

小規模ハード対策による 土石流・洪水流複合氾濫時の避難安全性向上効果

和田孝志¹⁾・丸堂真輝¹⁾・廣地星大²⁾・三輪 浩¹⁾・里深好文³⁾

¹⁾鳥取大学工学部社会システム土木系学科, ²⁾東和建設株式会社, ³⁾立命館大学理工学部

1. はじめに

近年、集中豪雨の増加に伴う豪雨災害の激甚化により、土石流・洪水流の同時発生に伴う複合的氾濫被害が頻発している。和歌山県那智川流域では、平成 23(2011)年 9 月に台風 12 号接近に伴う豪雨によって複数の支渓で土石流が同時多発的に発生し、那智川本川洪水と合わさって谷底平野全域に甚大な被害をもたらした。その被害は土石流警戒区域外まで拡大し、避難困難となった住民も多数発生した¹⁾。このように、土石流・洪水流の複合的氾濫時には、被災リスクの低い避難所や避難ルート²⁾の確保が困難となる。その一方で、度重なる土石流・洪水流等の氾濫被害を被ってきた我々の祖先は、建物嵩上げや石垣等により氾濫被害を軽減するための街づくりを経験的に行ってきた²⁾。これらの構造物は市街地と共存した防災構造物と考えることができるが、都市の近代化に伴ってこれらの防災構造物が見られなくなっている。本研究では、山地・河川が隣接する風致地区を対象として、現況都市機能や景観を損なわない範囲で、複合的氾濫時の避難安全性を向上させる小規模構造物を検討した。

2. 検討概要

2.1 検討対象地域

検討対象領域である兵庫県出石地区・鳥取県智頭地区(図-1 参照)は、隣接する山地溪流や河川水を利用した景観(観光資源)や地場産業が盛んであり、河川と人々との生活が密接に関わっている。図-1 に示されるように、これらの市街地付近には、複数の土石流危険溪流を有する山地、複数の河川が隣接しており、集中豪雨において土石流・洪水流による氾濫被害が甚大となることが予想される。

2.2 検討の流れ

複数の土石流・洪水流流入を考慮可能な土石流数値シミュレーションモデル³⁾を用い、家屋位置・

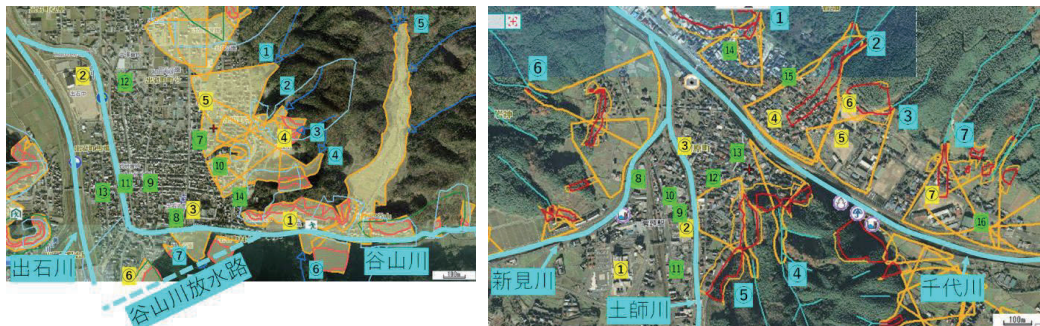


図-1 検討対象領域【左図：兵庫県出石地区(兵庫県 CG ハザードマップに一部加筆)、右図：鳥取県智頭地区(とっとり Web マップに一部加筆)、青丸番号は対象とする土石流危険溪流、黄丸番号は『避難所(避難目的地)』、緑丸番号は『避難開始想定地点』を示す】



図-2 想定する小規模ハード対策案

(左図：可動式防水壁⁶⁾，中図：可動式簡易堤（畳堤），右図：圍場遊水地⁷⁾)

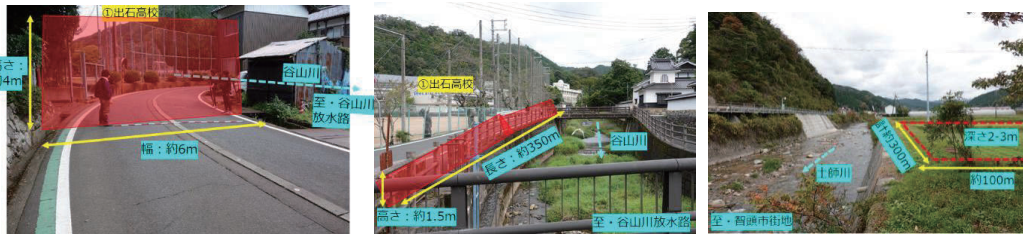


図-3 想定する小規模ハード対策の諸元と設定位置

(左図：出石地区・可動式防水壁，中図：出石地区・可動式簡易堤，右図：智頭地区・圍場遊水地)

