

出石川流域における 2004 年台風 23 号出水時の氾濫解析

前橋工科大学大学院 学生会員 ○石森 久仁子 前橋工科大学 正会員 土屋 十圍

1. はじめに

2004 年 10 月に発生した台風 23 号は、兵庫県北部を流れる円山川流域に、浸水面積 4,083ha にも及ぶ甚大な浸水被害をもたらした。円山川全流域に 25 箇所の越水、本川と出石川にそれぞれ 1 箇所の破堤が生じた¹⁾。豊岡市では、現在、行政の情報伝達の見直しや住民の自主防災能力の強化が課題となっている。洪水予測情報はそれらの重要な判断材料であり、流域特性と降雨特性の相互作用による降雨応答特性の解明は重要である。本研究では、円山川支流の出石川流域を対象として降雨応答特性を解明し、想定外力を超える降雨に対する洪水予測手法を検討する。また、本洪水の洪水流出予測および二次元不定流解析を行い、浸水区域の同定を行うことでこの手法の妥当性を検討する。

2. 出石川流域の降雨応答特性の検証

(1) 降雨流出解析

本研究では、台風 23 号の影響で 1 箇所の破堤が生じた、円山川支流の出石川流域を対象とした。出石川の流域面積は 225km²、河川延長は 32.4km である。本モデルでは、観測地点である弘原地点上流域を 12 分割した斜面に Kinematic wave²⁾ を適用し、河道は、DHI が開発した MIKE11 モデル³⁾ を用いて Fully Dynamic wave 法を適用し、降雨流出解析を行った。解析対象降雨は、計画高水を越えない過去の小規模から大規模出水の降雨を 12 個選出した。短期流出で大規模洪水を対象としているため、地表面流出のみを考慮したモデルを適用している。パラメータは流出係数と分割斜面の Manning の粗度係数である。境界条件は、各斜面流を横流入量として設定し、最下流端は、検証地点である弘原地点の水位変動に影響を与えないよう本川合流地点以降、河道を十分に引き伸ばし、一定水位 0m(T.P.=6.5m)を設定した。

(2) パラメータと降雨特性の相関性の検討

流出波形の同定により得られたパラメータと降雨分布特性には、以下の①、②、③に示す項目の相関性が高いことがわかった(図-2 から図-4)。流出波形には緩やかに上昇し始める時点と、急激に上昇し始める時点が存在し、それぞれを第一変化点、第二変化点と呼ぶことにする。

① 第二変化点からピーク雨量到来までの時間と第二変化点からピーク流量到達までの時間

$$y = 1.2194x + 0.5488 \quad R^2 = 0.9278 \quad (1)$$

y : 第二変化点からピーク流量到達までの時間、 x : 第二変化点からピーク雨量到来までの時間

② 流出係数と第二変化点からピーク流量到達までの累加雨量

$$y = 0.0028x + 0.075, \quad R^2 = 0.8603 \quad (2)$$

y : 流出係数、 x : 第二変化点からピーク流量到達までの累加雨量

③ Manning の粗度係数と第二変化点からピーク雨量到来までの時間

$$y = 0.032x + 0.0319, \quad R^2 = 0.8912 \quad (3)$$

y : Manning の粗度係数、 x : 第二変化点からピーク流量到達までの時間

3. 弘原地点の洪水流出予測

2 章(2)の相関式を用いて、平成 16 年台風 23 号出水時における、弘原地点の洪水流出予測を行った。即ち、弘原地点より上流域から流出した、その流域内河道区間で越流しない場合の実洪水流出量を算定することになる。表-1 に 3 式を用いて算定した、実洪水流出量を算定するための各パラメータを示した。ここで、ピーク流量到達時間が 5.42 時間と算定されたが、計算時間間隔が 1 時間と幅広いため、ピーク流量到達時刻に誤差が生じることを考慮し、5 時間と 6 時間の 2 ケースにおいて計算を行っている。

