

# 平成 23 年台風 12 号洪水による佐陀川堤防被災メカニズムの検討

鳥取大学大学院 正会員 ○梶川 勇樹  
 鳥取大学大学院 正会員 檜谷 治  
 非会員 森崎 文哉

## 1. はじめに

平成 23 年台風 12 号の影響により、鳥取県西部では記録的な豪雨が発生した。この豪雨により、鳥取県西部を流れる 2 級河川の佐陀川では洪水が発生し、堤防の浸食、さらには決壊する恐れが生じ、近隣住民が危険にさらされた。その際、ほぼ直線河道にもかかわらず堤防の左右両岸が流下方向へ交互に浸食されるという特徴をみせた。今後、このような洪水が起きた際に近隣住民を危険にさらさないためにも、佐陀川堤防の被災メカニズムを把握し、対策を講じることが急務である。そこで本研究では、佐陀川堤防の被災メカニズムを明らかにすることを目的とし、FAVOR 法を導入した平面 2 次元河床変動モデルを用いて検討を行った。

## 2. 佐陀川堤防被災状況の概要

図-1 に平成 23 年 9 月 1 日～9 月 4 日のアメダス期間降水量を、図-2 に佐陀川堤防被災箇所をそれぞれ示す。鳥取県では 2 日午後から雨が強まり、1 日 01 時から 4 日 24 時までの総雨量は、大山町大山で 938.5mm を記録した。この豪雨により佐陀川では洪水が発生し、右岸が約 100m、左岸が約 50m にわたって崩落、さらに、決壊の恐れが生じたため、周辺の約 400 世帯 1,300 人に避難指示が出された。佐陀川では、精進川合流前で計画流量 310m<sup>3</sup>/s (1/50 確率) が設定されているが、この洪水によるピーク流量は 205m<sup>3</sup>/s であり、数時間程度続いた。

図-2 をみると、下流のほぼ直線区間において、左右両岸が流下方向へ交互に被災していることが分かる。図に示す区間の河床勾配は約 1/70 であり、急勾配河川である。従って、洪水時には射流が発生しており、何らかの影響によって生じた衝撃波が下流へ伝播し、複雑な河床変動および堤防根入れの洗掘・破壊につながったのではないかと考えられる。そこで、以下では数値モデルによる検討を試みる。

## 3. 数値計算モデル

本研究では、平面 2 次元一様砂河床変動モデルを使用した。ただし、座標系にはデカルト座標系を採用し、河道形状を滑らかに表現するため FAVOR 法<sup>1)</sup>を基礎式に導入した。右に基礎式を示しており、各記号については慣用に従う。レイノルズ応力の評価には 0-方程式モデルを採用し、流砂には掃流砂のみを考慮して芦田・道上式により算定した。基礎式の差分法には 4 段階 MacCormack 法<sup>2)</sup>を採用した。

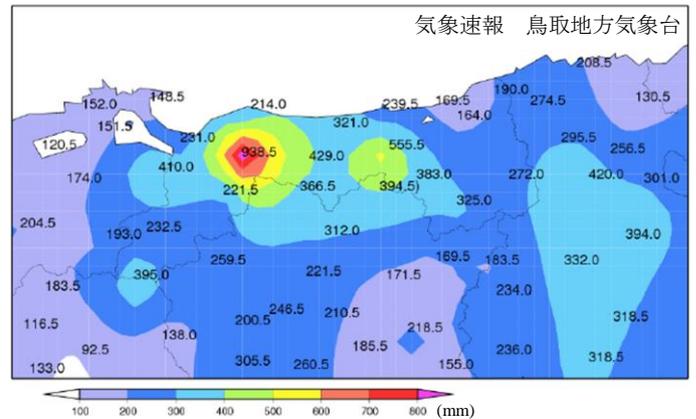


図-1 9/1 01:00～9/4 24:00 のアメダス期間降水量

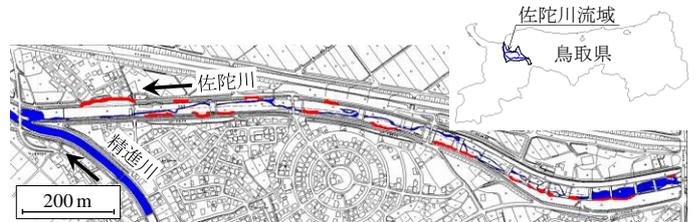


図-2 佐陀川堤防被災箇所 (赤印)

