

# 限られた実測データに基づく重信川流域の再現計算について

八千代エンジニアリング株式会社 横尾公博, 目晋一, 後藤宏二, ○児玉龍朋  
国土交通省 四国地方整備局 四国山地砂防事務所 高原晃宙, 青木謙治, 星野久史  
国土交通省 国土技術政策総合研究所 坂井佑介, 山越隆雄

## 1. はじめに

土砂移動実態を踏まえた効果的かつ効率的な施設配置計画を立案するためには、豪雨時の土砂動態を適切に把握することが求められる。このためには、河床変動計算等の数値解析手法が有効といえ、土砂動態に即した解析手法を用いるとともに計算条件についても適切に設定する必要がある。

計算条件の設定のためには既往災害の再現計算に基づく検証が有益である一方、再現計算の対象災害となる豪雨災害は、再現計算を実施するために必要なデータが不足している場合もあるため、データが不足した状況下においても妥当性の高い再現計算を行うことが求められる。

本検討では、愛媛県東温市に位置する重信川流域を対象として、限られた実測データのなかで、既往災害の再現計算を試行した結果を示した。

## 2. 再現計算の対象とする既往災害の選定

### 2.1 再現計算対象災害の選定

再現計算の対象とする豪雨災害は、重信川流域における既往災害のうち、①降雨状況、土砂生産状況、土砂動態等が計画対象現象と類似していること、②降雨状況、土砂生産状況、土砂動態に関する情報が整備されていることに着目して、最も条件に合う既往災害を選定した。結果として、流域内での氾濫被害が発生している「平成 11 年 9 月台風第 16 号災害」を再現計算の対象事例とした。

### 2.2 再現計算対象災害の概要

平成 11 年 9 月台風第 16 号災害では重信川流域において、山之内地点（重信川本川）で 49mm/day、表川地点で 70mm/day の最大時間雨量を観測した。特に本谷川流域において短期集中的な豪雨が発生した災害であったといえる。主な被害状況は流域内における氾濫被害であり、表川沿いの則ノ内地区、河之内地区、問屋地区や、本谷川沿いの松瀬川地区で被害が発生した。

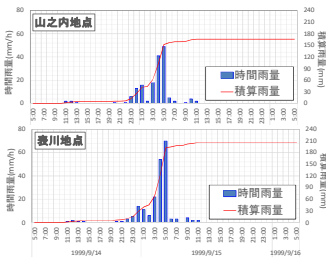


図 1 災害時の降雨状況

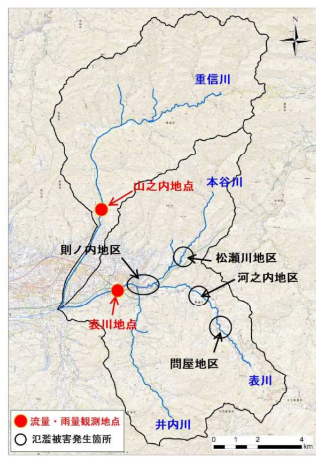


図 2 流量・雨量観測所及び氾濫発生位置図

## 3. 重信川流域における再現計算

### 3.1 再現計算に用いる情報の収集

再現計算の実施に必要な基礎資料として、災害時における次の情報を収集した。

#### 3.1.1 降雨状況

計算に用いる降雨波形及び降雨分布は、流域内の雨量観測所（4 箇所）における災害時の観測結果（実測値）

を基に作成した。なお、災害時の等雨量線図によれば、時間雨量の分布傾向に偏りが認められ、特に本谷川流域の時間雨量が卓越する特徴にあった。

#### 3.1.2 水流出状況（洪水流量、ハイドログラフ）

計算に使用する洪水流量及びハイドログラフは、貯留関数法により算出し、流域内流量観測所（図 2）における災害時の観測結果（実績値）と比較し、妥当性を検証した。

#### 3.1.3 土砂生産状況

計算に用いる生産土砂量については、災害後に実施された現地調査及び空中写真判読結果を基に算出された土砂量を用いた。災害時の土砂流出タイミングについての情報は得られていないことから、給砂方法の感度分析を行うことで災害時の土砂生産状況の再現性向上を図った。

#### 3.1.4 土砂動態に関する情報

計算に用いる粒度分布のうち、河床材料の粒度分布は昭和 54 年及び平成 9 年に実施された河床材料調査の結果を用いた。また、供給土砂の粒度分布は崩壊地の粒度分布調査を実施して設定した。

河床条件（固定床および移動床区間）の設定については、移動床として設定することを基本とし、横断構造物上や空中写真から判読した露岩区間については固定床とした。しかしながら、空中写真判読では樹木が繁茂しており、判読が困難な区間も認められたことから、旧版地形図（昭和 3 年測量）を用いた露岩区間の判読に加え、現地確認により、固定床区間の設定を行い、災害時の河床条件の再現性向上を図った。

