

土石流氾濫事例における数値計算

(株)東京建設コンサルタント ○伊藤達平、秋山浩一

(独)土木研究所火山土石流チーム 石塚忠範、水野秀明(現 筑波大学大学院生命環境科学研究科)、梶昭仁

1.はじめに

平成 21 年 7 月 21 日、活発な梅雨前線の影響で防府(気象庁)観測所での日雨量が 275mm、60 分間雨量が 72.5mm という観測史上最大の雨量を記録した。この豪雨により、防府市で死者 17 名、全壊家屋 33 戸、半壊家屋 78 戸という被害が発生した。山口市の 13 溪流と防府市の 53 溪流で土石流が発生しており、このうち、佐波川右支川の松ヶ谷川、阿部谷川、剣川では規模の大きなものが発生している。本稿では、大規模な土石流が発生した剣川を対象として、数値計算により土石流の流下・氾濫形態を再現することを目的として検討を実施した。

2.計算モデルの概要

数値解析の基礎式は、水野ら(2011)が開発したモデル¹⁾に以下の連続式を加えたものである。

$$\frac{\partial(Ch)}{\partial t} + \frac{\partial(CUh)}{\partial t} + \frac{\partial(CVh)}{\partial t} = C_*i \dots\dots\dots(1)$$

ここに、C:土砂容積濃度、U:x 方向の流速、V:y 方向の流速、h:水深、C_{*}:堆積層の土砂容積濃度、i:侵食速度である。

3.入力データの作成

計算は、図 3.1 に示す全領域で同一サイズの三角メッシュ(構造メッシュと呼ぶ)と、剣川沿いにランダムサイズの三角メッシュ(非構造メッシュ)を作成して行った。非構造メッシュは、任意に設定した 2 次元座標とその座標点での標高を 10mDEM から読み取り、3 次元座標を作成し節点とした。

その際、構造メッシュでは流域全体で 50m の間隔、非構造メッシュでは剣川沿いに 50m の間隔でメッシュを作成した。それらの節点群に対してデローニ三角形分割を行って、三角形要素を作成した。三角要素を構成する辺のうち 2 つの三角形に属していない辺を境界とし、それらのうち佐波川本川に沿ったものを透過壁、それ以外を不透過壁とした。なお、剣川の線形は数値地図 25000 空間基盤に登録されている河川区間に、1/25,000 の地形図から読み取った支川の線形を加えたものとした。計算に用いた粗度係数は 0.035 で、固定床とした。また、降雨は定常状態を仮定して 10～60mm/時の降雨を全メッシュで一様に 60 分間与えた。

土砂は、災害発生前後の LP 測量データを基に、侵食が発生した 0 次谷、1 次溪流の上流端に位置するメッシュ(図 3.2 参照)から供給されると仮定した。供給土砂量は、0 次谷、1 次溪流毎に、表 3.1 に示す溪床堆積土砂量の実測データと、1/25,000 の地形図から測定した溪流長から算定した。なお、土砂容積濃度は 0.6 とした。また、土砂は計算開始後 10 分～11 分の 1 分間で供給されると仮定し、単位時間当たりの供給土砂量を箇所毎に設定した。

