

家屋等の構造物が土石流の流下方向および堆積範囲に及ぼす影響

京都大学大学院農学研究科 ○糸数 哲（兼 JST），中谷加奈
 京都大学大学院工学研究科 山野井一輝
 京都大学防災研究所 藤田正治，長谷川祐治

1. はじめに

土砂災害の発生による人的被害の防止・軽減を図るため、警戒避難体制の強化が進められており、土砂災害ハザードマップの作成・配布等が行われている。土砂災害発生時の土砂の氾濫・堆積範囲の予測に関しては、土石流数値シミュレーションモデルが有用なツールとして挙げられ、土石流氾濫域の地形を考慮したシミュレーションが行われている。土石流数値シミュレーションモデルによる土石流の氾濫・堆積過程再現の際に、土砂の氾濫・堆積域に家屋・建物や流路工等の人工構造物が存在することによって土石流の流下方向や堆積範囲が変化することが考えられる。そのため、より現実的な土石流の氾濫・堆積過程を再現するためには、土石流氾濫域の構造物を考慮する必要がある。構造物の存在によって土石流の流下・氾濫範囲がどのように変化するかを確かめることは、構造物の種類や規模が土石流の氾濫・堆積に及ぼす影響を検討する上でも意義がある。本研究では、土石流数値シミュレーションモデルを用いて、家屋・建物や流路工を考慮することで土砂の堆積範囲がどのように変化するかを調べ、構造物が土石流の流下方向や氾濫範囲に及ぼす影響について検討した。

2. 方法

2.1 解析対象地

本研究では、京都府内の土石流危険渓流（流域面積：0.127 km²）を対象に検討を行った。解析対象渓流は流路工に導流されており、流路工沿いには家屋や建物等が存在する。なお、流路工は流路が湾曲しており、流下方向が東方向から南方向へ向きを変える。

2.2 解析方法

本研究では、Hyper KANAKO システム¹⁾を用いて土石流数値シミュレーションを行った。土石流シミュレーション時に用いたパラメータを表-1に示す。本解析では、0.01秒間隔で計算を行い、計算時間を600秒とした。土石流の砂礫密度および流体相密度は、京都府内で発生した土石流を対象に再現計算を行った既往研究²⁾を参考に、それぞれ2,650 kg/m³および1,180 kg/m³とした。一次元計算領域の計算点間隔を5mとし、二次元計算領域のメッシュサイズを1m×1mに設定した。土石流シミュレーション時に用いる地形条件は、国土地理院提供の5m DEMデータから作成し、二次元計算領域のメッシュの高さを変えることで家屋・建物ならびに流路工を考慮した。家屋・建物の高さは、建物の階数から設定し、流路工の深さについては、流路工の管底高および地盤高データを参考に設定した。

計算時の供給ハイドログラフを図-1に示す。供給ハイドログラフは、京都地方気象台の雨量データ（1930～2015）から岩井・石黒の方法を用いて算定した100年確率の時間雨量（88.9 mm/h）から作成した。土石流シミュレーションに関する既往研究³⁾を参考に、土石流発生時の流出率を70%（流出係数0.7）とした。土石流の継続時間は、土石流の観測事例⁴⁾を参考に、土石流継続時間を360秒、ピーク継続時間を240秒として流量ハイドログラフを設定した。

入力土砂量は、崩壊面積率および平均崩壊深から設定した。ここでは、降雨強度と崩壊面積率の関係⁵⁾を参考に崩壊面積率を5%とし、平均崩壊深を1.5mと仮定して入力土砂量を算定した。算定した崩壊土砂量（9,508 m³）を土石流発生渓流（一次元領域）上に堆積させ、上流からの水の供給によって土石流を発生させた。

表-1 シミュレーションに用いたパラメータ

パラメータ	値
計算時間(秒)	600
計算の時間間隔(秒)	0.01
土砂の粒径(m)	0.05
砂礫の密度(kg/m ³)σ	2,650
流体相の密度(kg/m ³)ρ	1,180
河床の容積濃度	0.65
重力加速度(m/s ²)	9.8
侵食速度係数	0.0007
堆積速度係数	0.05
マンシングの粗度係数(s/m ^{1/3})	0.03
一次元領域の計算点間隔(m)	5
二次元領域の計算点間隔(m×m)	1×1

一次元領域の河道幅は一律 5 m に設定した。移動可能土砂の粒径は、対象溪流の河床礫の大きさを考慮して 5 cm とした。

3. 結果と考察

図-2 に、家屋・建物や流路工を考慮しない場合の、計算終了時（600 秒後）の堆積厚を示す。土石流氾濫域は階段状の地形を呈しており、土砂の堆積域が比較的緩勾配となっているため、土石流発生溪流から流出した土砂の大部分は谷出口付近に堆積する。対象溪流の流路が湾曲しているのに加え、土砂の堆積域が概ね北から南に向かって地盤が低くなるため、その影響で土砂の堆積域が南東方向に伸長する傾向を示した。本研究で設定した供給ハイドログラフおよび土砂量では、土砂の堆積厚は 3 m 以下となっており、家屋・建物の立地場所に堆積する土砂のほとんどが厚さ 20 cm 以下となっている。土砂の一部が、東西方向に走る道路（図-2 中央）に達するが、道路よりも南側には土砂がほとんど堆積しない結果を示した。

