

一般底面流速解法(BVC法)を用いた河川合流部の三次元流れと河床変動の解析

中央大学大学院 正会員 ○田端 幸輔

中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

国土交通省北陸地方整備局信濃川下流河川事務所 正会員 内藤 和久

1. 研究の背景・目的

信濃川・五十嵐川合流部では、流量規模が既往最大となった平成23年9月洪水時において、五十嵐川の水衝部となる信濃川左岸の河岸侵食と、合流点下流右岸側の剥離域の土砂堆積が大規模に生じた(写真-1)。本支川の流量規模や流量ハイドログラフの違いによって変化する合流部付近の三次元流れと、これに起因する河床変動機構を合理的に評価・予測できる手法を確立していくことは課題である。そこで本研究では、平面二次元解析の枠組みで、流れの三次元性を考慮した洪水流・河床変動解析を行う一般底面流速解法¹⁾を、信濃川・五十嵐川合流部に適用し、洪水流と河床変動の再現性について検証を行った。



写真-1 H23年7月洪水後の状況

2. 一般底面流速解法の概要

一般底面流速解析法¹⁾は、浅水流の仮定を用いない水深積分モデルであり、河床の抵抗評価や河床変動解析に必要な底面圧力と底面流速を、圧力や流速鉛直分布を解かず求めることに特徴がある。本手法で扱う未知量は、 h (水深)、 U_i (水深平均流速)、 Ω_i (水深平均渦度)、 u_{si} (水表面流速)、 W (水深平均鉛直方向流速)、 dp_b (底面圧力偏差)及び u_{bi} (底面流速)であり、底面流速 u_{bi} は、渦度の定義式を水深積分した式(1)より評価する。

$$u_{bi} = u_{si} - \varepsilon_{ij3} \Omega_j h - \left(\frac{\partial W h}{\partial x_i} - w_s \frac{\partial z_s}{\partial x_i} + w_b \frac{\partial z_b}{\partial x_i} \right) \quad (1)$$

ここに、 z_s : 水位、 z_b : 河床高、 w_s , w_b : 水面、底面の鉛直方向流速である。

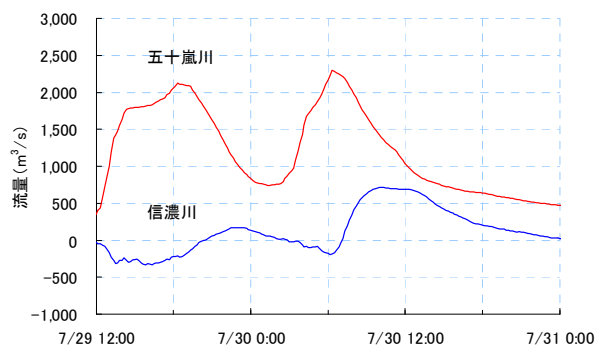


図-2 上流端に与えた流量ハイドログラフ

3. 平成23年7月洪水における五十嵐

川合流部の洪水流・河床変動解析

解析対象範囲は、五十嵐川洪水流入による信濃川水衝部の河岸侵食箇所と合流点下流の土砂堆積域を含む、信濃川39.0~43.2k及び五十嵐川0.0~1.9kである。信濃川・五十嵐川合流点における信濃川の流量には、上流側の刈谷田川合流(46.5k)や中ノ口川分派(44k)の影響が含まれるため²⁾、これらを含む区間を対象として別途検討した河床変動解析結果より、上下流端の境界条件を設定

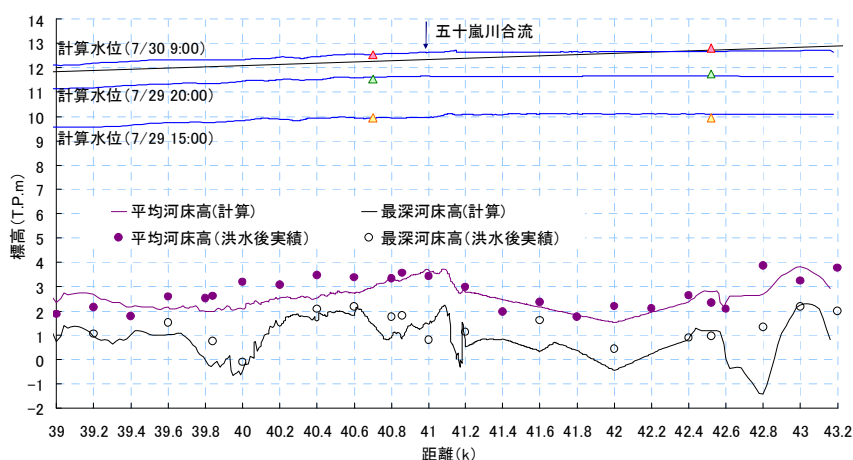


図-3 信濃川の水面形の時間変化及び洪水前後の平均河床高・最深河床高の解析値と実測値の比較

キーワード 河川合流部、一般底面流速解法(BVC法)、三次元流れ、河床変動解析、信濃川、五十嵐川

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31214 中央大学研究開発機構 TEL 03-3817-1615

した。図-2に、上流端境界条件として与えた信濃川と五十嵐川の流量ハイドログラフを示す。また、実績侵食箇所である信濃川 41.1~41.2k の低水路左岸河岸及び高水敷は、洪水の初期に護岸ブロックが流失すると仮定し、移動床条件とした。

4. 解析結果

図-3に、信濃川の水面形の時間変化及び洪水前後の平均・最深河床高の縦断面図を示す。水面形の時間変化は、観測値を説明している。平均河床高は、40.0~40.6k 付近で低めに算定されるが、全体的に見て概ね実績値を表現できている。

