

重点研究課題 研究課題番号 (4)
助成受付番号 第18006号

堤防破壊危険性評価と洪水流・氾濫流解析に基づいた 流域水害リスクの分析と被害軽減策に関する研究

中央大学研究開発機構 田端幸輔

0

背景

堤防破壊特性

- いつ、どこで、どのような堤防破壊が生じるか？
- 破壊シナリオの設定（場所、時間）

氾濫流の特性

- 氾濫の範囲、水深
- 様々な破壊シナリオに対する被害推定

地先の浸水リスクの定量化

1

目的

申請者らは、これまで浸透破壊に対する危険度を表す指標、堤防脆弱性指標 t^* を提示してきた¹⁾。また、信頼性解析によって算定される破壊危険確率Pfの算定法についても検討している²⁾。更に、鬼怒川2015年洪水に対する洪水～氾濫流を再現できる数値解析モデルを構築してきた³⁾。これらをベースとして、本研究では、地先の氾濫リスクの提示を目的として以下の検討を行った。

- 破壊による浸水被害が生じた鬼怒川2015年9月洪水外力を対象として、堤防脆弱性指標 t^* から、堤体浸透による破壊条件（河川水位、時間）を推定する。
- これに基づいて設定される複数の破壊シナリオを考慮した洪水流・氾濫流解析を実施する。
- これにより得られる浸水情報を、破壊危険確率Pfを考慮して集計することで、堤防浸透破壊に対する流域の浸水リスクの空間分布を提示することを目的とする。

1) 福岡健二・田端幸輔：浸透流を支配する力学指標と堤防浸透破壊の力学的相似条件～浸透流ナンバー-SFnと堤防脆弱性指標 t^* 、土木学会論文集B1(水工学), Vol.74, No.5, pp.1,1435-1,1440, 2018.
2) 田端幸輔, 福岡健二, 渡崎智之：超過洪水時における堤防破壊確率評価手法に関する研究, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.71, No.4, 1,1273-1,1278, 2015.
3) 田端幸輔, 福岡健二, 吉井拓也：平成27年9月鬼怒川流域における洪水流・氾濫流の一体解析に基づく水害リスク軽減策に関する研究, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.74, No.4, pp.1,1399-1,1404, 2018.

2

検討対象：鬼怒川平成27年9月洪水

3

① 破壊点の絞り込み

視点：「社会ニーズに合致した新たな技術の提案」

堤防の浸透破壊に対する無次元力学指標

堤防脆弱性指標 (福岡・田端, 2018)

$$t^* = \frac{5 k H t'}{2 \lambda b^2}$$

- t^* は、洪水継続時間と堤体浸透時間の比を表している。
- t^* の値が大きいくらゐ、堤防裏法先に浸潤線が早く到達し、浸透破壊の危険性が高まることを意味する。
- 現地堤防、模型堤防による検証から、 t^* の値が0.1を越えらると、浸透破壊が生じる危険性が高いことを確認している。