道路網等を反映させた計算地形上で、土石流・洪水流の同時発生条件下における現況（小規模構造物なし）状態での想定浸水範囲を把握した。計算において想定する外力は、出石地区では平成16年10月台風23号豪雨相当、智頭地区では平成30年7月豪雨の2倍相当とし、計算メッシュは避難に用いる道路幅（約4m）が表現可能な解像度として2m正方メッシュを用いた。

対象地区それぞれについて「避難目的地（避難所）」と「避難開始想定地点」を設定し（図-1参照）、これらの地点周辺の移動困難状況発生時刻の差を求めた。移動困難状況発生時刻は、既往水害時の避難実績⁴⁾をもとに浸水深0.5m以上、算定流速0.5m/s以上が算定された時刻とした。この差分とリードタイム（避難に必要な時間）を比較することで避難安全性を評価した。リードタイムは、「避難開始想定地点」と「避難目的地（避難所）」との距離を1.8km/時（歩行困難者および乳幼児の歩行速度、夜間発生時の徒歩移動速度⁵⁾）で移動した場合にかかる時間とした。

想定する小規模構造物は、可動式防水壁、可動式簡易堤（畳堤）、圍場遊水地（図-2参照）とした。対象地区での現地調査と現況の想定浸水範囲より、出石地区では可動式防水壁と可動式簡易堤を谷山川放水路呑口付近に、智頭地区では圍場遊水地を土師川上流部に設置することとした（図-3参照）。

3. 結果および考察

3.1 土石流・洪水流複合氾濫に対する現況（小規模構造物なし）での避難安全性評価

現況（小規模構造物なし）における支川洪水（出石地区：谷山川，智頭地区：土師川と新見川を対象）と土石流の複合氾濫時の最大浸水深分布を図-4(a)および図-5(a)に示す。これらの結果から、支川洪水と土石流の複合氾濫時には市街地内各所で浸水が発生し、ほとんどの「避難開始想定地点」から「避難目的地（避難所）」への避難ルート上で浸水リスクが高くなることがわかる。

現況（小規模構造物なし）における支川洪水と土石流の複合氾濫時の避難安全性評価を表-1（左側）および表-2（左側）に示す。なお、表中の「∞」は対象メッシュで浸水が発生していないことを示し

