

非定常水理実験による二次元氾濫シミュレータの検証

広島大学大学院 学生会員 ○伊藤 康
 広島大学大学院 フェロー会員 河原能久

広島大学大学院
 和歌山県

正会員 内田龍彦
 正会員 戎 忠則

1. 序論

近年, 多くの中小河川で破堤氾濫被害を受けている事からも氾濫シミュレータの重要度は増していると言える. 氾濫解析に必要な地盤高などの計算格子データはデカルト座標系で整備されており, そのデータ整備環境に合った計算方法のメリットは大きいと考えられる. また密集市街地を対象とした際, 地盤の起伏, 様々な土地利用に応じた底面粗度係数の分布, 樹木などの抵抗体・建造物などの不透過物の配置などを考慮しなければならないため, 境界適合座標系における計算格子データの作成は容易ではない. 著者ら¹⁾はデカルト座標系においてこれらを表現し得る解析法を提案してきたが, 氾濫実績データが乏しいため, その解析法の妥当性や精度の検証は十分とは言えない. 本研究では大型非定常水理実験を行い, その実験結果と比較し, 氾濫シミュレータの精度検証を目的とする.

2. 非定常水理実験

実験水路を図-1に示す. 実験水路は貯水槽部と氾濫部から構成され, 全長 16.0m, 水路幅 3m である. 図-2に水路床高の平均勾配 1/625 からの偏差を示す. 破堤氾濫を想定するため, 破堤部中央に幅 0.5m のゲートを設置している. また貯水槽部に高さ約 9cm の越流堤を設け, 氾濫部に 1m×1m の家屋模型配置区画には図-3に示す二種類で配置する.

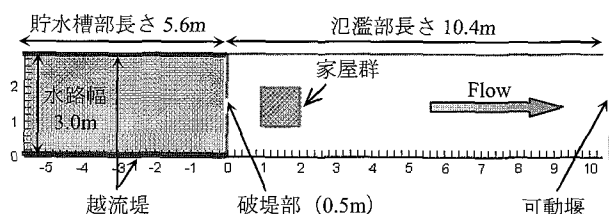


図-1 実験水路構造

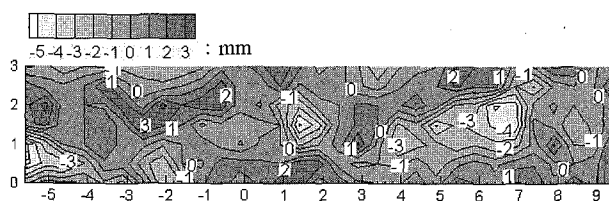


図-2 水路床高偏差コンター

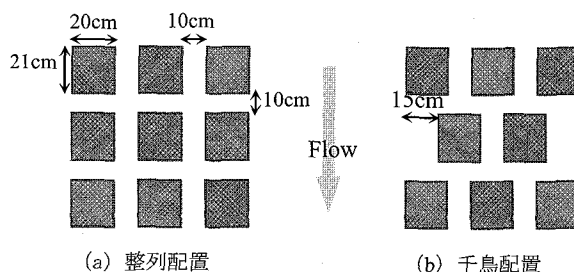


図-3 家屋模型配置種類

表-1 計算条件

	家屋模型配置	流量 (l/s)	初期貯水槽水位 (cm)	初期氾濫部水位 (cm)
Case A	無	40 ^{*1)}	14.0	4.0
Case B				6.0
Case C	整列			4.0
Case D	千鳥			

*1) 越流堤から水が越流するため氾濫部への流量は 40l/s ではない

3. モデルの検証

本研究で用いるモデルは内田ら¹⁾が保存型 CIP 法を応用したモデルである. その特徴は基礎方程式に流体占有率を付加し不透過領域による氾濫水の排除体積を考慮し, 1つの格子で4つの情報を持たせる事で複雑な境界を表現できる点である. 詳細は参考文献を参考にされたい. 非定常水理実験の実験結果を用いて本モデルの精度検証を行う. 計算条件を表-1に示す. 格子間隔は $dx=dy=5\text{cm}$ であり, 時間刻みは $dt=0.01$ 秒とした. 家屋模型は流体占有率によって考慮し, 粗度係数は実験により算出した $n=0.011$ を用いた. 上流端境界条件は, 貯水槽最端格子に実験初期水位を固定させ, 越流堤高さを越えた水位は越流堤格子から流量を引いた. 下流端境界条件も氾濫部最端格子に実験初期水位を与えた. Case A における定常状態の実験流量は 27.1 l/s であり計算流量は 27.4 l/s であり, 境界条件は妥当であると言える.

