

中小河川を対象とした二次元非定常モデルによる洪水流計算

香川高等専門学校 学生会員 ○野村一至
香川高等専門学校 正会員 渡辺一也

1. はじめに

香川県では2級河川以下の中小河川が多くを占め、流路長が短く勾配が急であるといった特徴がある。そのため、台風や集中豪雨の際には洪水が一気に流下し氾濫の危険性が高くなる。近年では2004年の台風において実際に氾濫し浸水被害をもたらした事例も報告されている¹⁾。

また、河川には草木や樹木といった植生が分布している。これらは生態系の保全など良好な環境機能を有する一方で、洪水が発生した際には洪水の流下を阻害する要因となる²⁾。特に、普段より流量の少ない香川県の中小河川では高水敷だけでなく低水路にも植生が繁茂しており、洪水時に流れを阻害するおそれがある。そのため、流下能力を評価するには植生密度や植生による抵抗係数などを適切に設定することが重要である。

本研究では、香東川を対象として2004年の台風のうち流量が最も大きくなった台風0423号による洪水を例に、植生による抵抗を考慮した二次元モデルより数値計算を行い、洪水の再現性を検証した。

2. 研究概要

香東川の中央辺りに位置する岩崎水位局を上流端に設定し、流路長約14kmの範囲を対象とした³⁾。数値計算には二次元非定常の流れの解析を行うモデル⁴⁾を使用した。モデルの基礎方程式を式(1)~(3)に示す。式(1)は連続式、式(2)はx方向の運動方程式、式(3)はy方向の運動方程式を表している。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -hg \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} D_x \quad (2)$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -hg \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} D_y \quad (3)$$

ここで、 u 、 v : x、y-方向の流速、 h : 水深、 τ_x 、 τ_y : x、y-方向の河床せん断力、 D_x 、 D_y : x、y-方向の拡散係数である。

計算条件として、x方向差分間隔 $\Delta x=50\text{m}$ 、y方向 $=1/12$ 間隔、時間差分間隔 $dt=0.1\text{s}$ を設定した。1995年の測量データより河川形状を作成し、台風0423号の降雨による流量データを境界条件として与えた。植生密度

については、航空写真を基に植生の位置を断定し植生無しの低水路、草木ありの高水敷、樹木ありの高水敷の3種類に分類し(図-1)、樹木ありの高水敷のみ抵抗係数を与える場合(ケース1)と、草木ありの高水敷及び樹木ありの高水敷にそれぞれ抵抗係数 Cv_1 、 Cv_2 を与える場合(ケース2)について検討した。

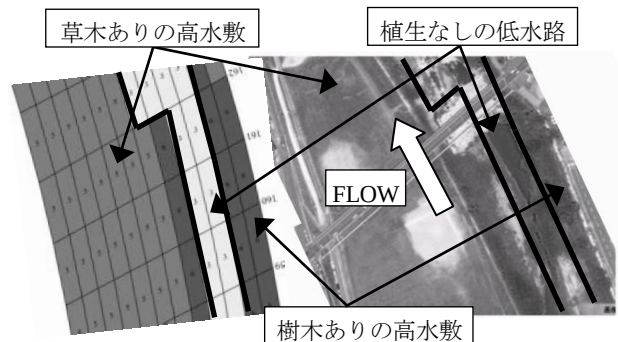


図-1 植生の設定例

3. 結果及び考察

(1) 植生密度の水位への影響

既往の研究から、植生による抵抗係数は0.6を設定している場合が多い²⁾が、河川によって植生密度は異なるため各々の河川に適した抵抗係数を設定する必要がある。そこで、ケース1では Cv_2 を0.0から1.0まで0.1間隔で変動させた際の最大水位 $h_{\max(\text{cal.})}$ の変化を検討した。各水位局における感度分析の結果を図-2に示す。ここで、実測された水位の最大値 $h_{\max(\text{meas.})}$ と計算結果の最大値 $h_{\max(\text{cal.})}$ をとり、実測値に対する計算値の比 $h_{\max(\text{cal.})}/h_{\max(\text{meas.})}$ を用いて考察を行った。

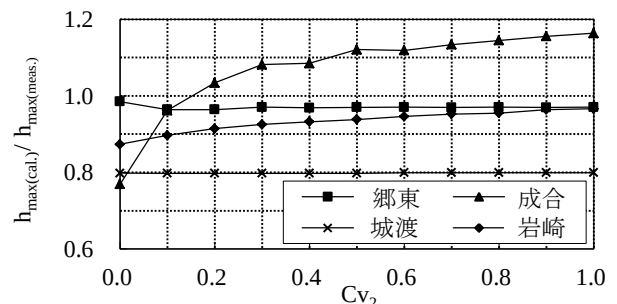


図-2 抵抗係数 Cv_2 による最大水位の変化

図-2より、成合水位局及び岩崎水位局では抵抗係数を増加させるにつれて最大水位が上昇した。それに対し、郷東水位局では抵抗係数が上昇するにつれ、はじめは減少したがそれ以降はほぼ一定という結果となっ

た。また、城渡水位局では水位の変動は見られなかった。そのため、郷東水位局では $C_v=0.0$ 、成合水位局では $0.1\sim0.2$ 、岩崎水位局では 1.0 を設定すると実測水位に近づくことがわかった。

