水位を与条件とした越流・破堤一体解析

九州工業大学大学院 学生会員 柴内 宥人・正会員 重枝 未玲・学生会員 山西 威毅

1. はじめに

近年,記録的な豪雨による水害が頻発,激甚化し ている.危機管理型水位計の整備により,河道内の 水位をリアルタイムかつ高精度に観測することが 可能となっている.観測された水位情報から堤防 決壊時の流況や流量を適切に推定できれば,危機 管理上有用な情報を得ることが可能になると考え られる.本研究では,このような背景を踏まえ,越 流・破堤流れに関する定常・非定常実験を実施し, 観測水位を境界条件とした越流・破堤氾濫一体解 析の再現性について検証を行ったものである.

2. 実験概要

実施した実験は、堤防越流を対象にしたCase Oと 破堤流れを対象にしたCase Bである.実験水路は、 図-1に示す長さ9.0m,幅0.688mの本川水路に、長 さ9.0 m, 幅0.908 mの氾濫原を設けたものである. 河床勾配は1/1,000であり、本川下流端には0.010m の刃型堰が設置されている.破堤位置は、越流開始 地点である4 m地点を上流側の起点として設定し, 破堤幅は0.29 mに定めた. また, 堤防は2割勾配の 単断面堤防であり,中流部で越流を発生させるた めに、堤防の高さには1/500の勾配を与えており、 上流端で0.079 m, 下流端で0.066 mとなっている. 越流・破堤実験の実験条件をそれぞれ表-1,表-2に 示す. 越流実験の非定常状態では、上流から一定流 量を供給し定常状態とした後,実験条件に応じて 流量を変化させた.破堤実験も非定常状態では,破 堤していない状態で上流から一定流量を供給し定 常状態とした後、計測開始時刻から60秒後に堤防 を瞬時に取り除くことで破堤させた.

3. 解析モデルの概要

本研究では、水位を与条件とした平面2次元洪水 氾濫一体解析¹⁾を実施した.同解析にはSA-FUF-2DF²⁾モデルを用いた.同モデルの基礎方程式は、 式(1)の2次元浅水流方程式である.同方程式の離散 化には、非構造格子、有限体積法、流束差分離法³⁾ の数値解法が用いられている.上・下流端境界条件 には水位を与え、式(2)、式(3)を境界条件式として、 連続の式から水深が、運動方程式から流速が算出





図-1 実験装置の概要

表-1 Case Oの実験条件

表-2 Case Bの実験条件



される. 粗度係数には, 等流実験の結果からエネル ギー勾配に基づき算出された逆算粗度を使用した.

4. 結果と考察

図-2にCase OSの水面形の解析結果と実験値との 比較を、図-3にCase OUでの増水時、ピーク時、減 水時における水面形の解析結果と実験値との比較 を示す.これより、どちらのCaseも5%の誤差で水 面形を再現できることが確認できる.いずれのケ ースにおいても8m付近は水面形に凹みがあるが、 これは河床の凸凹が影響していると考えられる.

図-4にCase OS・OUでの流量の解析結果と実験値 との比較を示す.これより本川流量はいずれの実 験値も10%の誤差で再現していること,一方で本 川流量と比較して越流流量の再現性が低いことが 確認できる.本実験における越流流量は,Case OS-2で600 ml, Case OS-3で1000 mlであり,いずれも本 川流量の2~3%程度に留まった.今回の解析では, 水のないドライベッド状態の水深h_vを 0.001 mに



設定し,水深がh_vより小さい場合に流速を0とした. 天端上の流れは,その初期水深よりも小さい区間 もあり,流れの微細な変化を適切に捉えられず,越 流流量の再現精度が低下したと考えられる.

図-5にCase BS-1~3での水面形の解析結果と実験 値との比較を示す.これより,破堤部周辺を除いて 水面形を概ね再現できていることがわかる.

図-6にCase BU-1での水面形の解析結果と実験値 との比較を示す.これより,(1)破堤前の水面形は 十分な精度で再現できること,(2)破堤発生直後は 破堤部周辺と下流側で水面形の再現性が低下する ことが確認できる.本解析では,2次元浅水流方程 式を基礎方程式としているため,3次元的な流れは 再現できず,破堤部周辺や破堤直後の水面形の再 現精度が低下したと考えられる.

図-7にCase BS・BUでの流量の解析結果と実験値 との比較を示す.これより,(1)本川流量は,多く が概ね10%以内の誤差で再現できていること,(2) 定常状態では上流端流量が小さく評価される傾向 にあることが確認できる.水位を与条件とする解 析法では,流量の再現性がエネルギー損失に大き く依存するため,今回の平面2次元解析では,破堤 部周辺のエネルギー損失を上手く捉えることがで きず流量の再現性が低下したと考えられる.

5. おわりに

本研究から,水位を境界条件とした越流・破堤氾 濫一体解析では,(1)越流発生時の水面形や流量は 概ね再現可能であること,(2)破堤部周辺や破堤直 後の水面形や流量の再現精度は,エネルギー損失 を適切に評価できていないために低下すること, 等が確認できた.今後の課題として,解析モデルを 準3次元化するなど,破堤区間周辺の流れを適切に 評価するモデルへと改善する必要がある.

REFERENCES

- 重枝ら:観測水位を用いた分流水路での流量推定,土木 学会論文集,80巻16号,23-16167,2024.
- 重枝ら:水位ハイドログラフを境界条件とした平面2次 元洪水流解析,土木学会論文集B1(水工学), Vol.74, No.4, pp.I-1453-I-1458, 2018.
- Roe,P.L.:Aproximate Riemann solver, parameter vectors and difference schemes, Journal of Computational Physics, Vol.43, pp.357-372, 1981