

堤防の浸透破壊を考慮した河川氾濫解析による荒川流域の潜在的氾濫リスクの評価

埼玉大学大学院理工学研究科 学生会員 ○海野瀬 綾乃
 埼玉大学レジリエント社会研究センター 正会員 田中 規夫
 埼玉大学大学院理工学研究科 正会員 五十嵐 善哉
 埼玉大学大学院理工学研究科 学生会員 伏見 健吾

1. 目的

近年、平成27年9月関東・東北豪雨、平成30年7月西日本豪雨など、集中豪雨による破堤を伴う水害が各地で発生している。令和元年10月に発生した台風第19号では、荒川流域でも越水、破堤による甚大な被害が生じた。国土交通省社会資本整備審議会は、これらを踏まえ、①流域における水害リスクを適切に評価し、②情報を社会全体で共有し、③河川管理者、地方公共団体、住民や企業が一体となって対策を実施していく必要があると提示しており、荒川流域においても、氾濫リスク箇所を把握することは重要であるといえる。

伏見ら¹⁾は確率規模1/200で解析を行い、荒川流域の潜在的氾濫リスク箇所を示しているが、この解析は越流破堤のみを考慮したものである。既往事例としては越流破堤が多く、台風第19号における荒川の破堤も越流で生じている。しかし、破堤は越流のみによるものではなく、浸透、侵食、またそれらの相互作用により破堤が生じる箇所もある。リスクを漏れなく明らかにするには、破堤の要因として越流以外の現象も考慮する必要がある。本研究では堤防の浸透破壊に着目し、荒川流域の国土交通省直轄管理区間を対象として、浸透に対する潜在的な氾濫リスク箇所を評価することを目的とする。

2. 研究方法

(1) 氾濫解析モデル

広領域で河川内の水位と堤内地の氾濫流を一体的に解析可能である、平面二次元洪水・氾濫流解析モデルを使用した。支配方程式や地形条件などは、田中ら²⁾に植生抵抗を加えたものを用いた。

(2) 境界条件

平面二次元計算で河川流と氾濫流を一体的に解析するモデルを使用し、計算領域の内部(各支川の upstream 端)に、令和元年台風第19号(令和元年10月12日～13日上陸)の流量、水位データを境界条件として与えた。欠測が生じた観測所においては、貯留関数を用いた洪水流出計算により、欠測部を補った。

(3) 堤防脆弱性指標

福岡ら³⁾は、浸透流の力学的指標と非定常準二次元浸透流解析を用いて堤防脆弱性指標 t^* を導いている。

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

ここに、 λ : 空隙率、 b : 堤防の有効敷幅(m)、 k : 堤体の平均透水係数(m/s)、 H : 洪水流の水位(m)、 t' : 高水敷に洪水流が乗っている時間(s)である。堤防脆弱性指標 t^* は、堤防の浸水時間と、浸透流が堤防表法の水際から裏法先まで到達するのに要する時間の比であり、堤防決壊の程度を判断可能な指標である。

本研究では、解析モデルで計算される H を用いて1秒ごとに t^* を計算している。また背割堤、囲曉堤、横堤など、堤防の両側に水がある場合は、両側の水位差を H として計算を行った。

3. 結果および考察

(1) 浸透に対する潜在的氾濫リスク箇所

図-1に荒川流域における t^* の分布を示す。福岡ら³⁾は、堤防決壊時は概ね0.1以上、裏法すべりは概ね0.01～0.1、堤体漏水は0.001より大きい範囲に t^* が分布していることを示している。同範囲を浸透破堤リスクの判断基準として採用しリスク箇所を特定する。 $t^* \geq 0.1$ の箇所を赤、 $0.001 < t^* < 0.1$ の箇所を黄色で示す。

キーワード 浸透破壊、潜在的氾濫リスク、堤防脆弱性指標 連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255
 埼玉大学大学院理工学研究科 TEL:048-858-3564 E-mail:tanaka01@mii.saitama-u.ac.jp