次に、図-3 に家屋・建物や流路工を考慮した場合の、計算終了時（600 秒後）の堆積厚を示す。構造物を考慮しない場合と同様に、土砂の堆積域が南東方向に伸長する傾向を示すが、建物（図-3 中の☆印）に達した土砂の一部が建物西側に流入し、構造物を考慮しない場合と比べ、建物の西側において土砂の堆積範囲が伸長する結果を示した。建物北側の土砂の堆積厚は、構造物を考慮しない場合と同様に 3 m 以下となっているが、これは建物西側に土砂が流入したことで、建物直上流（建物北側）に土砂が集中的に堆積しなかったことが影響していると考えられる。また、流路工を考慮したことで、流出土砂の一部が流路工内を流れ、東西方向に走る道路（図-3 中央）よりも南側まで流下（土石流は道路下を流下）する結果を示した。土石流が道路南側まで流下し、流路工が浅い区間で氾濫する結果となり、構造物を考慮しない場合と比べ、より遠方で土砂堆積が生じる結果を示した。なお、流路工にあたる部分の堆積厚が 3 m 以上となっているが、これは流路工の底からの堆積厚を示しており、流路工の深さを差し引いた堆積厚は最大で約 0.8 m である。

構造物の有無による土砂の堆積範囲の違いを比較した結果、構造物の存在によって土石流の氾濫・堆積範囲が変化し、特に流路工内を土石流が流下する場合には、より遠方まで土砂が運ばれて氾濫・堆積する可能性があることが確かめられた。土石流危険溪流が流路工に導流されている場合には、流路工の流下方向に留意し、流路工の断面が小さくなる区間での氾濫に注意する必要がある。

本研究を行うにあたり、京都府砂防課より貴重なデータの提供を受けた。深く御礼申し上げます。

参考文献

- 堀内ら (2012) : LP データを活用した土石流シミュレーションシステム「Hyper KANAKO」の開発, 砂防学会誌, Vol.64, No.6, p.25-31.
- 中谷ら (2014) : 平成 24 年 7 月に京都府亀岡市南条で発生した土石流の検討・構造物の影響を考慮して-, 自然災害科学, Vol.33, No.1, p.17-27.
- 小杉ら (2015) : 家屋の存在が土石流の氾濫・堆積に及ぼす影響-2014 年 8 月広島土砂災害を対象として-, 平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集 B, B-76-B-77.
- 池田ら (1998) : 滑川北股沢で発生する土石流について, 砂防学会誌, Vol.51, No.2, p.31-38.
- 松村ら (2015) : 2014 年 8 月の豪雨による兵庫県丹波市で発生した土砂災害, 砂防学会誌, Vol.68, No.1, p.60-67.

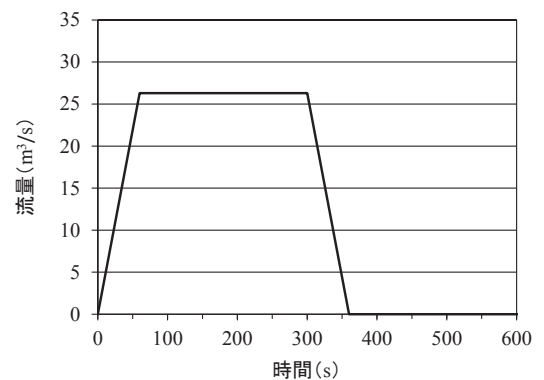


図-1 供給ハイドログラフ



図-2 シミュレーション結果
(家屋および流路工の考慮なし)

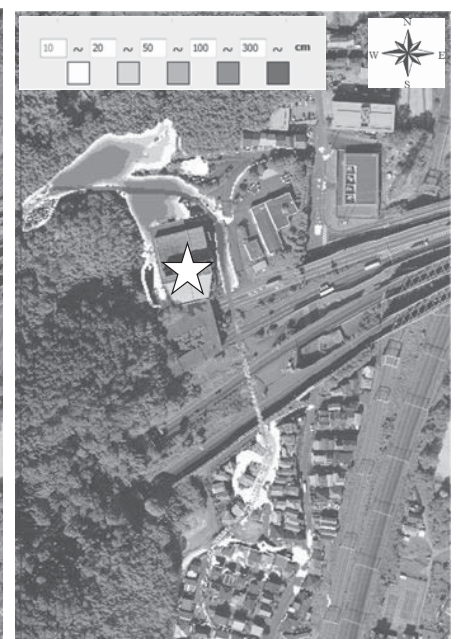


図-3 シミュレーション結果
(家屋および流路工の考慮あり)