

## 河川堤防の決壊に及ぼす河道特性の影響の検討\*

日本大学大学院工学研究科 折笠 聡哉

日本大学大学院工学研究科 梅田 信

### 1. はじめに

近年、気候変動の影響によると考えられる豪雨災害の激甚化が問題となっている。令和元年台風第19号では、10月10日から13日にかけて記録的な大雨となり、関東、北陸、東北地方の広い範囲で堤防の決壊や河川の氾濫が相次いだほか、土砂災害や浸水害が発生した。この台風による被害額は1兆8600億円で、統計開始以来最大であった。このような大きな被害につながる要因の一つとして、堤防の決壊が挙げられる。

堤防決壊に関する既往研究のうち、島田ら<sup>1), 2)</sup>は破堤拡幅現象について背水区間、川幅、フルード数、河床勾配が影響することを数値解析により示しているが、実河川において堤防が決壊した場合、どのような破堤拡幅過程を示すかまで明確に示すには至っていない。また令和元年台風第19号に関する既往研究のうち、川越ら<sup>3)</sup>は、福島県の降雨、人的被害、堤防決壊について、末次ら<sup>4)</sup>は、千曲川破堤災害調査結果と治水対策についてまとめられているが、この二つの例のように、県単位、流域単位の文献が多い。

本研究では、令和元年台風第19号での破堤災害を対象に、著者らが既に行った福島県内の決壊地点に加えて<sup>5)</sup>、他県での決壊地点を調査した。特に破堤幅の拡幅現象に影響を与える河道特性として、川幅・勾配・蛇行度の3点に着目して解析を行い、決壊しやすい場所、リスクの高い場所の傾向を把握することで、重点的に強化すべき場所を見出し、今後の水害対策に寄与することを目的として研究を行った。

### 2. 研究方法

堤防決壊に関する情報は、国土交通省<sup>6)</sup>から収集した。収集事項は、決壊があった河川名、決壊地点である。ただし、決壊地点については、地区名の記載しかなく、詳細な位置を特定ができるまでの情報が得られなかった。そこで、各県のホームページ等の被災状況が掲載されている資料の写真や地図などを参照しながら、具体的な破堤位置を特定した。破堤位置を特定し、記録をするために、Google Earthの衛星写真を用いた。撮影時期によっては、堤防の復旧工事後の状態が掲載されており、位置の特定にも役立った。

決壊地点の被害の大きさを示す要素の一つである破堤幅について、国土交通省や各県で公開されている情報から整理を行った。取得した情報は、国管理河川の14ヶ所、福島県管理河川の49ヶ所、埼玉県管理河川の2ヶ所、新潟県管理河川の2ヶ所である。宮城県、茨城県、栃木県、長野県については、各県のホームページに掲載がなく情報が取得できなかった。福島県が現在公表している資料<sup>7)</sup>では、ごく一部の地点で堤防復旧時の河川と堤防の断面図の掲載があるのみである。また寸法が記載されていないものが多かった。

---

\*Influence of river channel characteristics on river levee breaches by Toshiya Orikasa, Makoto Umeda

破堤幅の拡幅現象に影響を与える河道特性の要素として、川幅、河川の縦断勾配、河道の蛇行度について検討した。川幅は Google Earth に掲載のある衛星写真から測定した。堤防の決壊箇所において、堤防の天端間の距離を測定し、洪水時の川幅とした。これは、堤防が決壊した時の水位状況を想定したものである。

河道形状については、国土数値情報から入手した河川ラインデータを GIS ソフトで処理し、解析を行った。本川の場合は河口を、支川の場合は合流点（下流端）を始点とし、流路に沿って水平方向 100m 間隔に地点を設定し、それぞれに基盤地図情報による 10m メッシュの数値標高モデル（DEM）を付与して河道標高を求めた。しかし、河川ラインデータに示される河道は、堤外地を通っているものの、高水敷に地点があたる場合などがあり、横断面内の最深部に対して数 m 程度高い標高が示される箇所や区間があった。そこで、上下流それぞれ 1km の移動平均により平滑化して標高データとして用いた。

このようなデータに対して、河床勾配と流路の蛇行度を算出した。河床勾配は、対象地点の上下 100m の地点の標高を中央差分して、各地点の勾配とした。ただし、上記に記したような理由で上り勾配と算出された区間については除外した。流路の蛇行度は、対象地点の上下流 1km ずつの範囲における直線距離に対する流路に沿った長さの比によって算出した。

### 3. 結果

令和元年台風第 19 号における堤防の決壊地点の情報を国土交通省ホームページより収集した結果を表-1 に示す。表中の詳細情報の欄は、破堤幅の情報の有無を表しており、情報が取得できたものを丸印、取得できなかったものを三角印で表記した。また国土交通省ホームページに併記されていた決壊地点の地区名の情報と各県のホームページに掲載されている破堤状況の写真や地図を参考に地図上にプロットした結果を図-1 に示す。図より、決壊地点の多くは台風の通過経路周辺の一級河川およびその支川であるが、新潟県や長野県のように台風の通過経路から離れた場所でも決壊が発生していることがわかる。