堤防脆弱性指標に用いる各変数の定義

4

① 破壊点の絞り込み

河道の洪水水面形

堤防脆弱性指標

5

② 破堤シナリオの設定

視点：「今日的課題の解決に役立つ成果」

- ・ 絞り込んだ破堤点に対して、複数点での破堤を含む全ての破堤の組み合わせ（破堤シナリオ）を設定

設定した破堤シナリオ

case	破堤				破堤または無破堤となる確率				同時確率
	21kL	18.75kL	11.75kL	13.5kL	21kL	18.75kL	11.75kL	13.5kL	
case1	破堤	無破堤	無破堤	無破堤	0.157	0.570	0.671	0.693	0.042
case1-1	破堤	破堤	無破堤	無破堤	0.157	0.317	0.726	0.740	0.027
case1-2	破堤	無破堤	破堤	無破堤	0.157	0.570	0.328	0.693	0.020
case2	無破堤	破堤	無破堤	無破堤	0.667	0.279	0.659	0.694	0.085
case2-1	無破堤	破堤	破堤	無破堤	0.659	0.279	0.276	0.708	0.036
case2-2	無破堤	破堤	無破堤	破堤	0.667	0.279	0.659	0.219	0.027
case2-3	無破堤	破堤	破堤	破堤	0.663	0.279	0.276	0.219	0.011
case3	無破堤	無破堤	破堤	無破堤	0.611	0.570	0.278	0.672	0.065
case3-1	無破堤	無破堤	破堤	破堤	0.639	0.573	0.278	0.222	0.023
case4	無破堤	無破堤	無破堤	破堤	0.667	0.612	0.659	0.219	0.059

6

② 破堤シナリオの設定

信頼性解析を用いた、堤防破壊危険確率Pf

不確実性によって変動する耐力を確率的に扱い、構造物の破壊に対する危険度を定量的に評価

性能関数 $Z = R(x_1, x_2, \dots, x_n) - L$

R : 耐力, L : 荷重
x : 物性等に関する不確実パラメータ

堤防前面の水位ハイドログラフ（計算区間全体）

堤防破壊確率の解析（信頼性解析）

堤防内の浸透流解析
①浸透破壊の有無
②裏法滑りの有無

土質定数 (k, c, φ) の抽出 (モンテカルロ法)

全国の一級河川の堤防ボーリング調査データ

浸透破壊の発生確率 $P_{f1} = \frac{\text{浸透破壊が生じる回数 } n_1}{\text{総試行回数(1万回)}}$

滑り破壊の発生確率 $P_{f2} = \frac{\text{滑り破壊が生じる回数 } n_2}{\text{総試行回数(1万回)}}$

7

③ 破堤シナリオに対する浸水氾濫範囲の予測

・ 洪水解析を再び実施し、それぞれの破堤シナリオに対し、破堤点からの氾濫流量ハイドログラフを計算し、氾濫計算を実施

破堤を考慮した洪水氾濫計算の例

8

③ 破堤シナリオに対する浸水氾濫範囲の予測

氾濫流の挙動（氾濫流量、水深コンターの比較）

Case2

Case2-3

9

④ 地先毎の浸水氾濫リスクの空間分布

視点：「応用性・発展性がある成果」

- ・ 浸水リスクの高い地域では、避難所の設立を避けることや、避難ルートとしても利用しないような規制を検討することが必要である。
- ・ 浸水のリスクの高い領域は、南東部に集中している。このため、浸水の長期化を回避するためには、内水小河川網（八間堀川）を整備し、鬼怒川だけでなく東側を流れる小貝川への排水も含めて効果的な排水計画の立案が必要になる。

10

まとめ

- ・ 破堤点ごとに、当然浸水範囲は異なるが、鬼怒川の沿川の常総市の場合、どの場所が破堤しても必ず浸水の危険性があるところが特定された。この地域は、浸水リスクが極めて高いことを意味している。このため、このような地域については、本研究により推定された氾濫に対する被害リスク結果に基づいて、避難行動の在り方や浸水長期化を回避する上での排水計画立案等について積極的に検討していくことが必要である。
- ・ 浸水被害を最小限にとどめるためには、まずは河川の流下能力を高めるための整備（河道掘削、河道線形の是正、粗度・樹木管理など）と、堤防強化が重要である。これらを実施することで、氾濫危険度をかなり低減できることが期待できるため、着実な実施を続けていくことが重要である。
- ・ 本手法は、これまでに経験した最大規模の洪水（鬼怒川2015年9月洪水）のみを対象とし、破堤確率を考慮してリスクを算定したが、今後は、更に大規模な洪水に対するリスクや、逆に、どの程度の小規模氾濫であれば被害を許容できるのか、すなわち許容リスクについても明らかにし、鬼怒川のような低平地河川の水害リスク評価手法を構築していく必要がある。

11