

3次元流動モデルを用いた嘉瀬川・石井樋周辺の流れ特性の検討

佐賀大学理工学部都市工学科 学生会員 串部 雅尚
佐賀大学大学院工学系研究科 正会員 大串浩一郎
佐賀大学大学院工学系研究科 正会員 押川 英夫

1. はじめに

本研究の対象とする嘉瀬川は、脊振山の西方を源とする嘉瀬川水系の本川であり、佐賀平野を南下し、有明海に流れ込む。流域面積368km²、幹線流路延長57km、流域内人口13万人の一級河川である。

上流山地は大部分が花崗岩であることから、洪水時には土砂の流出が多く、また佐賀城下では頻繁に干ばつの被害を受けてきた。この被害を抑えるために、1623年頃に肥前佐賀藩士の成富兵庫茂安によってつくられたのが石井樋である。石井樋は、嘉瀬川14km地点に位置し、洪水被害を抑え、農業用水や水道用水を多布施川へ分流させた¹⁾。その後、約350年間役割を果たし続けた石井樋は、1960年に川上頭首工の完成によって取水施設としての役割を終え、さらに1963年に洪水で破壊され土砂に埋没した。石井樋は、1994年に皇太子ご成婚記念事業として、約10年かけて2004年に復元された。石井樋は土木遺産にも登録され、歴史的・文化的な価値が高いが、復元後の石井樋に関する研究は少ない。そこで、石井樋周辺の1次元流れ解析と準3次元解析を行う。

1次元解析では、石井樋の複雑な形状、蛇行や流れのベクトルが考慮されない。そこで、本研究では準3次元での石井樋周辺流れを再現することで、石井樋周辺の流れの特性を把握する。

2. 石井樋システムの概要

石井樋は川から水を取り入れる施設である井樋を石で作ったものであるが(図-1参照)、天狗の鼻、象の鼻、大井手堰、出鼻、野越、兵庫荒籠、遷宮荒籠などが設置されており、これらの施設全体を総称して石井樋と呼んでいる。

全体システムとしては、洪水時に土砂の流出が多く、その土砂対策に工夫がある²⁾。嘉瀬川の大井手堰で堰き止められた流れの一部を「天狗の鼻」および「象の鼻」と呼ばれる水制工の間を逆流・迂回させ、その間に土砂を沈殿させることで、多布施川に砂が流入するのを防いでいる。また洪水時には、逆流・迂回してきた流れに、象の鼻の根元の野越から越流してきた流れをぶつけることで、流速を緩め土砂を沈めていると言われている。図-1に越流時の流れを示す。

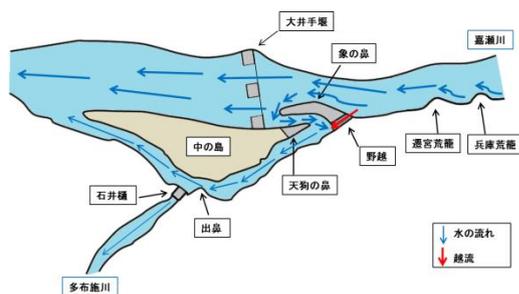


図-1 石井樋概略図

3. 研究方法

本研究では、DHIのMIKE11ならびにMIKE3を用いて解析を行った。

3.1. 1次元不定流モデル

1次元不定流モデルを用いて流れの把握、および3次元解析で使用する境界条件を算出した。1次元解析にはMIKE11を用いた。

解析期間は2012年6月～7月とした。この期間内の7月13日の降雨は総雨量372.0mmで、池森観測所では最大流量は375.27m³/s(正常流量2.5m³/s)、最大水位4.24mに達している³⁾。解析対象区間は図-2に示す。境界条件として上流端には川上観測所、および祇園には祇園観測所の実測流量、下流端には徳万観測所、植木観測所の実測水位を与えた。

3.2 3次元流動モデル

図-3にモデルで用いた地形を示す。解析範囲は、16.6km～12.0kmで、境界条件を上流端には川上観測所での実測流量をもとに平水時代表値とし4.3m³/sと与え、下流端の水位として1次元不定流モデルで算出した値を使用した。準3次元流れ解析には、MIKE3 FM HDを使用し、流れ解析の基礎式として連続の式および運動量保存の式を用いた。また、河道の再現のため、2012年測量の断面図を、平面図と地図より補間し地形データを作成した(図-3)。