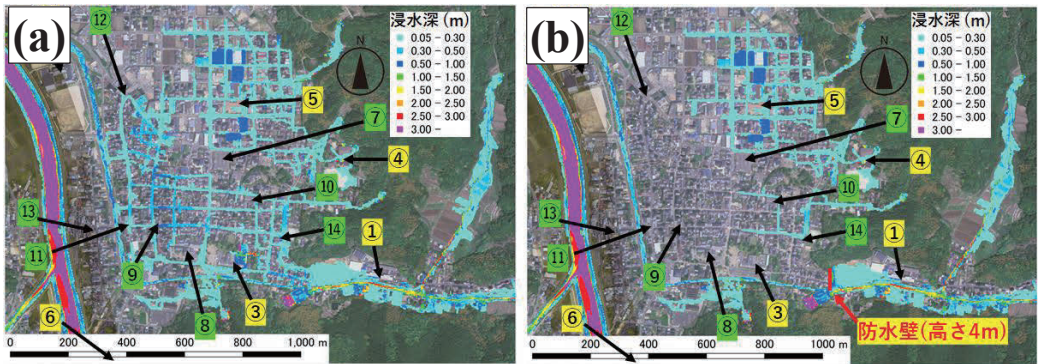


図-4 現況（小規模構造物なし）における支川洪水と土石流の複合氾濫時最大浸水深分布

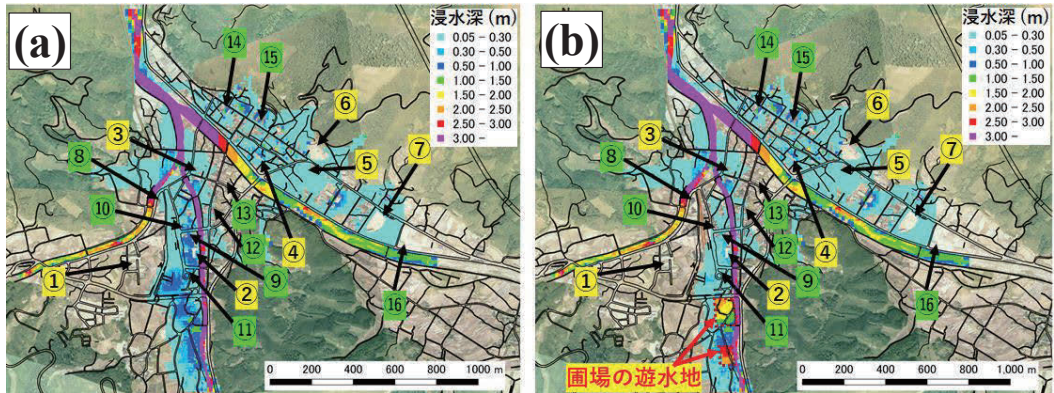


図-5 想定小規模ハード対策後の支川洪水と土石流の複合氾濫時最大浸水深分布

ている。この結果より、出石地区では「避難目的地」として「①出石高等学校」、 「④弘道小学校」が避難開始地点よりも早く浸水してしまうため避難安全性が小さいが、その他は概ね避難安全性が確保されることがわかる。この中では、比較的避難距離が短い「③出石庁舎」への避難者が多くなることが想定される。一方、智頭地区では「避難目的地」として「②智頭総合センター」の避難安全性が小さいが、その他は概ね避難安全性が確保されることがわかる。この中では、比較的避難距離が短い「③ひまわり会館」や「④旧諏訪保育園」への避難者が多くなることが想定される。

3.2 土石流・洪水複合氾濫に対する小規模構造物設置後の避難安全性評価

小規模構造物設置後の支川洪水と土石流の複合氾濫時の最大浸水深分布を図-4(b) および図-5(b) に示す。これらの結果から、出石地区では小規模構造物（防水壁）設置による市街地内浸水の防止効果大きい。一方で、智頭地区では小規模構造物（圃場遊水地）設置によって一部（②の周辺）の市街地内の浸水を低減させ得るが、無対策の千代川右岸地域（⑥⑬の周辺）では浸水被害を減じることができない。このことから、対象地域によっては小規模構造物が複数必要となることが考えられる。小規模構造物設置後の支川洪水と土石流の複合氾濫時の避難安全性評価を表-1（右側）および表-2（右側）に示す。なお、表中の赤字の数値は小規模構造物により浸水低減効果が増大、青赤字の数値は小規模構造物により浸水低減効果が減少したことを示している。この結果より、出石地区では「避難開始想定地点」の浸水低減が著しく、「避難目的地」よりも「避難開始想定地点」のほうが安全となるため、避難の必要性そのものが無くなることが想定される。一方、智頭地区では各地点の浸水低減効果が小さく、避難安全性に大きな変化は見られなかった。

表-1 出石地区における小規模構造物有無別の複合氾濫時の避難安全性評価

避難目的地	避難開始想定地点	避難距離 (m)	リード タイム (min) ①	現況（小規模構造物なし）				小規模構造物（防水壁）あり			
				「避難開始想定地点」 移動困難状況発生時刻 (min)	「避難目的地」 移動困難状況発生 時刻(min)	差分(min)	避難 有効性	「避難開始想定地点」 移動困難状況発生時刻 (min)	「避難目的地」 移動困難状況発生 時刻(min)	差分(min)	避難 有効性
				①出石高等学校	⑨但馬銀行出石支店	700	23	75	48	-27	×
②出石中学校	⑨但馬銀行出石支店	650	22	75	00	75	○	160	00	00	○
③出石庁舎	⑨但馬銀行出石支店	260	9	75	153	78	○	160	148	-12	×
④弘道小学校	⑨但馬銀行出石支店	800	27	75	59	-16	×	160	59	-101	×
⑤出石幼稚園	⑨但馬銀行出石支店	700	23	75	00	75	○	160	00	00	○
⑥いずし霊本店	⑨但馬銀行出石支店	750	25	75	00	00	○	160	00	00	○
①出石高等学校	⑨但馬銀行出石支店	450	15	55	48	-7	×	148	52	-96	×
②出石中学校	⑨但馬銀行出石支店	950	32	55	00	00	○	148	00	00	○
③出石庁舎	⑨但馬銀行出石支店	350	12	55	153	98	○	148	148	0	×
④弘道小学校	⑨但馬銀行出石支店	350	12	55	59	4	×	148	59	-89	×
⑤出石幼稚園	⑨但馬銀行出石支店	500	17	55	00	00	○	148	00	00	○
⑥いずし霊本店	⑨但馬銀行出石支店	1200	40	55	00	00	○	148	00	00	○