(2) 植生を2段階設定した場合の水位への影響

植生を一律で設定した場合では C_v の適切な値が不明確であった。そのため、樹木ありの格子には一般的に用いられている $C_{v2}=0.6$ を設定し、草木ありの格子にはケース1の結果より $C_{v1}=0.1$ を試験的に設定し解析を行った。図-3に郷東水位局での計算結果を示す。

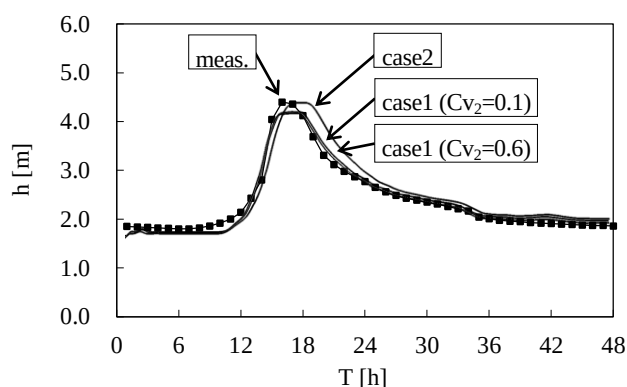


図-3 ケース1及びケース2の計算結果

図-3より、ケース2における郷東水位局での水位の比は $h_{\max(\text{cal.})}/h_{\max(\text{meas.})}=1.01$ であった。図-2より、ケース1では $C_v=0.1$ のとき 0.96 、 $C_v=0.6$ のときは 0.97 であり、洪水到達時間は 1.3 時間ほど遅れるものの、植生を2段階に設定した場合の方が水位は実測値により近い結果となり、植生を考慮することで数値計算による水位計算の精度の向上がみられた。

次に、成合水位局について検討する。本水位局は水位流量曲線式が大きな洪水に対応しておらず、流量の実測値が異常な値を示していた。そのため、本研究では水位ハイドログラフを用いて検討を行った。図-4に成合水位局における計算結果を示す。

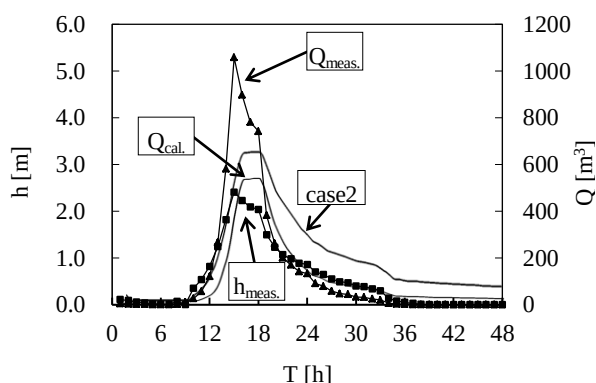


図-4 流量及び水位ハイドログラフ

郷東水位局では1次元、2次元及び植生を考慮した数

値計算で良好な結果が得られていることがわかった。

図-4より、流量ハイドログラフでは大きな差が生じていたが、水位で検討することで実測値に近づき、より良好な値が得られた。しかしながら、ケース2においても $h_{\max(\text{cal.})}/h_{\max(\text{meas.})}$ が 1.31 と実測値を 30% 程度上回る結果となったため、抵抗係数 C_{v1} 、 C_{v2} の値を変化させることにより詳細に検討、考察していく必要がある。

(3) 流速、流速ベクトルデータによる検討

さらに、流速及び流速ベクトルデータについても検討を行った。図-5に流量が最大となった時刻における郷東水位局での流速分布を示す。矢印の長さが流速を、矢印の向きが流れの方向を表している。図-5より、河道中央辺りでは流れが阻害されずに流下しているが、河岸付近では渦が生じている所があった。これより、河川の形状や植生の影響などによって渦が発生していると考えられるため、流速の時間変化についても検討していく必要がある。

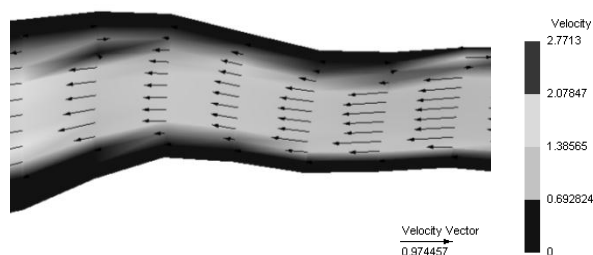


図-5 流速ベクトル

4. まとめと今後の予定

香東川を対象に植生を考慮した数値計算を行った結果、植生を一律で設定すると局所的には良好な結果が得られ、2段階で設定すると一律に設定するよりも良好な結果になると期待できることがわかった。

今後は、ピーク時間や流速 (u , v) などのデータについても検討を行い、2段階に設定するケースでは C_{v1} と C_{v2} の関係性についても検討する。また、数値計算の精度を向上させるとともに、氾濫解析を行い浸水域の抽出などを行う予定である。

参考文献

- 1)香川県：平成16年災害記録誌、<<http://www.pref.kagawa.jp/bosa/i/h16taifu/pdf/05.pdf>> (2011年2月26日アクセス)。
- 2)川村嘉勝：洪水時における河川内樹木と高茎草本類の水理的影響，開発工営社 論文報告集Vol.14, 2006。
- 3)野村一至，渡辺一也：香東川を対象とした数値計算による洪水再現，土木学会四国支部技術研究発表会概要集，2011。
- 4)清水康行：Equations of two-dimensional flow and bed deformation in general coordinate system, (財)北海道河川防災研究センター 資料, pp. 1-4, 2006。