

摩擦速度の作用時間と河道内被災状況の 関係性に関する考察

新潟大学災害・復興科学研究所 正会員 安田 浩保
 新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員 高橋 玄
 新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員 ○星野 剛
 新潟県三条地域振興局 正会員 酒井 公生
 八千代エンジニアリング大阪支店 正会員 竹村 仁志

1. はじめに

2011年7月末に発生した新潟・福島豪雨は、各地に様々な形の水害をもたらした。信濃川流域の中流部の五十嵐川の河道内に目を向けると、その下流区間では低水護岸の破損と高水敷の洗掘が縦断的に連続して発生したほか、中流区間では湾曲部外岸側で300mにわたる河岸浸食とそれに伴う破堤氾濫が発生した。これらの大規模な河道変動は堤防を弱体化させる大きな要因に繋がり破堤を招く大きな要因となる。

本研究では、洪水時に五十嵐川に作用していた外力を推定することを目的に平面2次元の数値解析を実施し、流速とその継続時間がどの程度であったかについて整理した。さらに、得られた数値解析の結果と河道設計の標準的な基準値との照合を行い、現在の設計法が内包する課題の抽出を行った。

2. 五十嵐川と対象洪水の概要

(1) 五十嵐川の概要

五十嵐川は河道延長が約39km、流域面積が約310km²の規模を誇り、その上流域に笠堀ダムと大谷ダムを有し、三条市の中心部を貫流して信濃川に合流する2級河川である。2004年7月の大規模洪水では浸水面積が1,320haに及ぶ被害を経験し、その後、流下能力が不十分だった信濃川との合流点から約4kmの区間で河道幅幅と河道掘削による改修が行われた。

(2) 平成23年新潟・福島豪雨

2011年7月に発生した新潟・福島豪雨のハイエトグラフはいずれの地点でも二峰型になり、雨量の第一波が累積雨量全体の7割程度、第2波が3割程度の比率となり、五十嵐川の流域平均雨量ではそれぞれ約520mm、約200mmであった。新潟県の調査¹⁾によると、2011年の豪雨において五十嵐川では2004年洪水を上回る、最大で2600mm/sが流下していたことが推算されている。

(3) 河道内の被災状況

この洪水により主に河道内での被災が非常に多くの地点で発生した。図-1の最上段には河口から10から20kmまでの区間における河床洗掘、法覆工、天端工などの護岸の被災状況を示した。河道に沿って描かれた太線が被災位置である。また、被災護岸の位置と平行に描かれた細線は越水の発生区間である。同図から分かるように、縦断的に一様に河道内被災が発生したことがわかる。このうち、最も大規模な河岸浸食が河口から14.6kmの地

点において発生した。これは、縦断方向に300m以上、横断方向に被災前の100mほどの川幅を40m程度押し広げる規模であった。

3. 洪水時の作用外力の評価指標

前章までに五十嵐川の河道内における被災の概況についてまとめた。被災状況について俯瞰すると、同程度の川幅や曲率の湾曲部であるにもかかわらず、著しく被災を被っている区間と免れている区間に二分されていることに気付かされる。

このような差異の理由を推測するとともに、被災箇所をあらかじめ把握するために適した評価指標を導くことを目的として、被災前断面に今回の出水の水利条件を与えた平面2次元解析を実施した。

(1) 数値解析モデル

数値解析モデルには、iRIC²⁾に同梱させる平面2次元解析のソルバーであるNays-2Dを用いた。

境界条件には、下流端の水位境界条件として五十嵐川の河口から約300m下流での観測水位、上流端の流量境界条件として新潟県により推定された二峰型の一連のハイドログラフ¹⁾を与えた。解析結果は水位の観測値と比較し、妥当であると判断した。

(2) 作用外力の評価指標の選定

現在の力学的な河道断面の設計手法³⁾では、それぞれの断面において計画高水位以下の水位における最大流速を代表的な指標として採用するものとされている。しかし、力学的に根本的な視点に立ち返ると、設計された断面や構造物が洪水流に抵抗できるか否かは流れによりもたらされる仕事量から規定されることは自明であり、最大流速だけからの判断には疑義が残る。また、これらの流速は本章において実施したような水理解析から算定され、平面2次元解析からは豊富な情報をが得られる。ここでは、これらを最大限に活用することで、最大流速よりも合理的な流体力の作用時間を導入した作用外力の評価指標について検討を行う。

河床変動量は、摩擦速度あるいはこれに河床材料の粒径を反映した無次元掃流力により評価することできる。ただし、計算格子と同程度の解像度の河床材料の粒径の空間分布は測定することが実際的に困難であることから、本研究では掃流力ではなく摩擦速度を指標として利用する。