### 【基礎方程式】

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{1}{V} \frac{\partial A_x E}{\partial x} + \frac{1}{V} \frac{\partial A_y F}{\partial y} = C$$

ここに、

$$U = \begin{bmatrix} h \\ M \\ N \\ z_b \end{bmatrix}, \quad E = \begin{bmatrix} M \\ uM \\ uN \\ \frac{1}{1-\lambda} q_{Bx} \end{bmatrix}, \quad F = \begin{bmatrix} N \\ vM \\ vN \\ \frac{1}{1-\lambda} q_{By} \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 \\ -gh \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{V} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (A_x h \cdot -\overline{u'u'}) + \frac{\partial}{\partial y} (A_y h \cdot -\overline{u'v'}) \right\} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \\ -gh \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{V} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (A_x h \cdot -\overline{u'v'}) + \frac{\partial}{\partial y} (A_y h \cdot -\overline{v'v'}) \right\} - \frac{\tau_{by}}{\rho} \\ 0 \end{bmatrix}$$

#### 4. 佐陀川堤防被災メカニズムの検討

2. で述べたように、佐陀川での被災状況は、ほぼ直線河道であるにもかかわらず左右両岸において交互に堤防の浸食が発生していることが特徴である。そこで、まず佐陀川をモデル化した直線河道を対象とし、流れに影響を与える要素として側岸に突起物を配した場合の流況と河床変動について検討した。表-1 に計算条件を、図-3 に計算結果をそれぞれ示す。突起物は、上流から 100m 地点の左岸に幅 0.4m、流下方向に 4m のものを FAVOR 法により表現して設置した。図-3 より、突起物周辺から発生した衝撃波は、時間の経過とともに左右両岸に衝突する様子が顕著に表れ、また河床では交互砂州 (B/h=32) が形成されていく様子が分かる。3 時間後の河床変動量は、左右側岸で約-1.3m の最深部 (赤丸部分) が表れ、流下方向の洗掘間隔は約 100m であった。一方、現地での左右岸被災間隔は約 50~100m であった。ただし、ピーク流量発生から被災するまでの時間が明確でないため一概には比較できない。しかし、計算結果より、現地河川においても側岸あるいは河床の擾乱により発生した上流からの乱れが、交互砂州の発生・発達を促し、堤防根入れの洗掘・被災に繋がったのではないかと考えられる。

そこで、次に佐陀川の実河川形状を対象とし、洪水時の流況のみを対象として数値計算を試みた。計算条件は表-1 と同様である。ただし、下流直線区間については、河道形状を FAVOR 法により詳細に表現した。結果として、図-4 に領域全体の流速ベクトル図と下流直線区間のベクトル図を示す。図より、直線区間では上流弯曲部からの乱れが流入し、対岸へと向かう衝撃波が伝播していることが分かる。従って、これらの流況がモデル河川で見られたような河床変動を発生させ、堤防根入れの洗掘・破壊を引き起こしたものと考えられる。

#### 5. おわりに

本研究では、平成 23 年台風 12 号洪水により被災した佐陀川堤防を対象とし、その被災メカニズムについてモデル河川および現地河川を用いて数値計算により検討した。その結果、佐陀川では洪水時に射流が発生しており、上流からの衝撃波の伝播と交互砂州の発生とが混在した、複雑な流況および河床変動が起こっていた可能性が指摘された。そして、この河床変動による規則的な間隔での堤防根入れの洗掘により、佐陀川堤防は被災した可能性があることが分かった。

【参考文献】 1) C. W. Hirt: Volume-fraction techniques: Powerful tools for wind engineering, Journal of Wind Engineering, No.52, pp.333-344, 1992. 2) 秋山寿一郎, 浦勝, 山口学, 重枝未玲: MacCormack 法を用いた平面 2 次元数値モデルの浅水流への適用性について, 水工学論文集, 第 42 巻, 1998.