表 3.1 剣川の 0 次谷、1 次溪流の移動可能土砂量

	堆積幅(m)	堆積深(m)
0 次谷	3.0	0.8
1 次溪流	15.0	2.0

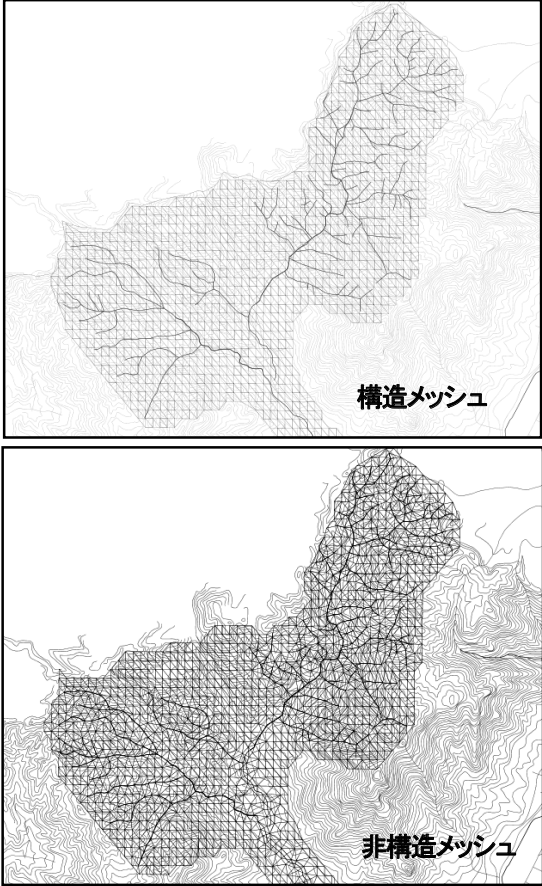


図 3.1 計算に用いた構造・非構造メッシュ(部分)



図 3.2 土砂供給位置

4.解析結果

図 4.1 に災害発生前後の LP データを基に作成した堆積区間を示す。また、図 4.2 に構造メッシュ、図 4.3 に非構造メッシュによる $r=30\text{mm}/\text{時}$ とした場合の計算開始 10 分後(土砂供給時間)と氾濫原に土砂が到達する 30～50 分後の計算結果を示す。図中の○で囲む部分に示すように、構造メッシュの場合では、土砂が河川に沿わずに直線的に堆積したのに対して、非構造メッシュの場合は、土砂が河川に沿って堆積した。非構造メッシュの場合、40 分後と 50 分後において土砂が流路から離れた箇所まで堆積したが、これは、その周辺にある境界を不透過壁としており、流れが淀んだことに起因すると考えられる。

実績の堆積範囲は、図 4.1 に示すように剣川の谷出口から両岸に広がっていた。よって、今回検討した条件下では、非構造メッシュの計算結果が実績に近いと言える。

なお、図中の色が濃いメッシュは、各時刻で相対的に土砂流深が大きい箇所を示しており、絶対値ではない。

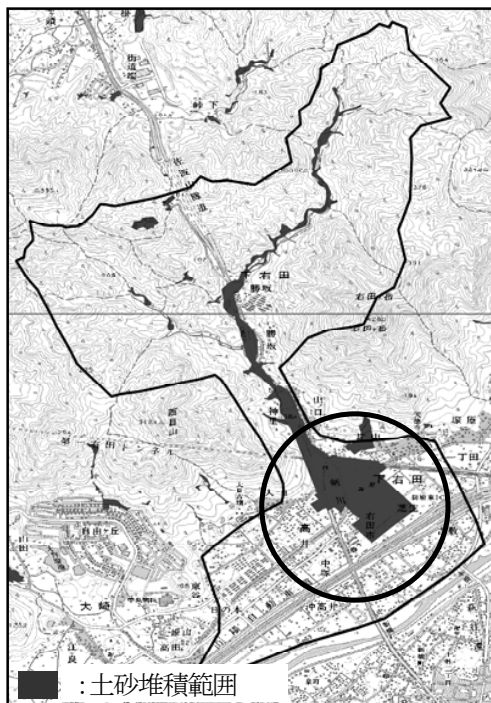


図 4.1 実績土石流堆積区間

5.おわりに

本モデルを用いた計算では、60 分間の計算に計算機が要した実時間は、構造メッシュで約 30～45 分間、非構造メッシュで 60～120 分間程度の計算時間であったが、非構造メッシュでは極端に小さいメッシュが生成され、計算時間が大幅に長くなることがある。また、氾濫範囲を考慮して氾濫原の境界条件(透過・不透過)を設定する必要がある。これらの点に留意してデータ作成を行う必要がある。

引用文献

- 1) 水野秀明、小山内信智: 非構造メッシュを用いた合流点及び湾曲部の流れに関する数値解析, 砂防学会誌 Vol64 No4, pp.33-38, 2011.