### 3.2 限られた実測データでの再現計算評価方法

災害時の情報のうち、土砂生産状況や土砂動態に関する情報については、必要十分な情報を得ることが出来なかった。従って、河床変動状況及び流出土砂量は、限られた実測データを用いて評価し、重信川流域での再現計算の妥当性を検証することとした。評価方法は次のとおりとした。

#### 3.2.1 河床変動状況の評価

河床変動状況については、災害前後（平成 12 年と平成 9 年の差分）の横断測量を用いて評価することとした。しかしながら、横断測量は全区間で実施されておらず、未実施区間が存在している（例えば重信川本川 0.0~5.0km）。このため、河床変動状況の評価については、横断測量実施区間のみで評価することとした。

#### 3.2.2 流出土砂量の評価

災害時の流入土砂量については、災害直後の空中写真判読や溪流調査により求められた生産土砂量を用いた。

一方で、各支川・本川の下流端まで到達した流出土砂量については、データを得ることができず、定量的な評価が困難であった。このため、流出土砂量（実績値）は、流入土砂量から横断測量結果を用いて算定した河床変動量を減ずることで算定した。一次元河床変動計算による流出土砂量



図 3 横断測量実施分布図

(計算値)は、流入土砂量から、測量未実施を除く区間の土砂・洪水氾濫計算で得られた河床変動量を減ずることによって算出した。

これにより、定性的な河床変動状況に加えて定量的な視点からも再現計算の妥当性を確認することとした。

### 3.3 再現計算に用いる計算条件

再現計算に用いる一次元河床変動計算モデルは、土砂濃度や勾配により変化する流砂形態について、適切に表現可能な流砂量式等<sup>1)</sup>を組み込んだモデルとした。

計算に使用するパラメータについては、道畑 (2014) や西口 (2014) を参考に表1 計算に使用するパラメータとして設定した<sup>2)3)</sup>(表1)。

#### 3.3.1 土砂の給砂条件

また、再現計算の妥当性を向上させるため、給砂条件の設定及び旧版地形図を用いた河床条件の設定についても計算を実施した。

パラメータ	記号	値
堆積速度係数	$\delta_d$	$1 \times 10^{-3}$
侵食速度係数	$\delta_e$	$7 \times 10^{-4}$
間隙流体密度	$\rho$	浮遊砂濃度から算出
砂礫密度	$\sigma$	2.6 g/cm <sup>3</sup>
内部摩擦角	$\varphi$	35.0 deg
堆積土砂濃度	C <sub>s</sub>	0.6
粗度係数	n	0.04
フェーズシフト係数	a	2

#### 3.3.2 旧版地形図を用いた河床条件の設定

河床条件は、空中写真判読により移動床・固定床の設定することを基本として、旧版地形図を用いることで露岩区間を判読した。なお、旧版地形図は昭和3年測量であるため、現地状況の確認も併せて行うことで、災害時の河床条件の再現性向上を図った。

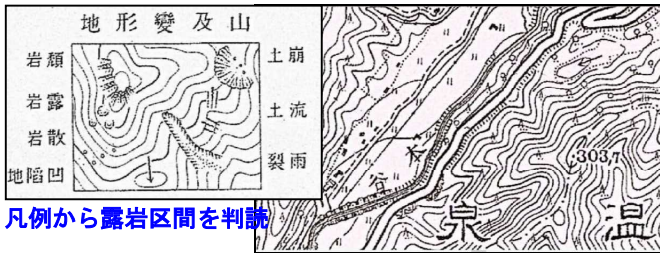


図4 旧版地形図の判読例

### 3.4 再現計算の実施結果

再現計算の妥当性については、河床変動状況及び流出土砂量で評価した。

河床変動状況は、重信川本川及び表川において、良好な再現性を示していた。井内川及び本谷川については、全体的に河床低下傾向が卓越する結果となった。

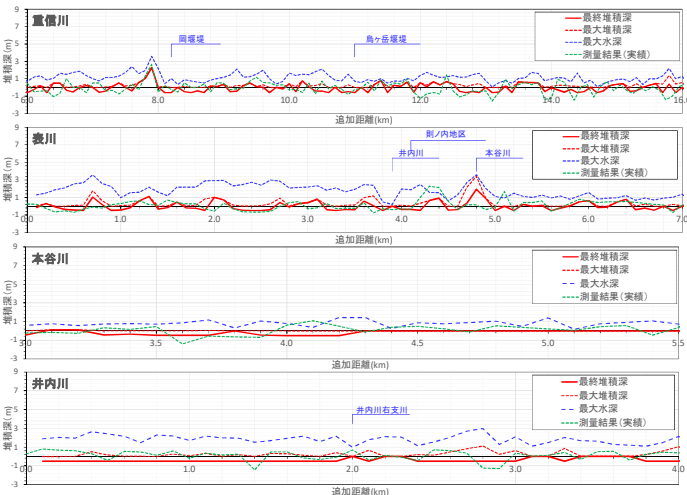


図5 一次元河床変動計算結果 (測量実施区間を表示)

