

扇状地急勾配地における氾濫流の挙動に関する研究

群馬大学工学研究科 ○福田拓馬、松本健作、清水義彦、鶴崎賢一

1. はじめに

土石流による災害は、溪流内ではなく、溪流の出口、すなわち土石流扇状地で多く発生することが知られている。また氾濫流は地形勾配に支配されるため拡散しにくく直進的に進む場合が多く、扇状地は洪水災害リスクが高いことで知られており、土石流発生危険溪流の指定にとどまらず、災害危険範囲の予測や安全な避難場所の設定といった対策の予防が強く、さらにその防災ツールとしての精度の向上が求められる。そこで土石流の洗掘・堆積の挙動を解明し、その機構にのっとった予測を明らかにすることを目的とした。

2. 数値計算の概要

解析には非構造格子モデルを適用した二次元の土砂・氾濫解析を用いた。流れの連続式と運動量式は以下のとおりである

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = i + r \quad \dots(1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \hat{\beta} \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \hat{\beta} \frac{\partial(vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_T} \quad \dots(2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \hat{\beta} \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \hat{\beta} \frac{\partial(vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_T} \quad \dots(3)$$

ただし、 r は降雨強度である。ここでも底面せん断応力は、土砂の体積濃度 C に応じて以下の式を用いる。

また、土砂の堆積(浸食)速度については

$$\text{浸食の場合} \quad i = \delta \frac{C_\infty - C}{C_* - C_\infty} \sqrt{u^2 + v^2} \quad \dots(4)$$

$$\text{堆積の場合} \quad i = \delta' \frac{C_\infty - C}{C_*} \sqrt{u^2 + v^2} \quad \dots(5)$$

ただし、 C_* は河床の土砂濃度。 δ には 0.0007、 δ' には 0.001 を用いる。

さらに河床の連続式には、を以下の式を用いる。

$$\frac{z_{bi}^{n+3} - z_{bi}^{n+1}}{2\Delta t} + i_i^{n+3} = 0 \quad \dots(6)$$

x, y 方向の流量フラックス M, N および流速 u, v を非構造格子の境界(多角形の辺の midpoint)で、流動深 h 、土砂の体積濃度 C 、堆積深 z_b 、堆積(浸

食)速度 i 、平衡土砂濃度 C_∞ 、エネルギー勾配 $\tan \theta$ を非構造格子の図心で定義する。

本研究では、桐生川の氾濫区域に非構造格子網を作成し、解析をおこなった。破堤地点は桐生川 10km 地点右岸とし最大流量を $300[m^3/s]$ とした下図の流量ハイドログラフで流量を与えた。また流入土砂量は流入流量の 3 割とした。

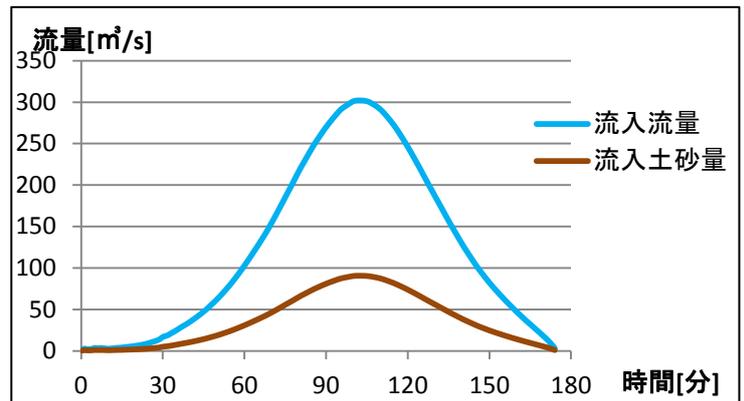


図1 流量ハイドログラフ

3. 氾濫流の流下過程について

計算結果を図 2、3 に示す。ピーク流量に到達する直前である 90 分から計算終了時間の 180 分までを 30 分毎に示した流速および地盤の変動量を示す。図中、赤く示した箇所(桐生川右岸 12km 地点)における破堤を想定した計算を行った。破堤してから 120 分後までは破堤位置周辺の氾濫域全域が危険であるが、150 分後では桐生天満宮から本町一丁目交差点までかけた本町通りで特に流速が大きいことがわかり、ここが主流域であると考えられる。図 3 では、天神町一丁目の中通り～桐生川間でよく地盤が洗掘されているのが判る。地盤の変動は避難場所への安全な避難ルートを選択だけでなく、被害の大きな地点や具体的な被害の程度の予測にも活用できるが、本モデルでは土地利用形態等の基本情報を反映していないため、実際の現象としての考察は行わない。