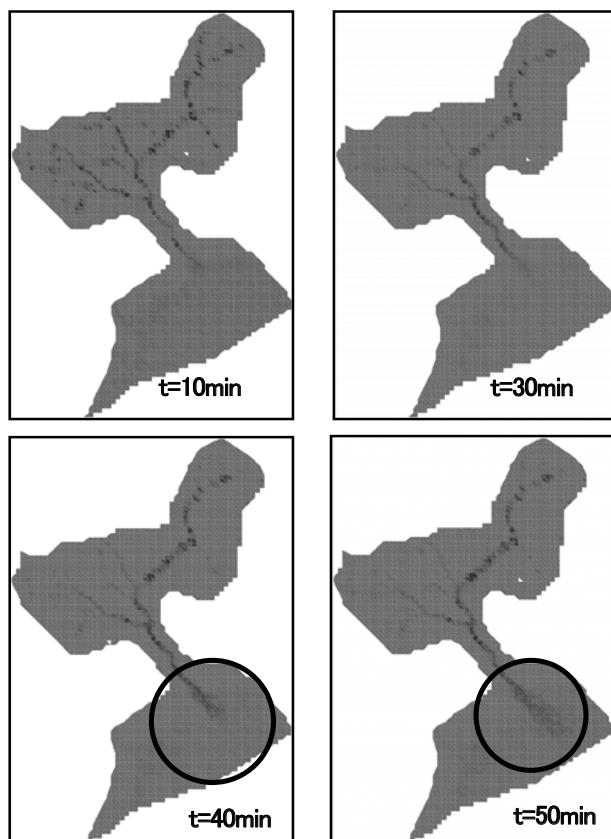


図 4.2 構造メッシュによる計算結果($r=30\text{mm}$)

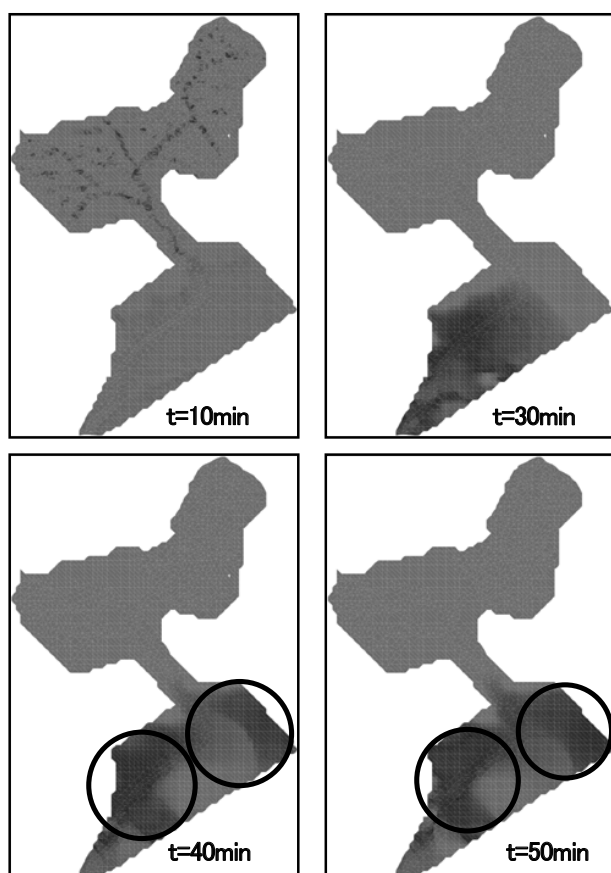


図 4.3 非構造メッシュによる計算結果($r=30\text{mm}$)