本研究では、最大流速、時間積分された流速、最大摩擦速度、時間積分された摩擦速度の四者を評価指標の候

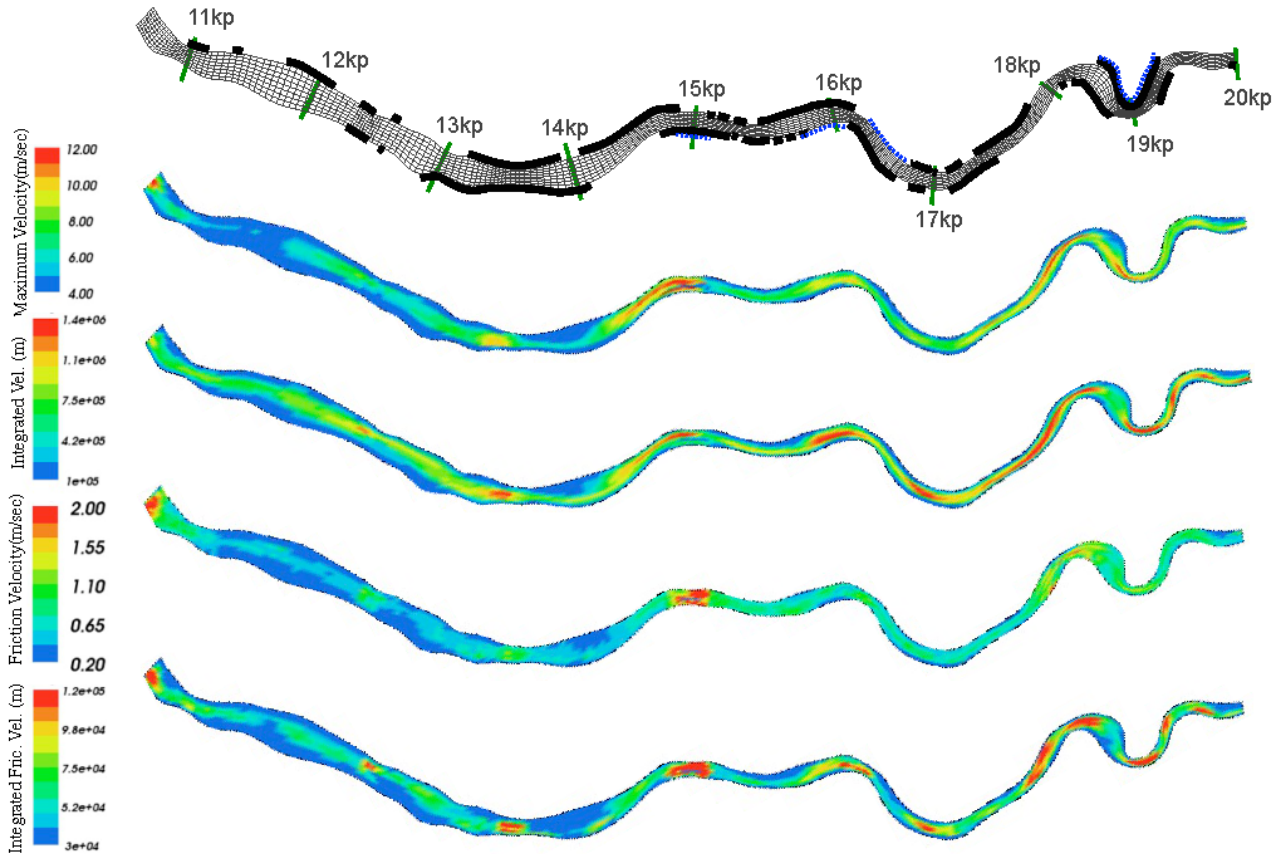


図-1 10km から 20km の河道内被災位置図と評価指標の比較 (1 段目が計算格子図と被災箇所と越流箇所の位置図、2 段目が最大流速の分布図、3 段目が時間積分された流速の分布図、4 段目が最大摩擦速度の分布図、5 段目が時間積分された摩擦速度の分布図)

補とする。ここで、時間積分された摩擦速度は、

$$U_T^* = \int_0^T u_* dt = \int_0^T \sqrt{ghi_e} dt \quad (1)$$

として求めた。ここで、 U_T^* が時間積分された摩擦速度、 T が河道への流体力の作用総時間、 u_* が摩擦速度、 g が重力加速度、 h が水深、 i_e が水面勾配である。 i_e は上流端と下流端の計算格子を除き、計算格子の縦断方向座標軸に沿った水面勾配を中央差分により求めた。

(3) 評価指標と被災箇所の対応関係

図-1 の 2 から 4 段目に最大流速、時間積分された流速、最大摩擦速度、時間積分された摩擦速度の空間分布を示した。対象区間では、4 つの評価指標ともそれぞれの被災箇所を比較的良好に把握できることがわかった。

今回の出水で最大の被災箇所となった 14.6km の地点についてはどの評価指標によっても明瞭に示された。特に、時間積分された摩擦速度による評価は他の二つと比べると局所的な濃淡が明瞭に現れて、被災箇所と良好な一致を示した。全体としてこのような良好の一致が認められるものの、13.5km 前後の右岸、15.8km の右岸、19km 前後の右岸についてはいずれの評価方法でも良好な対応を把握できなかった。このうち、19km 地点については最大流量時にこの蛇行部を短絡するように洪水が流下した可能性が否めない。今回の解析では河道内の水

理量のみを追跡対象としているため、この地点の評価についての言及は現時点では見送る。

上記までの考察から、時間積分された摩擦速度は土質や河床材料の情報が無視された土砂水理学的な視点のみの指標とはいえ、被災箇所の評価指標として極めて有用であると結論できる。そのうえ、数値解析から得られる一般的な水理量のみから算出が可能である点から実用性を兼ね備えていると言える。

4. おわりに

洪水時の作用外力の把握などを目的に、被災前断面にこの超過洪水の流量ハイドロを与える平面 2 次元解析を実施した。得られた解析結果に基づき被災箇所をよく説明するための評価指標の検討を行った。摩擦速度を軸に検討を行ったところ、時間積分された値が大きくなる箇所が被災箇所と概ね一致した。このことは、現状の河道設計では流速のみを基準としているが、高速な流速が生じる可能性がある河川においては流速の作用時間も踏まえた設計が必要であることを示唆するものである。

参考文献

- 1) <http://www.pref.niigata.lg.jp/kasenkanri/1317679266491.html>、平成 23 新潟・福島豪雨対策検討委員会、新潟県土木部
- 2) <http://i-ric.org/>、北海道河川財団
- 3) 護岸の力学設計法、国土開発技術センター、2001 年