

## 白川改修河道における巨石を用いた河床近傍の流れに関する研究

前橋工科大学大学院 学生会員 ○陳 翔  
 前橋工科大学 学生会員 相川 宗  
 前橋工科大学 正会員 平川 隆一

## 1. はじめに

熊本県白川では、2012年7月の九州北部豪雨により、計画流量を上回る約2300m<sup>3</sup>/sの出水が発生した。これを受け熊本県の白川は河川激甚災害対策特別緊急事業に指定され、河道の掘削や築堤など大規模な河川改修が進められている。その中、大規模な浸水被害を受けた熊本市龍田陳内地区では、写真1に示すように河口から18.5km~19.4kmの区間を対象に、河道の直線化など大きな河道改修が行われ2017年8月に河道の切り替えが完了した。写真の中、破線で示す部分は改修前、実線で示す部分は改修後の河道である。この工事により大きく屈曲していた河道は、曲率半径が緩和され、河道距離は約1/2に短縮された。

蛇行していた河道は河川改修により捷水路が設置される場合、河道距離が短縮されて河床勾配が急となるため、河道の直線化により掃流力が卓越し、速い流速による河床洗掘が生じることが懸念される。これまでの河川改修では、河床安定対策としては河道の縦横断形状の維持および河床洗掘を防ぐために、落差工や帯工などの河川構造物を設けることが多い。しかしながら、このような工法は流砂量の連続条件が満たされていない場所や急こう配を有する河道では、河床の低下により構造が不安定化し河岸の安全性、水棲生物の遡上・降下などにも影響をもたらしていることが課題となっていた。また近年、自然環境に関する認識が高まる中、洪水災害の防止を図りながら、より自然な河川環境を創出することが求められている。河川において河道の多様性、生物生息環境、河川固有のハビタットの連続性の確保が重要になってくる<sup>1)2)</sup>。そこで、河道改修区間に巨石を用いた減勢工を落差工の代替とした工法が用いられた。

本研究では、河床安定対策として白川龍田陳内地区改修河道の水理模型実験の実測データと準3次元数値計算<sup>3)</sup>によって、龍田陳内地区改修河道における巨石



写真1 白川龍田陳内地区における改修河道

付路式落差工のエネルギー減勢効果と抵抗特性を定量的に評価し、平水時から洪水時における水理特性を明らかにし、さらに2012年7月に発生した洪水時における流量と比較検討し、現地への適用に向けた基礎資料を得た。

## 2. 研究方法

## (1) 水理模型実験の概要

水理模型実験で使用した氾濫模型水路は縮尺1/100の無歪みである。模型の対象域は、熊本県土木部で策定された白川河口より上流の18.5kmから19.4km区間の計画河道および熊本市北区龍田陳内四丁目の氾濫全域を含み、左岸は山付き堤防で越流は無く、疎通能を越えた氾濫流は右岸側からのみ流出入する形態を取る。改修河道の河床は河床洗掘を防ぐために、床止め工として巨石を河床に敷き詰めていることから、本研究では、河床洗掘しない条件とした。

## (2) 準3次元洪水流解析モデルの概要

準3次元洪水流解析モデルには、Boussinesqと静水圧の仮定を前提とした3次元非圧縮性レイノルズ平均Navier-Stokes方程式の解に基づく準3次元モデルを用いた。流れの基礎式は下記の式である。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left( v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (2)$$

キーワード 九州北部豪雨, 白川, 河川改修, 巨石河床, 数値解析

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460番地1 TEL: 027-265-7355 E-mail: hirakawa@maebashi-it.ac.jp