表-1 決壊箇所の内訳

国管理河川				詳細情報
都道府県	水系	河川	決壊箇所	
宮城県	鳴瀬川	吉田川	1	○
福島県	阿武隈川	阿武隈川	1	○
茨城県	久慈川	久慈川	3	○
	那珂川	那珂川	3	○
埼玉県	荒川	越辺川	2	○
		都幾川	3	○
長野県	信濃川	千曲川	1	○
小計	6	7	14	
県管理河川				詳細情報
都道府県	水系	河川	決壊箇所	
宮城県	4	18	36	△
福島県	11	23	49	○
茨城県	2	4	6	△
栃木県	2	13	27	△
埼玉県	1	2	2	○
新潟県	2	2	2	○
長野県	1	5	6	△
小計	20	67	128	
		合計	142	

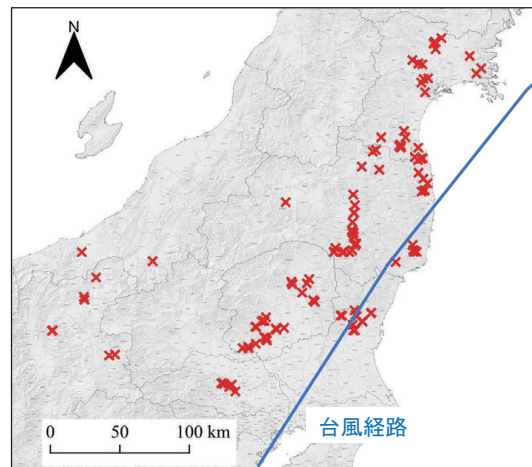


図-1 決壊箇所

河道特性と決壊の大きさに何らかの関係がありうると予想される。そこで、各決壊地点における川幅と破堤幅の関係を調べた。両者をプロットしたものを図-2に示す。川幅には洪水時の河道全幅を考えた。図には既に調査を行った福島県の破堤幅に加え、情報を取得できた国管理河川、埼玉県管理河川、新潟県管理河川の破堤幅の調査結果も示した。破堤幅と川幅に関しては、建設省土木研究所が整理した事例に基づく経験式<sup>8)</sup>がある。川幅を  $B$ 、決壊延長を  $L$  としたとき、

$$L = 2.0(\log B)^{3.8} + 77 \quad (1)$$

で示されている。図-2にはこの線もプロットした。図より、経験式は真ん中付近を通っていると言えそうである。しかし、本研究で得られたデータから、川幅と破堤幅の相関を調べたところ、決定係数が 0.1 未満とほぼ無相関であることがわかった。

河床勾配と破堤幅の関係を調べた結果を図-3に示す。図より、ほとんどの決壊地点の勾配が 1000 分の 1 以上であることがわかるが、破堤幅の大小に寄与した可能性は低いと言える。

流路の蛇行度と破堤幅の関係を調べた結果を図-4に示す。蛇行度は谷長に対する水路長の比、あるいは蛇行の水路長と蛇行波長の比として定義される<sup>9)</sup>。図より、半数以上の決壊地点で蛇行度が 1.2 以下であることがわかる。阿武隈川や越辺川の一部では蛇行度が大きい箇所での決壊もあるが、破堤幅が大きくなってはいないため、蛇行度が破堤幅の大きさに影響したとは考えにくい。

決壊の多かった阿武隈川上流域の河道特性を図-5に示す。阿武隈川 145km から 175km 区間の縦断図を上段に、勾配図を中段に示す。図中のバツ印は決壊地点を示しており、赤色を直轄管理区間、青色を県管理区間とした。県管理区間の決壊 6 地点については、上流の勾配が大きい区間から下流の勾配が小さい区間へ変わった下流側で決壊が発生している。浜尾での決壊は、上流の越水で流下した越流水により堤内地側から決壊している。越水箇所 (153.8km 地点) の勾配は 758 分の 1 であり、その上流 1km 区間の勾配は 2000 から 3000 分の 1 と緩勾配であることから、勾配が越

