

水内川における小規模出水の現地観測と二次元不定流解析

広島大学大学院	学生会員	○吉武央気
広島大学大学院	学生会員	岩苔和広
広島大学大学院	フェロー会員	河原能久
広島大学大学院	正会員	椿涼太

1. 序論

近年全国各地で豪雨災害が多発している。広島県内でも平成 17 年台風 14 号, 平成 18 年台風 13 号により, 河川護岸や河川兼用道路護岸が甚大な被害を受けた。急流中小河川では, 洪水時には急激な水位上昇に伴い激しい土砂輸送が生じるため, 被害が発生しやすい。しかし, 中小河川の観測体制や基本的データの整備は大幅に遅れている。

本研究では, 急流河川での洪水時の流況の実態を明らかにすることを目的として, 水内川において現地観測を実施するとともに, 数値解析によって出水時の流れの特性を把握した。

2. 対象河川水内川の現地観測

2.1 水内川の諸元

水内川は, 広島県広島市佐伯区湯来町を流れる太田川の支流である。その流域面積は 143 km², 河道延長は 22.1 km の一級河川であり, 流域の大部分が山地となっている。また, 河道は蛇行しており, 多くの取水堰が存在している。これまでに顕著な河床変動は報告されていないが, 平成 17, 18 年の台風による洪水によって蛇行部の外岸側で大きな洗掘, 内岸側で多量の土砂の堆積が生じ, 問題となっている。河床材料の多くは砂礫であり, 1m 程度までの転石が多く存在している。

2.2 現地観測項目

現地観測では主に河道の測量, 水位計測を行った。河道の測量は平成 20 年 6 月中旬に RTK-GPS とトータルステーションを用いて行った。測量は, 46 断面(縦断方向に約 100m 間隔, 蛇行部は密に測量)で行い, 堰や橋脚, 天端及び深掘部における地盤高, 植生高を測量した。さらに, 同時期に地上レーザ測量を行い,

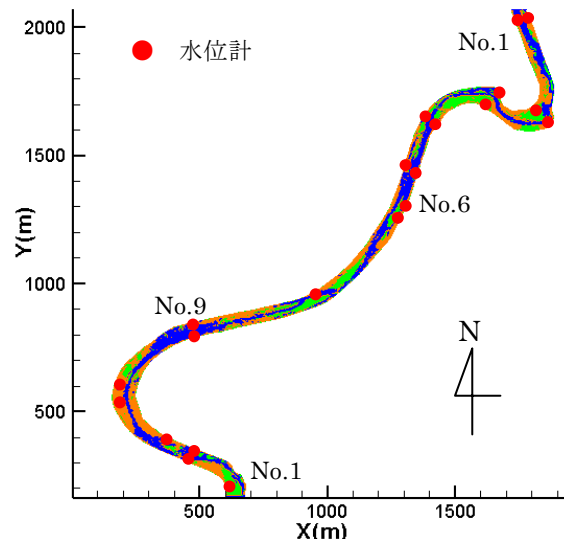


図1 水位計の設置地点

地表面の被覆分類を行った。河道の測量により得られた地盤高, 流体占有率, 植生高, 樹木率を用いて解析メッシュデータを作成した。

水位計測は, 洪水期の平成 20 年の 6 月中旬から 10 月上旬にかけて, 圧力式センサーを用いて 3 分間隔で計測した。測定断面は全 14 断面(No.1: 下流端断面, No.14 上流端断面)であり, 堰上流部及び蛇行部においては兩岸, それ以外の断面では片岸にて計測し, 水位ハイドログラフ(縦断水位分布, 洪水流の伝播速度)のデータを取得した。図 1 に水位計の設置地点を示す。

3. 解析手法

基礎方程式は連続式(1)と運動量方程式(2)である。

$$\frac{\partial \lambda h}{\partial t} + \frac{\partial u_j \lambda h}{\partial x_j} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{\lambda h} \left(\lambda \frac{\partial u_i h}{\partial t} + \frac{\partial u_i \lambda u_j h}{\partial x_j} \right) = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x_i} - \frac{F_i}{h} - \frac{\tau_{0i}}{\rho h} + \frac{1}{\rho h} \cdot \frac{\partial \tau_{ij} h}{\partial x_j} \quad (2)$$

ここで, h : 水深, u_i : i 方向の流速, $\zeta = z + h$ (z : 鉛直方向) であり, λ は計算格子の流体占有率(空隙率)である。 F_i は i 方向の植生による抵抗力である。 τ_{0i} は i 方向の底面剪断応力であり, マニングの粗度係数 n

キーワード: 急流河川, 現地観測, 非定常二次元解析, 粗度係数, 流量ハイドログラフ, 水位ハイドログラフ

連絡先: 広島大学大学院工学研究科社会環境システム専攻 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 Tel./Fax.:082-424-7847

を用いて与えた． τ_{ij} は水平せん断応力である．植生や橋脚の抵抗や計算メッシュ内の流体の占める割合を考慮している．基礎方程式の離散化は，デカルト座標系上で行い，移流項の離散化にCIP法を利用している¹⁾．本解析手法の特徴は境界条件として上下流端に水位ハイドログラフを与え，各水位計位置での水位ハイドログラフの実測値と解析値を一致させるように上流端からの流入量を推定する手法である²⁾．

