



液状化を考慮した確率的な浸水区域図作成に関する研究

巽, 暁哉
大石, 哲

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 29:120-124

(Issue Date)

2025-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/0100496659>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/0100496659>



液状化を考慮した 確率的な浸水区域図作成に関する研究

Study on development of probabilistic inundation area maps with liquefaction

巽 暁哉¹⁾
Tokiya TATSUMI
大石 哲²⁾
Satoru OISHI

概要：本論文は、液状化による堤防の脆弱化が洪水リスクに及ぼす影響を定量的に評価するため、PL値を用いて堤防の被害を想定し、同時破堤を取り入れた氾濫計算を実施した。このアプローチにより、地震後の堤防が復旧しない状態で豪雨が発生した場合の浸水リスクを明らかにし、通常の洪水ハザードマップでは捉えきれないリスク評価の可能性を示した。

特に南海トラフ巨大地震のような大規模地震後には広範囲での堤防被害が想定される。本研究では、2018年7月6日から7月7日にかけて西日本を襲った記録的な豪雨を対象とし、通常時には破堤が発生しない流量であっても液状化による堤防の脆弱化が加わることで、浸水範囲が大幅に拡大する可能性を示した。この結果は、破堤の位置や規模が浸水被害に与える影響が大きく、単に破堤数が増加するだけではなく、破堤地点の配置が被害規模を左右する重要な要因であることを示唆している。

また、異なる閾値（0.3m、0.5m、1.0m、2.0m）に基づく浸水確率分布を算出し、各閾値が持つリスク特性を評価した。浸水深0.3mは初期避難の判断基準として重要であり、0.5m以上では建物被害や経済的損失の評価に寄与する。また、2.0m以上では住民の生命に深刻な危険を及ぼすため、災害シナリオや避難計画において優先的に考慮すべき数値であることがわかった。これらの結果から、最大浸水深分布だけではなく、確率的なアプローチに基づく評価が避難計画や被害予測において重要であることが示された。

同時破堤の影響を考慮することで、従来の単一破堤モデルでは捉えきれなかった複雑な浸水状況をより現実的に評価できることが確認された。本研究の結果は、地震災害後の洪水ハザードマップ作成や避難計画の策定において、リスク特性に応じた柔軟な閾値設定と複数シナリオの検討が必要であることを提起しており、より実効性の高い防災対策の立案に貢献するものである。

キーワード：液状化、カスケード災害、確率的な浸水リスクマップ、同時破堤

1. はじめに

河川堤防は、通常時と液状化による被害が発生した場合でその機能に大きな差が生じる可能性がある。通常時には河川氾濫が想定されない流量であっても、地震によって堤防が脆弱化すると、氾濫が発生するリスクがある。しかし、現状では地震後の液状化による堤防被害を考慮した洪水ハザードマップは存在せず、課題となっている。また、従来の最大浸水深に基づく評価では被害が過剰に見積もられる可能性がある。本研究では、異なる閾値に基づく浸水確率分布を算出し、液状化という不確実性を考慮した洪水リスク評価の有用性を検証することで、能登半島地震で明らかになったカスケードハザードに対するハザードマップの作成に貢献することを目的とする。

2. 調査方法

(1) 調査方針

本研究では、液状化による堤防の脆弱化が洪水リスクに及ぼす影響を評価するため、確率的なアプローチを取り入れた氾濫計算を実施した。まず、内閣府中央防災会議が作成した東南海・南海地震を想定した地震動データをもとに PL 値を算出し、大竹ら¹⁾の手法を参考に液状化の発生確率を算出した。この発生確率に応じて破堤の発生を判定した。

氾濫計算は平成 20 年 7 月豪雨の観測流量データを用い、液状化の影響を考慮した 10 ケースを作成し、それぞれのケースで氾濫計算を実施した。計算結果として、最大浸水深分布および閾値ごとの浸水確率分布を算出し、従来の最大浸水深を用いたハザード評価との比較を行った。