### 3.4.1 土砂の給砂条件による評価

土砂の給砂条件について、本谷川の給砂条件を前方給砂とすることで、図6の赤枠に示す、表川との合流点付近での河床変動状況の再現性が向上し、流出土砂量についても再現性が向上する結果となった(表2, 図6)。

表2 河床条件毎の土砂量比較

計算条件	項目	記号	給砂方法:	給砂方法:
			全期間給砂	本谷川のみ前方給砂
実績	堆積速度係数	$\delta_d$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$
	給砂条件		全期間給砂	本谷川のみ前方給砂
計算結果	実績 通過土砂量			
	重信川	40,096m <sup>3</sup>	48,893m <sup>3</sup>	48,893m <sup>3</sup>
			122%	122%
	表川	16,267m <sup>3</sup>	4,293m <sup>3</sup>	12,140m <sup>3</sup>
			26%	75%

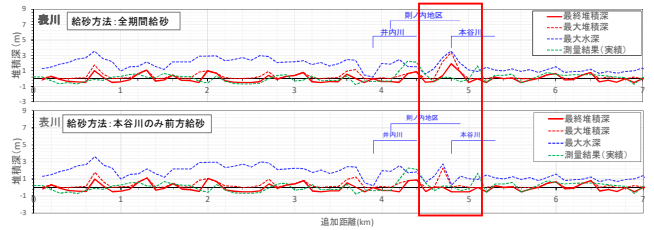


図6 給砂条件毎の比較 (表川本川)

### 3.4.2 河床条件の設定による評価

旧版地形図を用いた露岩区間の判読結果を反映させた条件で計算した場合、河床変動状況の再現性は、反映前と比較してほぼ同等であったが、流出土砂量の再現性は向上する結果となった(表3, 図7)。

表3 給砂条件毎の土砂量比較

計算条件	項目	記号	旧版地形図判読結果反映前	旧版地形図判読結果反映後
			堆積速度係数	$\delta_d$
実績	河床条件		—	判読結果反映
	旧版地形図の判読結果			
計算結果	実績 通過土砂量			
	重信川	40,096m <sup>3</sup>	48,893m <sup>3</sup>	48,893m <sup>3</sup>
			122%	122%
	表川	16,267m <sup>3</sup>	4,293m <sup>3</sup>	15,199m <sup>3</sup>
			26%	93%

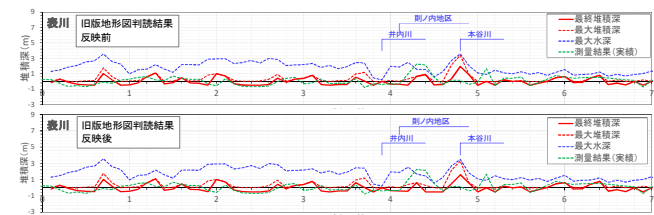


図7 河床条件毎の比較 (表川本川)

## 4. おわりに

本検討では、再現計算においてデータが不足していた河床変動状況と流出土砂量について、横断測量結果を用いて評価した。その上で、土砂の給砂条件や河床条件を工夫することで、再現計算の妥当性を検討した結果を示した。計算条件によって、河床変動状況の局所的な相違が認められる一方で、大局的な河床変動状況には変化はない結果となった。また、流出土砂量比でみると表川では26%~93%と条件によっては実績値と乖離が生じたが、土砂量の絶対値では数千m<sup>3</sup>~最大でも1万m<sup>3</sup>程度の差異に留まる。これは、流出土砂量比で評価した場合、局所的な河床変動状況の変化による影響が大きいことを示唆する。

以上より、再現計算における大局的な河床変動状況と流出土砂量の再現性は概ね良好であった。一方、効果的かつ効率的な施設配置計画を立案するため、局所的な河床変動状況や、計画規模での土砂移動現象も含めて計算条件を評価する必要があると考える。

### 参考文献

- 1) 水理公式集 [平成11年版], 社団法人 土木学会, 1999
- 2) 道畑ら, 堆積速度係数が河床変動計算に及ぼす影響: 平成7年姫川災害の事例を用いた検討, 平成24年度砂防学会研究発表会概要集, p98-99, 2014
- 3) 西口幸希, 深層崩壊に起因する土石流の数値シミュレーション手法に関する研究, 京都大学博士論文, 2014