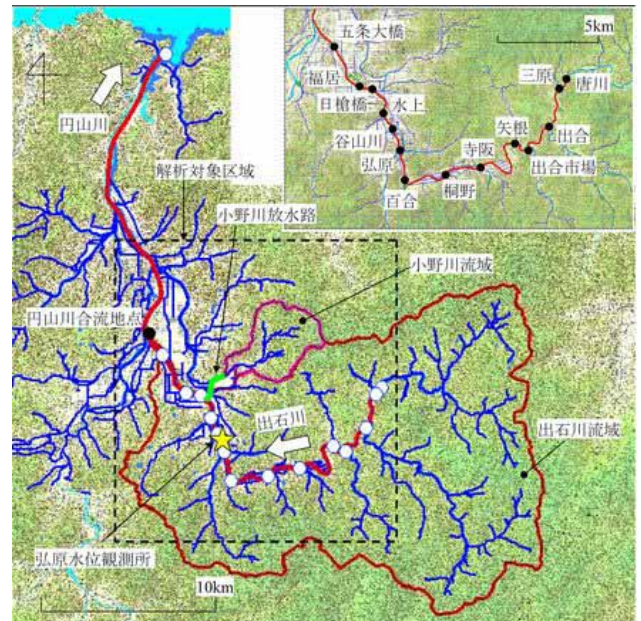


図-1 出石川流域における一次元河道流出解析のモデル化

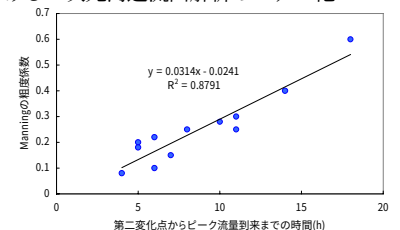


図-2 Manning の粗度係数と第二変化点からピーク雨量到来までの時間

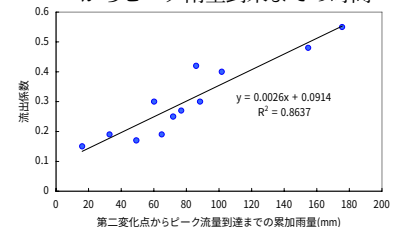


図-3 流出係数と第二変化点からピーク流量到達までの累加雨量

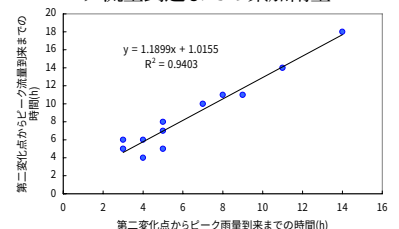


図-4 第二変化点からピーク雨量到来までの時間と第二変化点からピーク流量到達までの時間

Key Words 降雨応答特性 洪水流出予測 二次元不定流解析 越流

連絡先 〒371-0024 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 前橋工科大学 Tel :027-265-7355 E-mail: umbrella_925@yahoo.co.jp

4. 出石川流域における2次元不定流解析

(1) 解析条件の設定

ピーク流量到達時刻が 18:00 と 19:00 の場合の 2 ケースのパラメータを用いて降雨流出解析および本川合流地点までの区間の 2 次元不定流計算を行い、この洪水予測手法の妥当性を検討する。弘原地点から合流地点までの区間の横流入量は、この区間の流出特性が弘原地点上流域と同様とみなし、3 章で算定したパラメータを用い、各斜面の流出量を再度算定した。出石川流域の地盤高および土地利用状況は 50m メッシュでモデル化した。計算条件は、上流端から円山川合流地点まで本間の越流公式を適用し、氾濫域の初期水深は 0m を設定した。また、20 日の 23 時以降、鳥居橋地点に 100m の破堤断面を設定した。

(2) 解析結果

ピーク時刻が 19:00 として洪水流出予測を行った場合(以下Case2 と示す)の方が、弘原地点より上流域の浸水区域の時系列的な広がり、浸水深ともに再現性が良かった。神戸新聞の災害記録⁴⁾と比較すると、18:00 に寺阪の消防本部で 40cm の浸水深が記録されているが、Case2 で約 50cm の浸水が認められた。また、19:00 に出石警察署で、20:00 に出石町福住の関西電力出石変電所で水が流れ込んだと記録されているが、Case2 でそれぞれ約 1m、約 80cm の浸水が認められた。また、出石警察署で 1.10m、鍛冶屋の水田区域で 1.16m、福住小学校付近で 1.16m、日野辺で 1.33m の最大水深が認められ、浸水実績とほぼ同様の結果が得られた。また、弘原上流域の浸水区域は最大 0.67km²であり、実測浸水区域 0.71km²と比較すると 94% の再現結果が得られた。図-6 は、二次元氾濫解析により越流した場合と洪水流出予測によって得られた上流で越流しなかった場合の弘原地点における流出波形を示している。この解析結果から、洪水流出予測では、1700m³/s もの流出量が押し寄せていたこと、また、弘原地点より上流の越流によって 500m³/s のピークカットが生じたことがわかる。図-5 はCase2 の破堤直前と破堤後の解析結果を示している。破堤直前の鳥居地区の浸水面積は、1.70km²、破堤後は、1.92km²であり、破堤前後において浸水区域に殆ど変化が無かった。鳥居地区の浸水面積は 2.67km²であることから、72% の浸水区域が再現できたが、破堤付近の家屋密集区域の浸水は再現できなかった。つまり、実際は洪水予測流量よりも大きい流出量であったといえる。今回は、下流域の流出特性が弘原地点上流域と同じであると考え同じパラメータを用いて降雨流出解析を行い、横流入量を設定した。しかし、浸水実績図と比較すると、弘原地点上流域と下流域では下流域の方が、浸水域、浸水深ともに小さい結果となった。これは上流域とは異なる流域特性を持ち、下流域は市街地が多く、流出しやすいと推察できる。従って、今後は弘原地点より下流域の洪水流出予測の検討が必要である。