最後に、得られた結果をもとに、液状化が洪水リスクに与える影響を分析した。特に、最大浸水深と確率分布を比較し、従来の洪水ハザードマップでは捉えきれなかったリスクの特性を評価した。また、破堤位置が浸水被害に与える影響を確認した。

(2) 数値計算方法

本研究の氾濫計算では、iRIC ver.4.0（以下 iRIC）に含まれている氾濫解析ソルバー Nays2DFlood ver.4.0 を使用する。Nays2DFlood は一般曲線座標で境界適合座標を用いた非定常平面 2 次元流計算による氾濫流解析用ソルバーである。以下の浅水方程式を基礎とした二次元非定常流解析により計算される。

【連続式】

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q + r \quad (1)$$

【運動方程式】

$$\frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -hg \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + D^x \quad (2)$$

$$\frac{\partial(vh)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -hg \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} + D^y \quad (3)$$

ここで、 h は水深、 t は時間、 u は x 方向の流速、 v は y 方向の流速、 q は単位面積当たりのカルバート、ポンプ、流入点による流入量、 r は雨量、 g は重力加速度、 H は水位、 τ_x は x 方向の河床せん断力、 τ_y は y 方向の河床せん断力、 ρ は水の密度である。

また、渦動粘性係数 ν_t は式(4)で示すゼロ方程式モデルによって算出される。

$$\nu_t = \frac{\kappa}{6} u_* h \quad (4)$$

ここで、 κ はカルマン係数(=0.4)、 u_* は摩擦速度である。底面の摩擦はマンシングの粗度係数を用いて設定し、河床せん断係数 C_f とマンシングの粗度係数 n_m は以下の式(5)の関係になっている。

$$C_f = \frac{gn_m^2}{h^3} \quad (5)$$

本研究の計算範囲は図 1 に記す淀川流域の枚方本川毛馬付近の 6150m×6025m とする。計算条件については表 1 に記す。



図 1 計算領域

表 1 氾濫計算の計算条件

境界条件	上流端条件：枚方地点の観測データ
	側方条件：自動流出
	下流端条件：自動流出
$dx \times dy$	25m×25m
dt	0.1s
粗度係数	高水敷・河川外：0.05
	低水路：0.03

3. 結果・考察

図 2 に、全ケースの最大浸水深分布を重ね合わせた最大浸水深分布を示している。この図から、南海トラフ巨大地震によって堤防が脆弱化し、完全に堤防が復旧するまでに豪雨が発生した際には、通常時には氾濫が生じない流量であっても破堤し氾濫が生じる可能性が示唆された。右岸側左岸側ともに計算領域上流部の堤防において液状化の発生確率が高くなっており、そこからの氾濫流が両岸側ともに広がっていることが確認された。

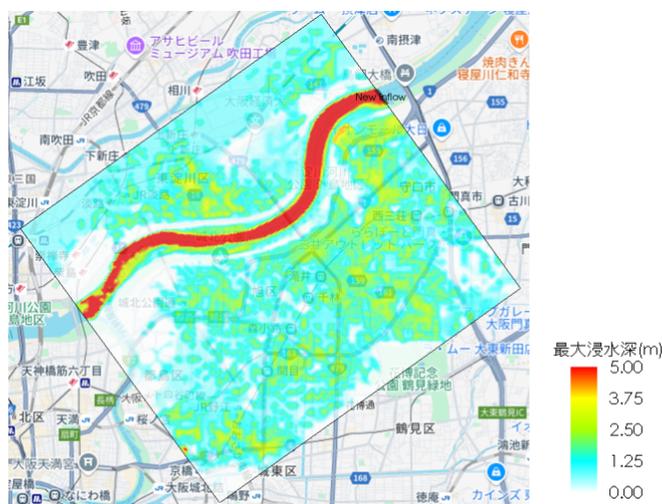


図 2 全 10 ケースの最大浸水深分布

図 3 は閾値 1.0m における浸水確率分布を示している。1.0m の浸水深は建物の全壊のリスクが増加する深さであり、氾濫発生時には避難優先地域を特定するための重要な指標となる。最大浸水深分布では、右岸側と左岸側の浸水リスクの面で大きな差は確認することができない。ただ、浸水確率分布から、右岸中流部東淀川区で特に浸水リスクが高くなるのがわかる。