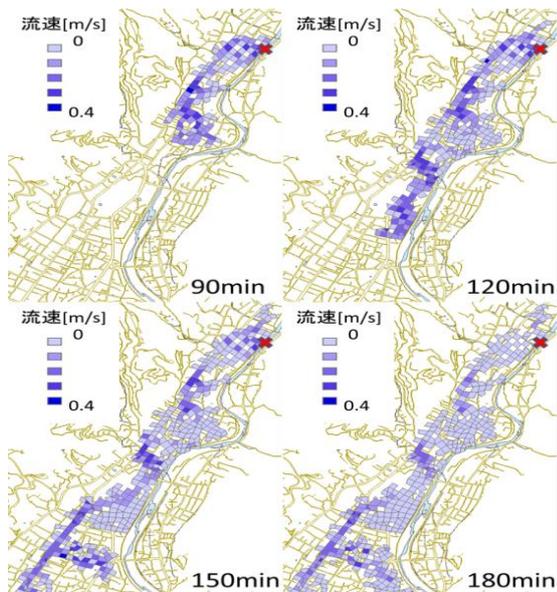


図2 桐生川破堤後の流速の変化

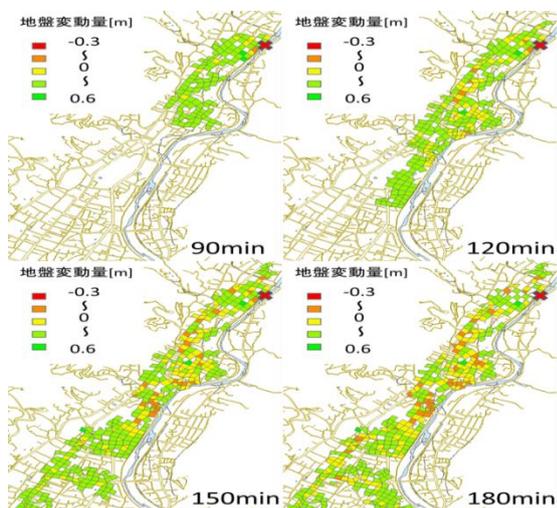


図3 桐生川破堤後の地盤変動量

4. 時間変化における流速と地盤変動量

図2、3のメッシュの分布図を見ると、ある時間における流速と地盤変動量は必ずしも比例関係にあるとは思えない。そこで地盤変動量の洗掘、堆積が顕著であった地点のメッシュにおける流速と地盤変動量をそれぞれ図4、5に示す。図4では流速と地盤変動量に相関関係があることがわかる。ここでの土砂濃度はほぼ一定であったと考えられる。図5では時間における地盤変動量のグラフの概形に変化があることがわかる。これは氾濫における土砂濃度に変化が起こり、氾濫流が堆積から洗掘に移行したと考えられる。

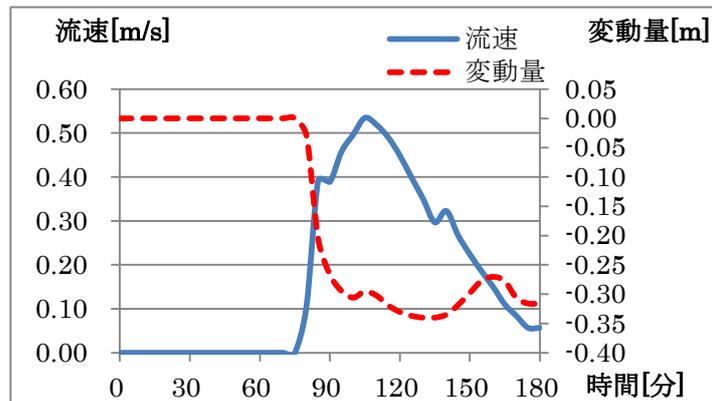


図4 洗掘が大きかったメッシュ

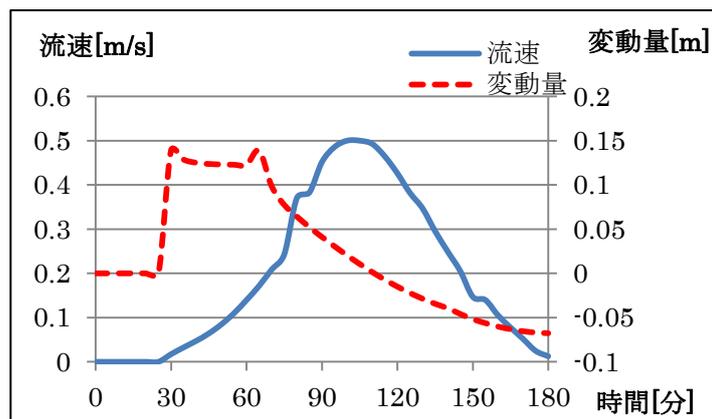


図5 堆積が大きかったメッシュ

5. まとめ

土砂の洗掘や堆積のどちらか一方だけの挙動をとる場合は地盤変動量と流速に密接な関係があることが分かった。しかし、挙動が移行する場合は土砂濃度が変化したと考えられ、そのメカニズムを調べることが課題である。また、災害土石流扇状地の形成過程では、流路勾配の急変、流路幅の急拡といった境界条件の急変が存在する。よってモデルを小さくした実験モデルで再現し、その実験値と解析値で比較検討しその流砂量、流量、勾配、その他の依存性を解明することが必要である。それだけでなくより詳細な地形、建物データなどを使っての精度を向上、分かりやすいデータ作成、速く正確な情報伝達手段が併せて必要となる。

[参考文献]

川池 健司 「都市における氾濫解析法とその耐水性評価への応用に関する研究」2001年