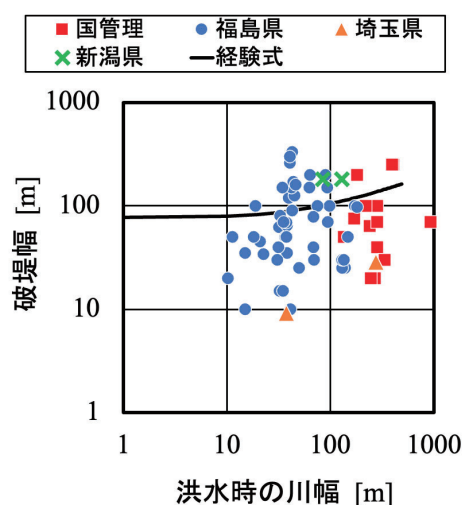


図-2 川幅と破堤幅の関係

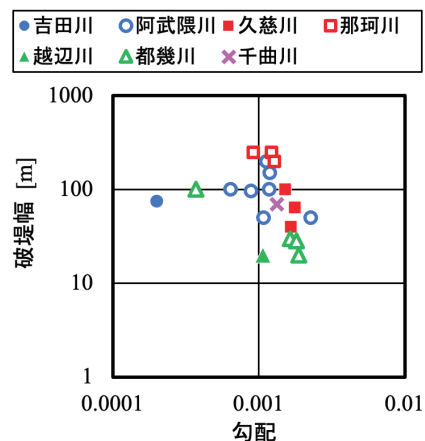


図-3 勾配と破堤幅の関係

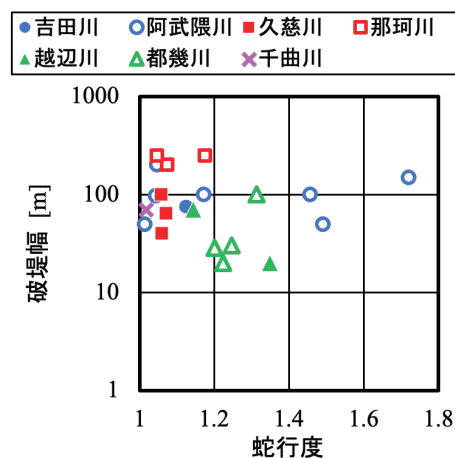


図-4 蛇行度と破堤幅の関係

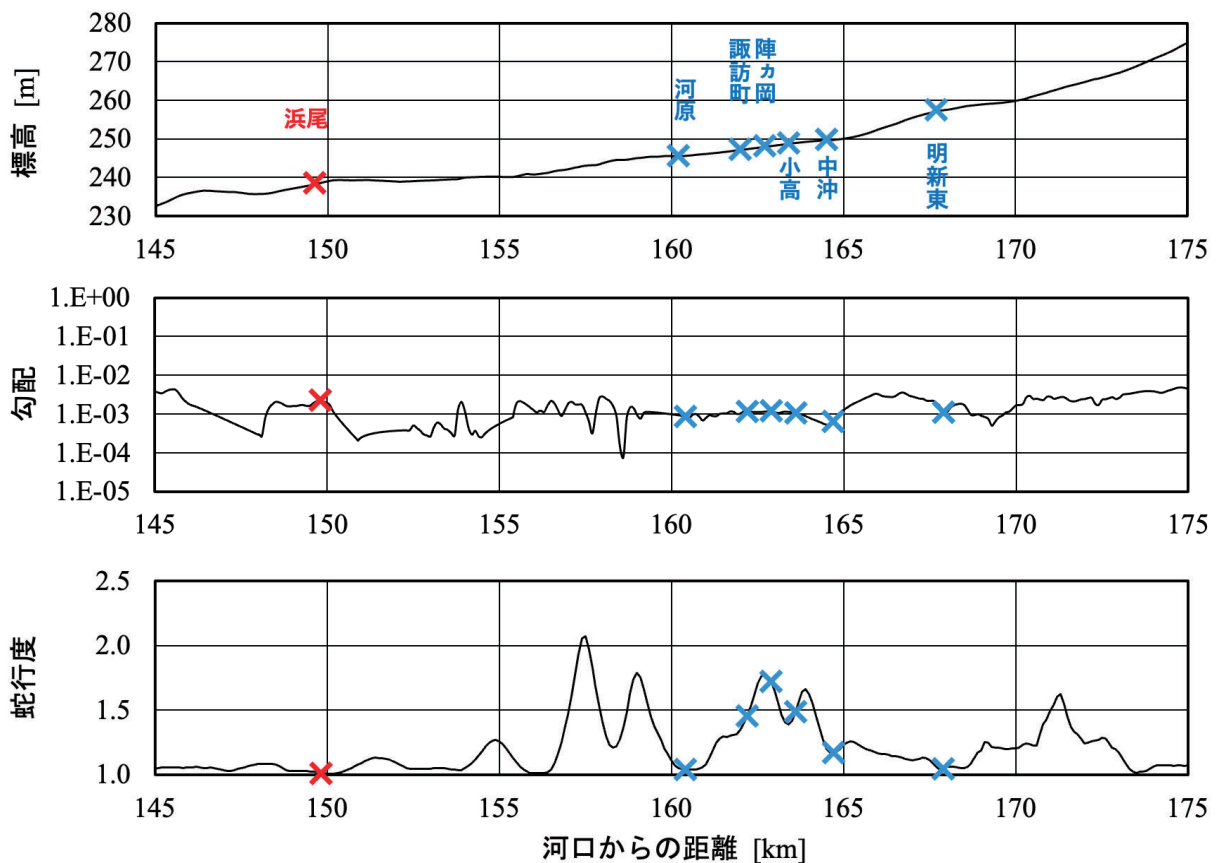


図-5 阿武隈川上流域河道形状と決壊地点

水の要因となった可能性は低いと考えられる。

阿武隈川 145km から 175km 区間の流路の蛇行度を図-5 の下段に示す。図より、蛇行度の大きい区間と小さい区間の両方で決壊があったことがわかる。小高，陣ヶ岡，諏訪町の 3 地点では蛇行度の大きさが決壊の要因になった可能性があるが，それ以外の地点は別の要因での決壊であると考えられる。

各要素単独では相関が見られなかったため，説明変数を川幅  $B(m)$ ，河床勾配  $I$ ，流路の蛇行度  $S$  の 3 つとして，破堤幅  $L(m)$  を目的変数とする重回帰分析を行った結果を図-6 に示す。

$$L = -2.5 \times 10^{-2}B - 3.3 \times 10^{-4}I - 64S + 2.2 \times 10^2 \tag{2}$$

重回帰分析の結果，決定係数は 0.08 であった。説明変数を増やしても，河道特性から破堤幅を十分に説明するのは難しいと言える。

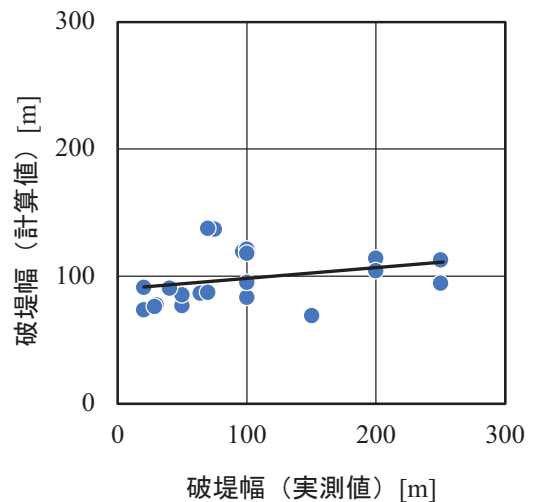


図-6 重回帰分析

#### 4. まとめ

本研究では、令和元年台風第 19 号の堤防決壊における破堤幅の拡幅現象に影響を与えうる河道特性として、洪水時の川幅、河床勾配、流路の蛇行度の 3 項目について検討した。その結果、川幅、勾配、蛇行度のいずれも破堤幅の大きさへの影響は低いと言える。また、各要素単独では相関が見られなかったため、説明変数を川幅、勾配、蛇行度の 3 つとして、破堤幅を目的変数とする重回帰分析を行ったが、説明変数を増やしても相関が弱く、河川の流路特性のみから破堤状況を説明するのは難しい結果が得られた。

