっていることが分かります。2号ダムの遊砂効果が現れている。上流の2基の床固工においては、この付近の河床勾配が上流の河床勾配の1/2～1/3程度になるため、堆砂が進んでいるが、1号ダムでは、2号ダム上流

で堆砂が進むため、堆砂が進まないと考えられる。

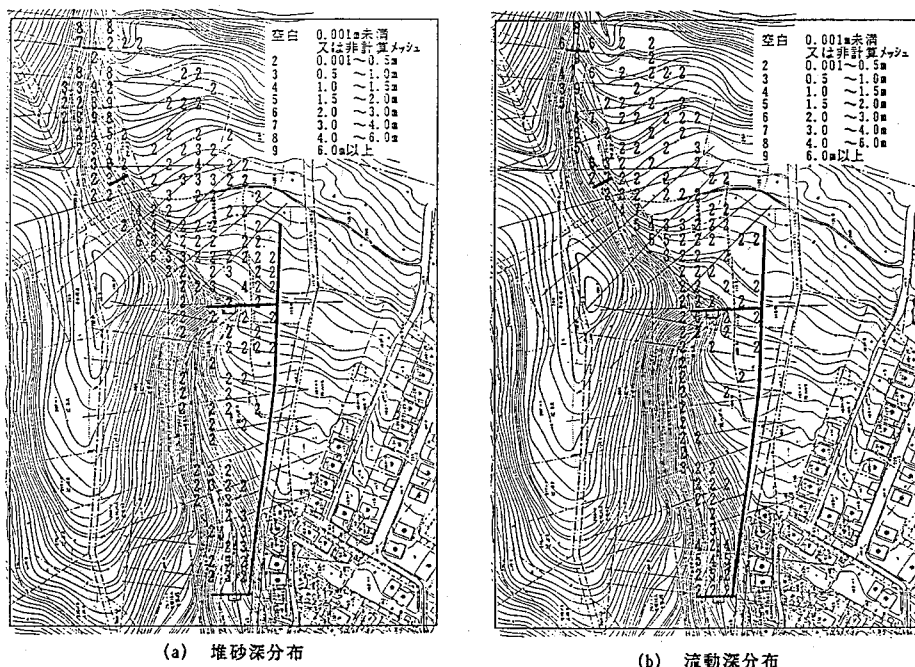


図-6 後続流流下後の氾濫状況

3.2 施設の堆砂形状および効果量

計算終了後（後続流流下後）の堆砂状況を図-7の縦断面図に示した。図中の計算堆砂線は、河道沿いの堆砂状況を平均的に知るため、2号ダムより上流では河道沿い3メッシュの平均高を、2号ダム下流では2メッシュの平均高として示している。また、比較のため、計画上の堆砂線（元河床勾配の $2/3$ ）を同図に示した。1、2号床固工では堆砂量が多く計画堆砂線よりも計算堆砂線が上回っているが、2号ダムでは、両堆砂線はほぼ一致している。1号ダムでは堆砂が進まず、計算堆砂線は計画より下回っている。

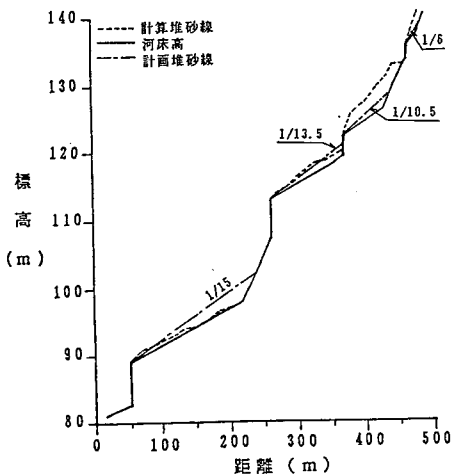


図-7 後続流流下後堆砂形状

表-1 施設効果量

施設名	計算堆砂量 (m³)	計画堆砂量 (m³)
No.1 床固工	1360	80
No.2 床固工	6700	320
No.1 砂防ダム	2790	2040
No.2 砂防ダム	960	4230
合計	11810	6670