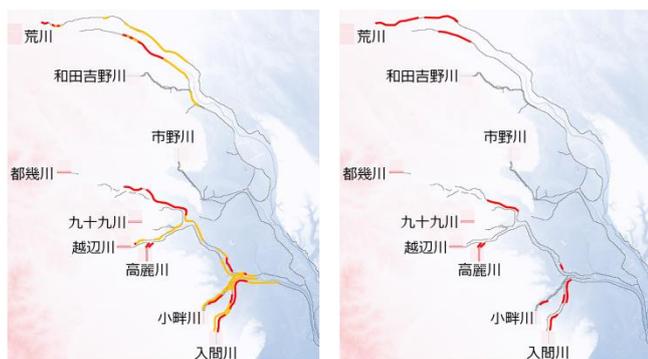
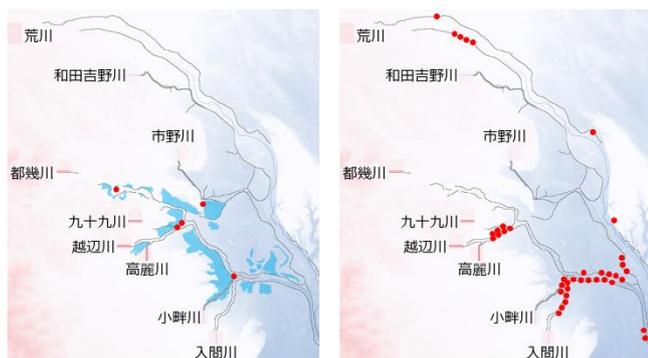


図-1 堤防脆弱性指標 t^*
(赤: $t^* \geq 0.1$, 黄: $0.001 < t^* < 0.1$)



図-2 透水係数 k
(赤: $k > 0.001$)



台風第19号 破堤/浸水箇所 明治43年洪水 破堤箇所
図-3 既往破堤箇所

また令和元年台風第19号における実際の越流破堤地点と浸水範囲、荒川最大の出水であった明治43年洪水において破堤した地点を図-3に示す。破堤が発生していない地点でも t^* が大きい箇所があり、越流破堤では評価しきれない、浸透による潜在的氾濫リスク箇所が存在するといえる。

(2) 堤体の平均透水係数 k と t^*

図-2に示すように、本解析における t^* は透水係数に依存する傾向があり、礫に相当するような透水係数 ($k > 10^{-3}$ 程度、図-2赤で示す) を持つほとんどの箇所で t^* も大きな値が出ている。粗粒分は、粒子のかみ合わせにより堤防の強度発揮に効果があることから、築堤時に粗粒分を堤防の材料に混ぜることがあり、そのような箇所で採取した試料は透水係数が大きく出ることがある。荒川上流部では明治43年、昭和22年に大規模な破堤が発生し、以後堤防の強度を高める改修がされてきた。明治43年の既往破堤箇所と類似した地点で透水係数ならびに t^* が大きく出ている。既往破堤点において堤防の改修に粗粒分が使用された可能性、それにより浸透破堤リスクが高まっている箇所が存在することが示唆される。

(3) 地形条件による水位変化

入間川流域では、 t^* が大きい箇所は各河川の合流部とその上流(背水影響を受ける範囲)付近に集中している傾向が見て取れる。河川の合流部は水位 H が高くなりやすい。よって高水敷に洪水流が乗るタイミングも早くなり、高水敷に洪水流が乗っている時間 t' も大きくなり、 t^* が大きな値になるといえる。合流点付近のリスクを減らすためには、浚渫や植生の管理を行い下流部の水位を下げるのが有効であるが、植生は流速の低減や侵食を抑制する効果もあるため、その機能を評価したうえで適切に管理を行っていく必要がある。

4. 結論

荒川流域において令和元年台風第19号による浸透破堤は発生しなかったが、堤防脆弱性指標 t^* を用いた検討によると、荒川本川上流部や入間川流域の各河川合流部とその上流側で t^* は大きな値を示した。本解析により、荒川における浸透による潜在的氾濫リスク箇所を明示することができた。

本解析における t^* の支配的な要因としては、土質材料と、地形条件による水位変化が挙げられる。粗粒分が混在している堤防は、強度的には有利になる一方で、透水係数を用いた検討では不利になる。また河川の合流部では水位が高くなりやすいことから堤防の浸透時間も長くなり、破堤リスクが高まる。

謝辞

本研究には、令和元年度 河川砂防技術研究開発公募 地域課題分野(河川) 研究助成と突発災害科研(台風19号)を使用し、解析にあたり使用したデータは、国土交通省関東地方整備局 荒川上流河川事務所からご提供いただいた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 伏見健吾, 五十嵐善哉, 田中規夫: 降雨波形と破堤条件が荒川流域川島町の潜在的氾濫リスクと避難タイミングに与える変化, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.74, No.5, 2018.
- 2) 田中規夫, 五十嵐善哉, 伏見健吾: 荒川中流域の潜在的氾濫リスクと現存する江戸時代の旧堤防群が果たす減災効果, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.74, No.4, 2018.
- 3) 福岡捷二, 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 SF_n と堤防脆弱性指標 t^* , 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.74, No.5, 2018.