本論文の結果では河道特性が破堤幅の大きさに与える影響を明確に示すには至らなかったが、勾配や蛇行度の解析方法の見直しや流出解析等も含めた検討を行い、水害対策に寄与できるように成果を積み上げていくことが課題であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 島田友典・渡邊康玄・深澤アダム翔・前田俊一・横山洋：背水影響が堤防決壊拡幅現象に与える影響，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.75, No.2, I\_1405-I\_1410, 2019.
- 2) 島田友典・渡邊康玄・横山洋・米元光明：河道形状が堤防決壊拡幅現象に与える影響，河川技術論文集，第 25 巻，523-528, 2019.
- 3) 川越清樹・鈴木皓達・阿部翼：令和元年台風第 19 号による福島県の災害特徴，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.76, No.1, 329-345, 2020.
- 4) 末次忠司・大槻順朗：令和元年の台風 19 号による千曲川破堤災害調査結果と治水対策，水利科学，64 巻，3 号，136-148, 2020.
- 5) 折笠聡哉・梅田信：令和元年台風 19 号における福島県内の堤防決壊状況の分析，令和 4 年度土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会，2022/9/16.
- 6) 国土交通省：堤防決壊箇所一覧(令和 2 年 4 月 10 日)<https://www.milt.go.jp/common/001313204.pdf>, Site viewed : 2024/1/15.
- 7) 福島県土木部，令和元年東日本台風関連 災害復旧，防災，減災対策，2020 年度版.
- 8) 建設省土木研究所，氾濫シミュレーション・マニュアル(案)，土木研究所資料第 3400 号，1996.
- 9) 山本晃一：構造沖積河川学－その構造特性と動態－，山海堂，p.276, 2004.