表-1 佐陀川モデル河川：計算条件

河道幅 $B$ (m)	40	一定流量 $Q$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	200
河道長 $L$ (m)	1,500	粗度係数 $n$	0.035
河床勾配 $I$	1/70	$\Delta x, \Delta y$ (m)	4.0
平均粒径 $d$ (mm)	23	$\Delta t$ (sec)	0.01

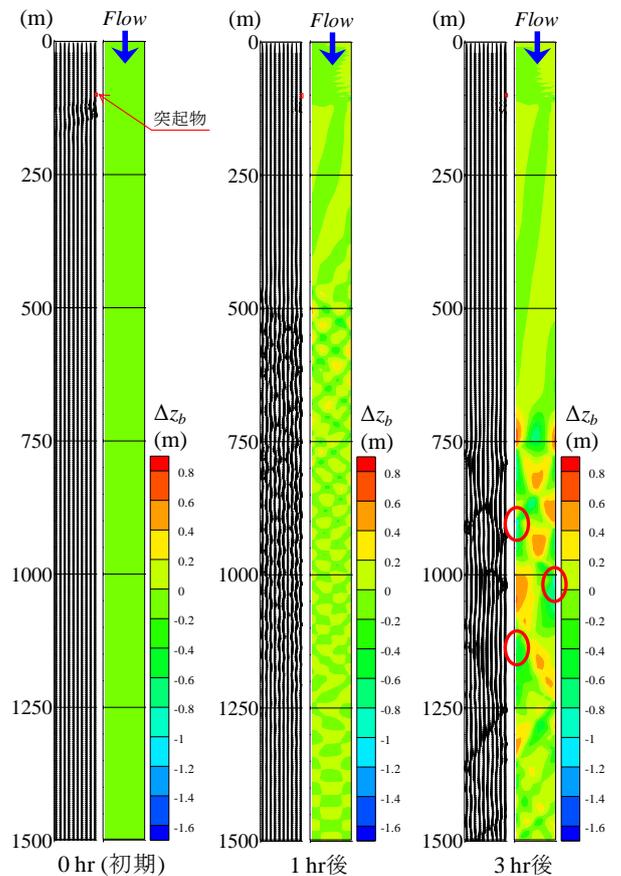


図-3 佐陀川モデル河川：計算結果

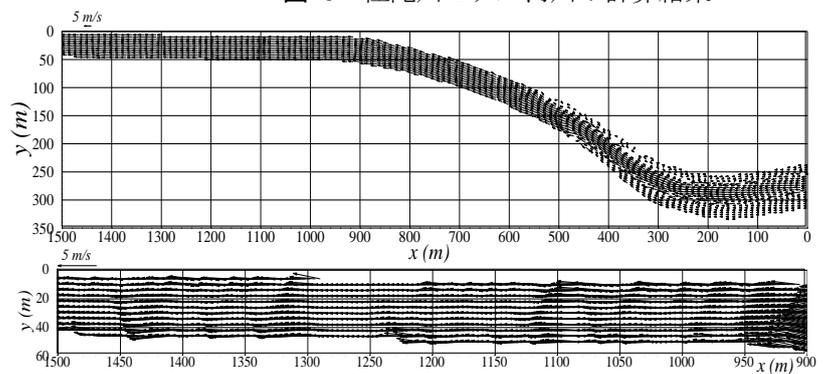


図-4 佐陀川：洪水時の流況計算結果