図-2 解析対象区間

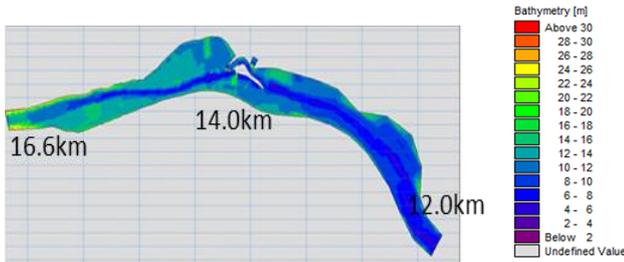


図-3 準3次元解析使用地形データ

4. 計算結果および考察

4.1 1次元流れ解析による水位の推定

図-4に池森観測所における水位の実測値と計算値の比較を示す。全体の評価方法として Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) を用いた結果 0.87 となり再現性はそれほど高くなかった。しかしながら、平水時のみを対象に NSE を求めたところ 0.96 と比較的高く、本研究では平水時のみを考えることから、計算の精度は十分なものと判断し、ここでの1次元解析の結果を利用する。

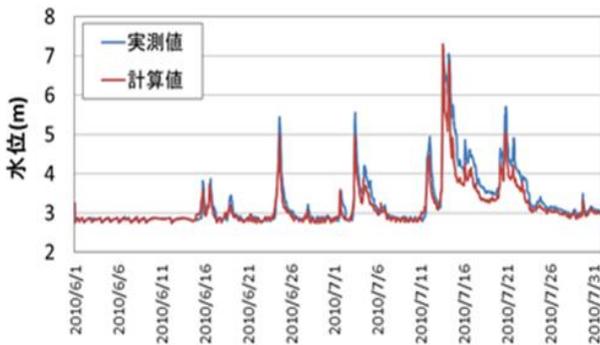


図-4 実測値と計算値の比較（池森観測所水位）

4.2 1次元解析での流速分布

平水時における、1次元流れ解析の結果を図-5に示す。天狗の鼻の水制機能はあまり見られなかったが、象の鼻での水制機能、石井樋からの取水直前での流速の減少に取る沈砂機能など石井樋システムの特徴が見られた。

4.3 準3次元解析による流れ解析

準3次元流れ解析の結果、平水時の水深平均流速は、図-6のようになった。石井樋付近における流速の絶対値が大きい場所は、導水路の細くなっている箇所であった。反対に、流速の絶対値が小さくなっている箇所は、象の鼻・天狗の鼻、井樋の入り口付近であった。井樋の入り口付近で特に流速が落ちていることが分かった。理由としては河道の広さと水深の深さが考えられる。図-5における1次元計算の結果と同様にここでも象の鼻・天狗の鼻の水制機能、石井樋の入り口付近での流速の減少を見られた。

また図-7に河床近傍における流速の絶対値を示す。石井樋の取水口付近での、流速の絶対値が非常に小さいことから、せん断応力の絶対値も小さくなると言え、土砂の動きも小さくなり、石井樋に流れ込む土砂の量が軽減されることが考えられる。

5. まとめ

石井樋付近の流れ解析により、石井樋の全体としての機能を定量的に明らかにすることができた。

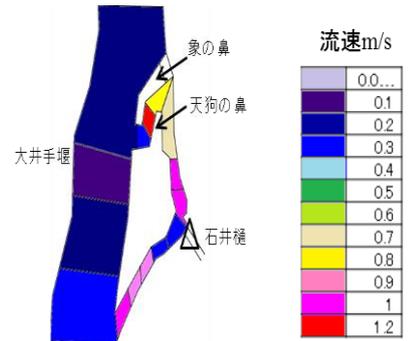


図-5 1次元解析での流速の絶対値の分布(平水時)

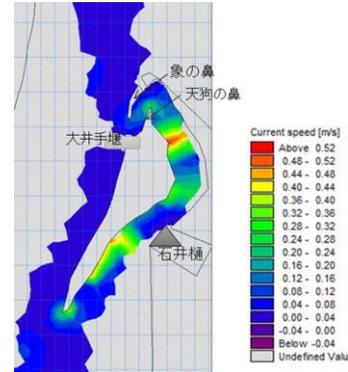


図-6 準3次元解析で得られた水深平均流速の絶対値(平水時)

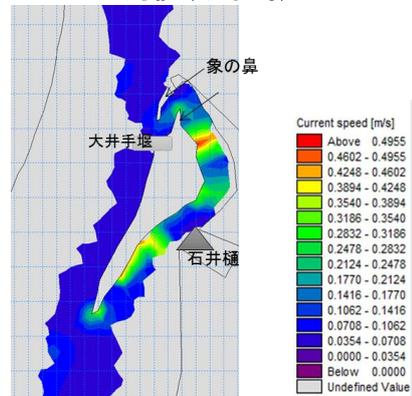


図-7 準3次元解析で得られた河床近傍における流速の絶対値(平水時)

参考文献

- 1)吉村伸一ほか：嘉瀬川・石井樋の水システムに関する考察，土木史研究講演集 Vol. 28, 2008.
- 2)大波修二：現存する日本最古の取水施設，Civil Engineering Consultant, VOL.254, January, 2012.
- 3)水文学データベース