図-4に河床変動高コンターと水深平均流速ベクトル図を、図-5に流下方向流速コンターと断面内流速ベクトル図を示す。五十嵐川の流量が信濃川本川に比べて卓越する第一波形では、信濃川の 41.1k 左岸河岸付近が水衝部となり、流れが高水敷に乗り上げ、41.0k, 41.2k 付近で高水敷から低水路へ落ち込む流れが生じ(図-5)、河岸が侵食される。合流後の主流位置は 41.8k の低水路左岸側付近に集中し洗掘が生じており、40.6~41.0k の低水路右岸側には剥離域が形成され、外縁部分に土砂が堆積する。一方、信濃川の流量規模が増大する第二波形目では、合流点

下流部の低水路内の流速は、横断方向に概ね一様となって流れ、合流点直下の剥離域外縁に堆積していた土砂が若干であるが下流側に広がる。次に、洪水後の河床形状について考察する。図-6に、洪水後の河床高コンターの解析結果と実績の比較を示す。解析結果は、侵食深及び堆積範囲が小さく評価されているものの、実測データに見られる合流点~41.1k 左岸河岸の水衝部~40.8k 低水路左岸側の滞筋や、侵食・堆積位置を概ね再現できることが確認できる。

5. 結論

本検討では、信濃川・五十嵐川合流部を対象に、一般底面流速解法を適用し、平成23年9月洪水時の実測データとの比較から、洪水流と河床変動の再現性について検証を行った。検討の結果、一般底面流速解法によって、信濃川の実測の侵食深や堆積範囲を十分には再現できなかったものの、五十嵐川からの大規模な流れの運動量流入に起因する水衝部付近の三次元流れ構造が表現でき、これに伴う河岸侵食及び剥離域の土砂堆積現象の傾向について捉えることが可能であることを示した。

参考文献

1) 内田龍彦, 福岡捷二: 浅水流の仮定を用いない水深積分モデルによる底面流速の解析法, 水工学論文集, 第56巻, I_1225-I_1230, 2012. 2) 田端幸輔, 福岡捷二, 内藤和久: 平成23年7月豪雨による信濃川下流域の洪水流下特性とその解析法—五十嵐川・刈谷田川の合流と中ノロ川の分派を含む河道区間を対象として—, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.69, No.4, I_787-I_792, 2013.

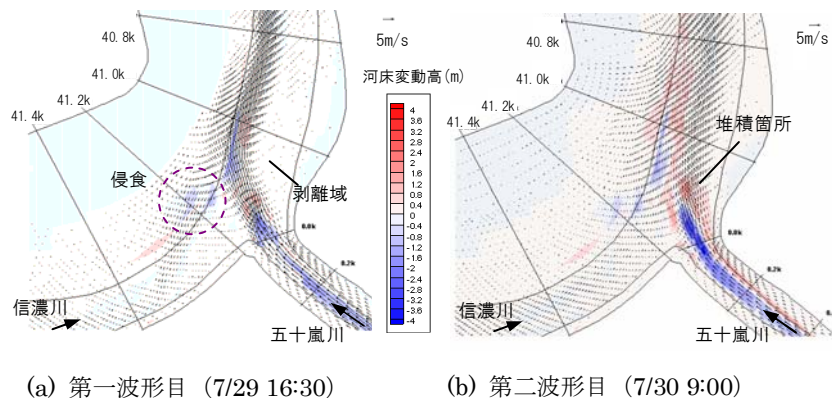


図-4 河床変動高コンターと水深平均流速ベクトル図

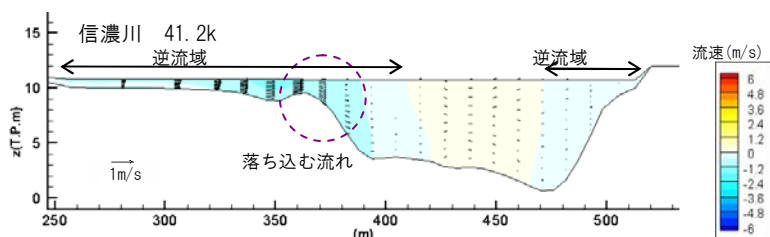


図-5 流下方向流速コンターと断面内の流速ベクトル図
(第一波形目 (7/29 16:30), 信濃川 41.2k)

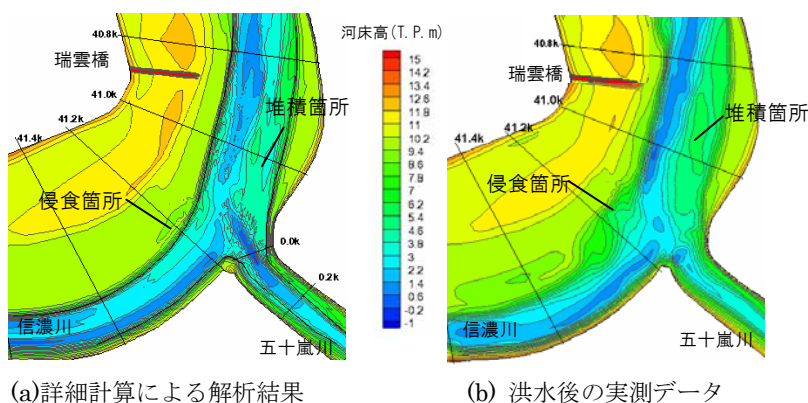


図-6 洪水後の河床高コンター図の解析結果と実測データの比較