4. 解析結果

4.1 平成20年の出水の再現計算

水位計測期間中の最大出水であった8月23日の出水に対し数値解析を行った．対象出水自体は小規模の出水であったために，有効な水位データが取れたNo.9を上流端とし，No.1を下流端とした．図2に異なる時刻の縦断水位分布を示す．図では判別が困難であるが，計算は実測水位を良好に算出している．また，水内川の河道の粗度係数は0.033と推定できた．図3に水位ハイドログラフの実測結果と解析結果を示す．本手法が水位ハイドログラフを良好に再現していることがわかる．また，対象区間における伝播速度は約2.07(m/s)であり，出水の伝播特性をほぼ再現していると考えられる．なお，この出水のピーク流量は約43(m³/s)と推定され，水内川の出水時の流れを良好に再現できた．

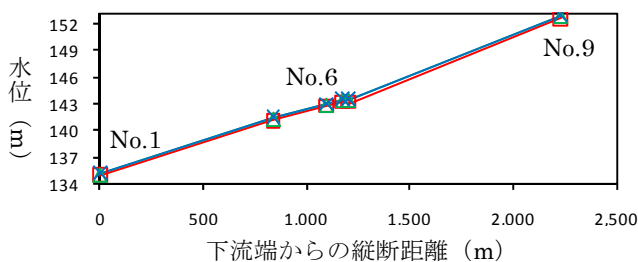


図2 縦断水位分布

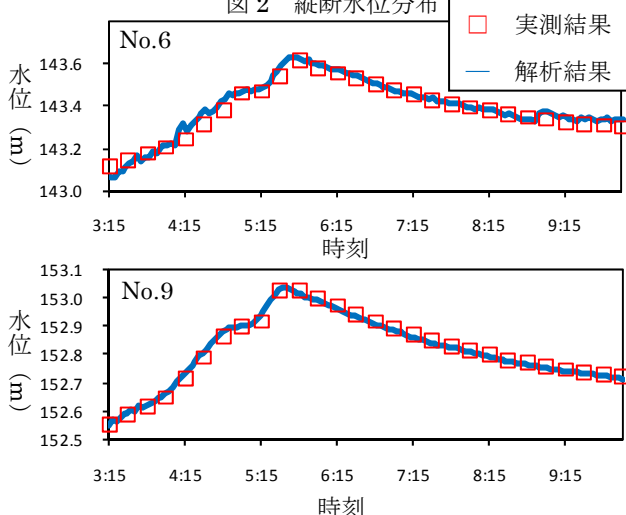


図3 水位ハイドログラフ

4.2 平成18年台風13号の計算

平成20年の出水は小規模であり，大規模な洪水の再現性を検討することはできなかった．そこで流出解析により推定された流量ハイドログラフを与えた計算を行い，河床が変動しやすい箇所，越流の可能性のある箇所を推定した．境界条件として，流出解析により推定された平成18年台風13号のピーク流量を上流端に，下流端に水位ハイドログラフを与え，また平成20年の観測結果により作成した解析メッシュを用い数値解析を行った（被災前の水位データ，河道データが欠損しているため）．図4に掃流力と限界掃流力の比を示す．赤枠部分において河床が変動しやすく注意点であることがわかる．

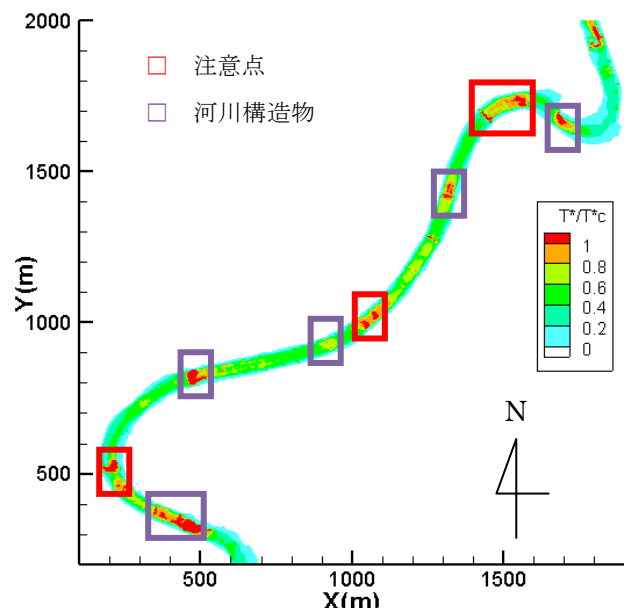


図4 河床変動の推定発生箇所

5. 結論

測量により得た河道形状データを用い，植生・橋脚の抵抗を導入して，平成20年度の最大の出水（小規模なものであったが）に対して二次元不定流解析を行った．その結果，粗度係数の推定や流量ハイドログラフの推定が可能であることを示した．また被災時のピーク流量を与えた数値解析を行い，土砂が動きやすい場所を推定した．

参考文献

- 1) 内田龍彦，河原能久：地形変化を有する二次元浅水流の保存型CIP陽解法，応用力学論文集，Vol.9，pp.917-924，2006．
- 2) 森下祐，内田龍彦，河原能久：水位ハイドログラフと二次元不定流解析を用いた高水数粗度及び流量ハイドログラフの推定，水工学論文集，第52巻，pp.901-906，2008．