5. 結論

本研究では、出石川流域の降雨応答特性を検討し、台風 23 号出水時の洪水流出予測を行った。更に、想定流量を用いて二次元不定流解析を行い、再現結果と浸水実績を比較することでその予測手法の妥当性を検討した。以下に結論を示す。

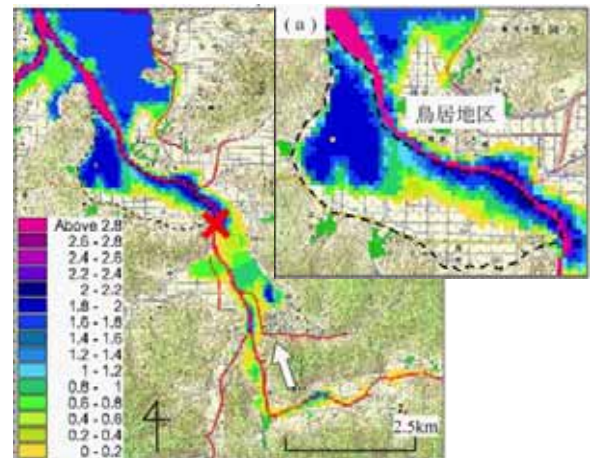
- 1) 流出係数と Manning の粗度係数の 2 つのパラメータと降雨特性に 3 つの相関性を導き、近似式に示すことができた。
- 2) 2004 年台風 23 号出水時において、越流しなかった場合のピーク流量到達時刻は 10 月 20 日 19:00 であり、ピーク流量は 1700m³/s に達していたこと、越流により 500m³/s のピークカットが生じたことが、洪水流出予測により明らかになった。
- 3) 3 つの相関式を用いて 2004 年台風 23 号出水時の想定流出量を算定し、2 次元氾濫解析を行ったところ、弘原上流域においては、時系列的空間的な浸水区域の広がりへの再現性は良かった

参考文献

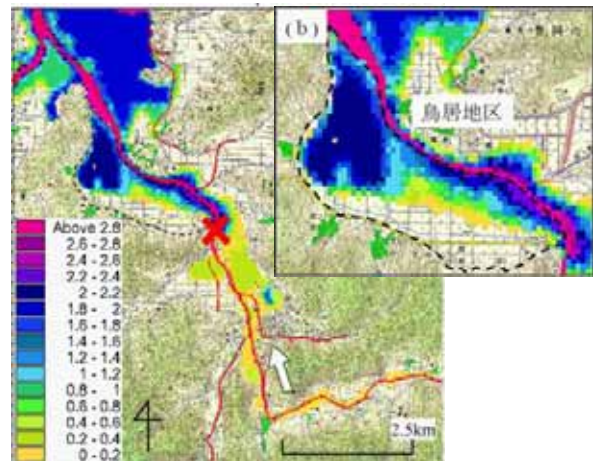
- 1) 豊岡河川国道事務所：円山川の今・・・，2005。
- 2) 土木学会：水理公式集例題プログラム集2001年度版，2000。
- 3) DHI Japan：DHI software2006年度版
- 4) 神戸新聞Web News：台風23号円山川水系記録，2005。

表-1 氾濫解析ケース

	Case1	Case2
ピーク流量	10/20/	10/20/
到達時刻	18:00	19:00
流出係数	0.494	0.578
Manningの粗度係数	0.16	



(a) 破堤直前(20日 23:00)



(b) 破堤後(20日 0:00)

図-5 二次元不定流解析結果

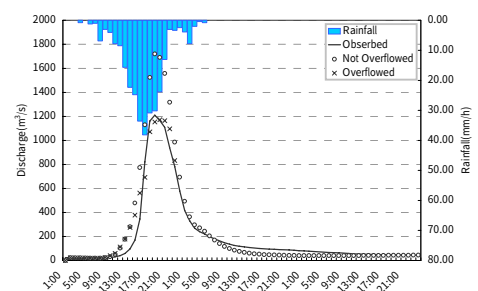


図-6 洪水流出予測結果と氾濫解析によるピーク流量低減結果