各施設の計算終

了後の堆砂量および計画上の堆砂量を表-1に示す。表中の計算効果量は各施設間の全堆砂量を計上したものである。堆砂形状に示されるように、各施設の計画堆砂量と計算堆砂量とは、2号ダム以外異なっている。しかし、計算堆砂量の合計堆砂量は計画堆砂量より大きくなっており、この施設計画モデルによって、流出土砂量の約90%が処理される結果が得られた。

3.3 導流堤の高さ

左岸側への氾濫を防止する導流堤の必要な高さを知るため、導流堤沿いの最大流動深を求めた。最大流動深の分布を図-8に、その縦断面図を図-9に示す。2号ダム付近の導流堤沿いでは0.2m程度、1号ダム付近では3.4m程度の流動深が計算された。この結果から、この水位に余裕高（河床に存在する最大礫径程度の大きさ）を加え、導流堤高を設定した。

4. おわりに

本シミュレーションでは、計画を満足するように施設規模等を変えて数ケースの計算を行った内の1ケースを例にとり、流出土砂量の約90%が1号ダムの上流で処理され、土石流を効果的にかつ完全に捕捉する計画を策定することができたことを示した。また、土石流を捕捉しても後続流により約10%の土砂量が1号ダム下流へ流出するため、1号ダム下流において、その処理施設が必要となることが示された。さらに、当然のことながら主として土砂濃度の大小により堆砂勾配が変化するが、土石流をダム群で捕捉しようとする場合、上流側ダムの堆砂により下流ダムへの土砂濃度が低下し、計画堆砂勾配を大きく下回る場合があり、計画上留意すべきであることがわかった。また、本シミュレーション結果では、土砂供給後の後続流により氾濫範囲が大きく変化しており、土石流対策を計画する場合において、後続流を含めて検討することが重要であるが示された。

なお、本報告のように既往の土石流災害が無い地域に土石流対策をシミュレーションにより計画する場合、土石流ハイドログラフの設定方法により、結果が大きく異なることが考えられるため、今後、後続流の継続時間を含めたハイドログラフ等の土石流の流入条件に関する研究が望まれる。

<参考文献>

- 1) 下東久已他；土石流氾濫シミュレーション、昭和60年度砂防学会研究発表会概要集、昭和61年
- 2) 水山高久他；土石流氾濫シミュレーションモデルによる土石流対策工の効果評価、新砂防、Vol. 40、No. 5(154) 昭和63.1
- 3) 高橋 保他；土石流の発生と流動に関する研究、京大防災研年報、第20号B-2、1977

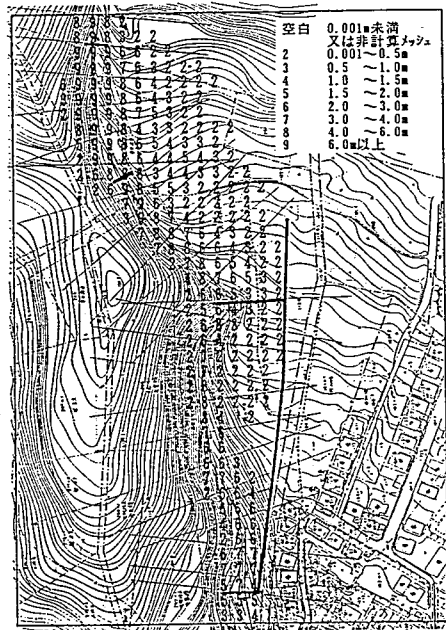


図-8 最大流動深分布

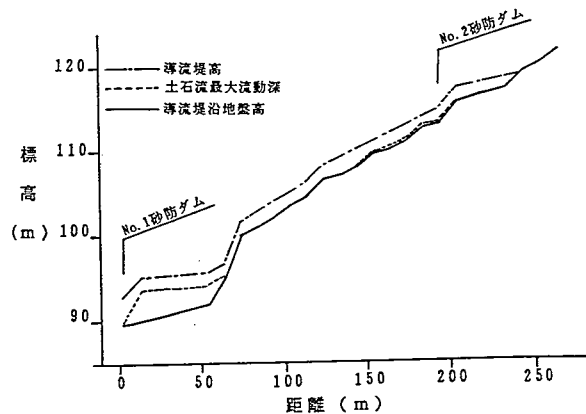


図-9 導流堤沿いの最大流動深縦断面図