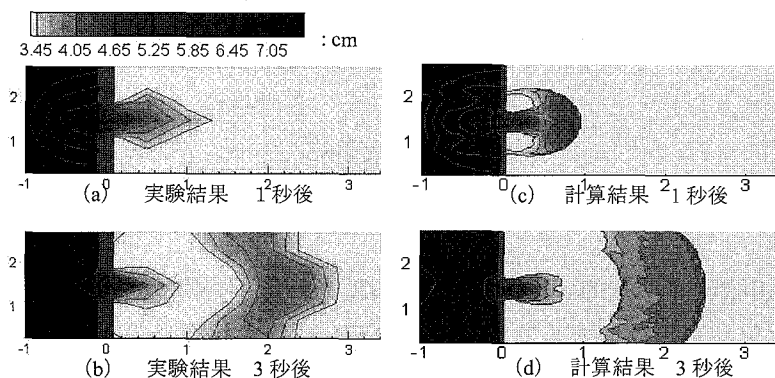
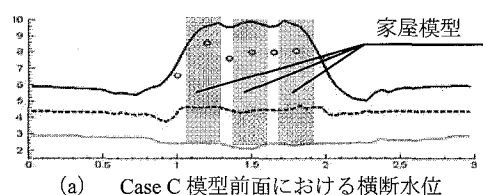


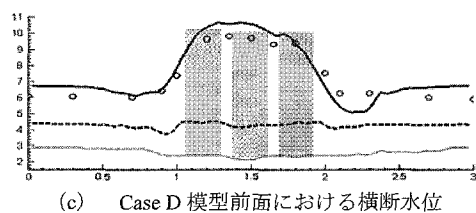
図-4 Case A の時系列水位コンター

表-2 フロント平均速度

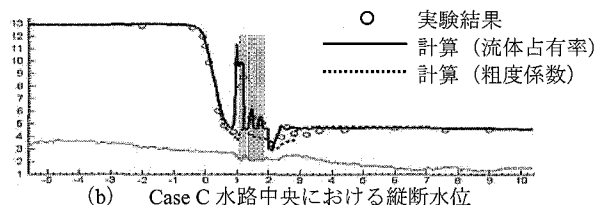
	フロント平均速度 (m/s)		
	実験値	理論値	本計算値
Case A	0.736	0.703	0.722
Case B	0.838	0.797	0.802
Case C	0.665	—	0.694
Case D	0.659	—	0.684



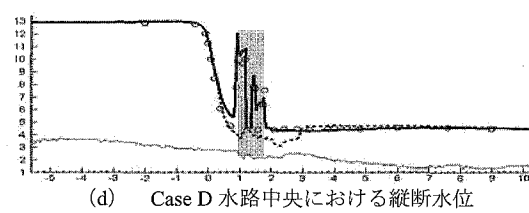
(a) Case C 模型前面における横断水位



(c) Case D 模型前面における横断水位



(b) Case C 水路中央における縦断水位



(d) Case D 水路中央における縦断水位

図-5 定常状態における縦横断面水位

4. 計算結果と考察

図-4 に Case A の計算結果及び実験結果の時系列水位コンターを示す。計算結果は、跳水の位置や水路壁からの氾濫流の跳ね返り、フロント位置を捉えている事が確認できる。他のケースでも同様の結果を得ている。

表-2 に各ケースのフロント平均速度を示す。理論値²⁾は一次元における段波波高の理論を用いて計算している。本計算結果は、ゲート直下の二次元性に強い流れを表現できるため理論値より実験値を捉えている事が確認できる。Case C と Case D の計算値を比べると僅かだが、氾濫流に対する抵抗面積の大きい Case D が小さいという実験と同じ結果を得た。図-5 に定常状態における Case C と Case D の家屋模型前面での横断水位を示す。点線は抵抗係数で家屋の形状抵抗を考慮した場合の計算結果である。抗力係数には末次ら³⁾の値を用いた。模型配置区画に、建物占有率 38% (整列), 34% (千鳥) を一様に与えた。家屋模型を流体占有率のみで評価する本モデルにおいては、Case C では実験水位と約 1cm 誤差が生じている。これは整列においては実験では水は模型間を縫って流れるが、計算では、家屋模型に衝突した水が模型の隙間を遮断したと考えられる。Case D については横断水位は良好な結果を得ている。これは千鳥が模型一列目の隙間を二列目の模型が遮断しているためと考えられる。また Case C, Case D の縦断水位は家屋模型周り以外では実験水位を再現できている。抗力係数で家屋の抵抗を表現する方法³⁾では、縦断水位は全体的な水位は捉えられているが、家屋群周辺の流れを表現するためには、家屋の形状を評価する必要がある。

5. 結論

本モデルは非定常破堤実験のフロント移動速度について良好な再現性を示した。また家屋群周辺の流れを表現するためには個別の家屋形状を組み込む必要があることを示した。

参考文献 1)内田龍彦, 河原能久, 木梨行宏, 伊藤康: デカルト座標系を用いた市街地氾濫流シミュレータの構築と竹原市の高潮氾濫への適用, 水工学論文集, 第 51 巻, pp517-522, 2007. 2)戎忠則, 内田龍彦, 河原能久, 伊藤康, 破堤による氾濫水の挙動に関する基礎的実験, 第 59 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, 2007, 印刷中. 3)末次忠司, 栗城捨: 改良した氾濫モデルによる氾濫流の再現と防災への応用に関する研究, 土木学会論文集 No.593/II-43, pp.41-50, 1998.