表-2 智頭地区における小規模構造物有無別の複合氾濫時の避難安全性評価

避難目的地	避難開始想定地点	避難距離 (m)	リード タイム (min) ①	現況（小規模構造物なし）				小規模構造物（防水壁）あり			
				「避難開始想定地点」 移動困難状況発生時刻 (min)	「避難目的地」 移動困難状況発生 時刻(min)	差分(min)	避難 有効性	「避難開始想定地点」 移動困難状況発生時刻 (min)	「避難目的地」 移動困難状況発生 時刻(min)	差分(min)	避難 有効性
				①智頭病院	④ちえの森ちづ図書館	450	15	8	00	00	○
②智頭町総合センター	④ちえの森ちづ図書館	140	5	8	10	2	×	18	23	6	○
③ひまわり会館	④ちえの森ちづ図書館	600	20	8	00	00	○	18	00	00	○
④旧諏訪保育園	④ちえの森ちづ図書館	750	25	8	50	42	○	18	50	33	○
⑤智頭町民運動場	④ちえの森ちづ図書館	850	28	8	00	00	○	18	00	00	○
⑥智頭小学校	④ちえの森ちづ図書館	900	30	8	00	00	○	18	00	00	○
⑦智頭中学校	④ちえの森ちづ図書館	1300	43	8	00	00	○	18	00	00	○
①智頭病院	⑨諏訪高造	1000	33	00	00	00	-	00	00	避難の必要なし	-
②智頭町総合センター	⑨諏訪高造	800	27	00	10	10	-	00	23	避難の必要なし	-
③ひまわり会館	⑨諏訪高造	400	13	00	00	00	-	00	00	避難の必要なし	-
④旧諏訪保育園	⑨諏訪高造	500	17	00	50	50	-	00	50	避難の必要なし	-
⑤智頭町民運動場	⑨諏訪高造	500	17	00	00	00	-	00	00	避難の必要なし	-
⑥智頭小学校	⑨諏訪高造	450	15	00	00	00	-	00	00	避難の必要なし	-
⑦智頭中学校	⑨諏訪高造	900	30	00	00	00	-	00	00	避難の必要なし	-

4. まとめ

本研究では、山地・河川に隣接する市街地を対象とし、現況都市機能や景観を損なわない範囲での小規模構造物による複合的氾濫時の避難安全性向上方策を数値シミュレーションにより検討した。検討の結果、小規模構造物の選定と設置位置が避難安全性向上に大きく寄与することがわかったが、小規模構造物の設置方法によっては避難の必要性そのものが無くなることもわかった。今後は、小規模構造物と支川洪水位に基づく防災警報システムとの連携等、より多角的な観点から山地・河川隣接市街地での避難安全性向上方策を検討する。

参考文献

- 1)筒井ら：ヒアリング調査を基にした平成23年那智川災害の避難行動に関する研究，第8回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp.37-42, 2016.
- 2)坂巻：水災害と街づくりに関する先人たちの知恵・教訓, NTT ファシリティーズ総研レポート, No.31, pp.8-15, 2020.
- 3) Wada et al. : Development of a Numerical Model for Deposition and Flood Propagation by Multiple Inflows of Debris Flows and River Floods, International Journal of Erosion Control Engineering, Vol.14, No.2, pp.20-30, 2021.
- 4)水害ハザードマップ作成の手引き, 国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課水防企画室, p.80, 2016.
- 5)市町津波避難計画策定の手引き (兵庫県), p.23, 2018.
- 6)日経クロステック (xTECH) HP: 高岡第一陸閘 URL: <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01360/00032/> (最終閲覧日: 2022/2/14)
- 7)兵庫県 HP: 田んぼダム URL: <https://web.pref.hyogo.lg.jp/whk11/tanbo.html> (最終閲覧日: 2022/2/14)