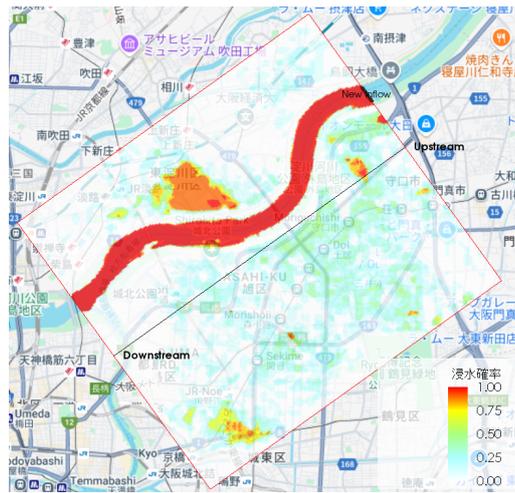


図3 閾値 1.0mにおける浸水確率分布

4. 結論

本研究では、液状化による堤防の被害を想定し、破堤地点を変更しながら複数のシナリオで氾濫計算を実施した。液状化という不確実性の高い現象を確率的な視点から評価することで、従来の手法では捉えきれなかった新たな浸水リスクを明らかにした。また、通常時には氾濫しない流量であっても、液状化によって脆弱化した堤防では、大規模な浸水被害が生じる可能性が示唆された。災害が頻発する地域において、カスケード災害からの視点を取り入れたリスク評価の重要性が明らかになった。

謝辞：本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第3期「スマート防災ネットワークの構築」課題番号：JPJ012289（研究推進法人：防災科学技術研究所）によって実施されました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 大竹ら,震災履歴を有する河川堤防 20km における地盤調査地点を考慮した液状化危険度解析とその有効性検証,地盤ジャーナル 9 巻,p203-217,2014

筆者： 1) 巽暁哉, 工学研究科市民工学専攻, 学生 ;
2) 大石哲, 都市安全研究センター, 教授

Study on development of probabilistic inundation area maps with liquefaction

Tokiya TATSUMI
Satoru OISHI

Abstract

This study evaluates the impact of levee weakness caused by liquefaction on flood risk. Large earthquakes, such as the Nankai Trough Earthquake, could collapse river levees, significantly increasing the risk of flooding. In this study, PL values were used to simulate levee damage, and flood simulations were conducted that incorporate simultaneous levee failures. This approach highlights the flood risk of a heavy rainfall event after an earthquake when levees have not yet been repaired, a risk that is not captured by conventional flood hazard maps.

Focusing on the 2018 July heavy rain event, the study found that liquefaction can cause significant flooding, even at flow rates that would not normally breach levees in good condition. The results suggest that the location and size of levee breaches significantly affect the extent of flooding, and not just the number of breaches. To assess risk more comprehensively, flood probability distributions were calculated using different thresholds (0.3m, 0.5m, 1.0m, and 2.0m). By incorporating flood probability, we provide essential information that previous discussions lacked based solely on maximum inundation depth.

By considering simultaneous levee breaches, this study demonstrates that more realistic flood scenarios can be assessed compared to traditional single-breach models. The findings emphasize the importance of flexible threshold settings and the consideration of multiple scenarios when creating flood hazard maps and evacuation plans after earthquakes. These insights can contribute to the development of more effective disaster prevention strategies.

©2024 Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, All rights reserved.