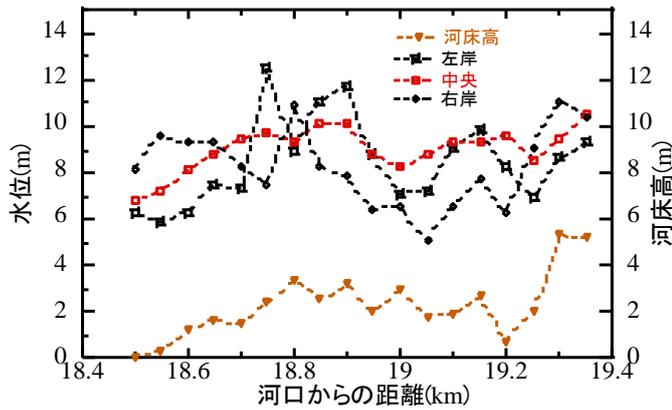


図1 流量 2300m<sup>3</sup>/s 時の水位縦断面図

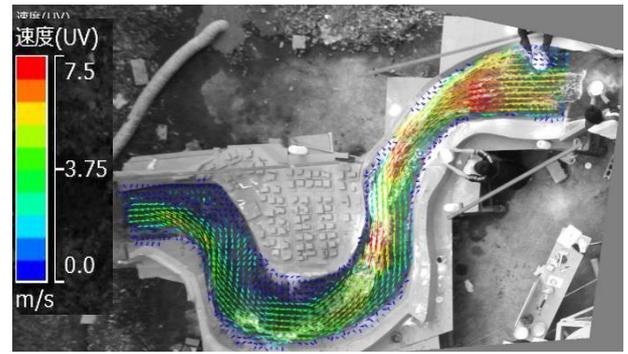


図2 流量 2300m<sup>3</sup>/s 時の水表面流速ベクトル

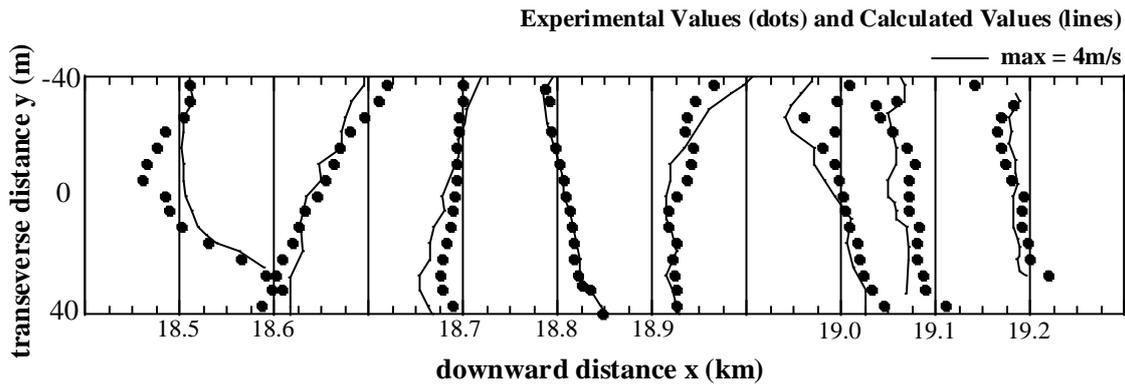


図3 底面流速の実験結果と計算結果の比較 (流下方向の流速)

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left( v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (3)$$

ここで、 $t$  は時間、 $\eta$  は水位、 $\rho$  は水密度、 $u, v$  は  $x, y$  方向の水深方向平均速度、 $F$  は水平応力である。

### 3. 結果および考察

2012年7月洪水災害ピーク時流量 2300m<sup>3</sup>/s の水位流下方向の変化を図1に示す。流量 2300m<sup>3</sup>/s における河道中央部の水位は、19.25km~19.35km の区間では 10.5m~8.5m の間で変化し流下方向に低下、19.20km~19.25km の区間では 8.5m~9.6m の間で流下方向に急増傾向、19.00km~19.20km の区間では 9.6m~8.2m の間で流下方向に低下傾向、19.00km~18.85km の区間では 8.2m~10.1m の間で流下方向に急増傾向、さらに 18.85km~18.50km の区間では 10.1m~6.8m の間で低下傾向にあることが認められる。

模型実験において PIV から得られた洪水流量 2300m<sup>3</sup>/s 時の河道部水表面流速ベクトルを図2に示す。河口から 19.2km~19.3km の急こう配区間で縮流し流速は加速した。この流れは 19.1km 右岸付近の水衝部にあたり 19.0km~19.1km の区間は湾曲部外岸の収束流となり極めて高速の流れを呈する。さらにその下流では、19.0km 右岸直下流において、この流れは左岸に向かって剥離し、18.8km 左岸近傍が水衝部となり、さらに下流左岸の 18.0km 形態を取る。ベクトルが赤色では流速 6m/s に達することが分かる。

巨石を用いた河床は、相対粗度が大きく河床底面で複雑な流れが生じ、非平衡性が高い。河床底面流

速の評価が重要である。底面流速の実験結果と計算結果の比較を図3に示す。実測結果に比べ計算結果はやや小さい。19.0km~19.1km の右岸側の水衝部、18.7km の河道屈曲部左岸側、はく離点の 18.6km 付近の流れが激しく変動する場所では、計算結果は実測結果と同様な流速分布と傾向が見られ、本計算による底面の流れの状況は再現できていると考える。

### 4. おわりに

本研究で、白川龍田陳内地区改修河道を対象に、水理模型実験と準3次元洪水流数値解析を実施した。計算結果を模型実験の結果と比較を行うことで、本研究で用いた数値実験が妥当であることを確認した。

### 参考文献

- 1) 加藤翔吾・福岡捷二・内田龍彦：常願寺川現地実験水路における河岸保護工近傍の流れの三次元構造と河岸に作用する流体力の評価，河川技術論文集，Vol.23，2017年6月，pp.155-160.
- 2) 和田清・藤田裕一郎・大坪幹弘：河川における多段式落差工のエネルギー減勢効果とその評価，河川技術論文集，Vol.23，2017年6月，pp.139-144.
- 3) 坂本洋・重枝未玲・秋山壽一郎・志賀三智・小野富生・荒武宗人・村越重紀・平生昭二・岩佐隆広・多田裕治：水理模型実験と準3次元洪水解析に基づく五ヶ瀬川の適正な分配対策の検討，河川技術論文集，Vol.23，2017年6月，pp.465-470.