

堤内地における氾濫水の流動と土砂堆積

京都大学防災研究所 正 員 村本 嘉雄

京都大学防災研究所 正 員 大久保賢治

○ 京都大学大学院 学生員 井上 和則

1 概要 洪水氾濫災害における土砂輸送の問題は防災対策上重要であり、1983年7月の三隅川洪水氾濫の場合も破堤を伴う甚大な土砂の洗掘・堆積被害が生じた¹⁾。水田に利用されていた下河内地区の堤内地には粒径 $20\sim 360\mu\text{m}$ の微細土砂が $20\sim 40\text{cm}$ も堆積し、農地と作物に被害を与えた。流砂を考慮した氾濫モデル解析²⁾により洪水の流況と掃流砂れきによる地形変化はほぼ再現されたが、浮遊砂堆積量は過少評価となり、その取扱いに問題が残された。この氾濫解析では、堤内地の植生(稲)の影響が考慮されていなかったが、本研究では氾濫水の流動を流下距離の短い複断面流れと単純化して水理実験とモデルの計算結果を比較し、堤内地の植生が氾濫水の流動に及ぼす効果を検討した。

2 複断面水路実験 水路

は、図1のように高水敷の上下流端に壁を設けて流れが低水路のみから出入りするようにした。表1のcase2と3では、高水敷中央部40cm区間

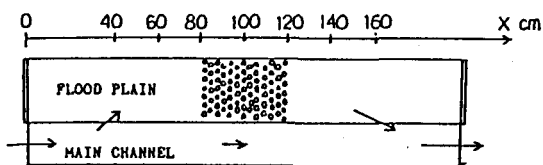
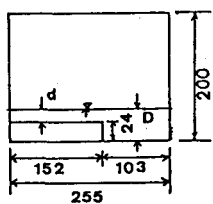


図1 水路概要 左:断面図 右:平面図

($X=80\sim 120\text{cm}$)に径2mm、高さ7mmの塩ビ棒を5mm間隔で千鳥に配置した。流速は径3mmのプロベラ流速計、流量はフローセル流量計で測定した。高水敷が粗面のcase3は20cm間隔で7断面、滑面のcase4では40cm間隔で3断面の横断面流速分布を測定した。

鉛直平均流速の横断分布については、後出図4●印の実験値より、植生域と直下流($x=100, 120\text{cm}$)では、低水路と高水敷の流速差は大きい、高水敷での流速横断変化は小さく、植生上では横断方向より鉛直方向の運動量交換が激しいと考えられる。植生の下流側では横断流速分布は流れ方向に変化せず、植生のないcase4では、高水敷の低水路寄りの流速がcase3に比べ大きい拡散域が見られる。

図2では、植生上の流速鉛直分布³⁾

$$u/u_* = 5.75 \log_{10} (29.7(z-a)/k+1) \quad (1)$$

を実線で表し、case2の実験値(○印)と比較している。ここに、 $u_* = (gR_f S)^{0.5}$ 、 R_f :高水敷径深、 a :植生の高さ($=0.7\text{cm}$)、 k :相当粗度、 z :河床からの高さ S :水路勾配である。式(1)では植生高さ a より低い位置で $u=0$ とされているが、実験では、ほぼ原点を通る直線的な流速分布となっている。

表1 実験条件

CASE	Q l/s	D cm	d cm	S	ν cm^2/s	測定断面数
1	1.30	4.6	2.2	0.0015	0.012	1
2*	1.30	4.3	1.9	0.0015	0.012	1
3*	1.23	4.6	2.2	0.0012	0.010	7
4	1.22	4.6	2.2	0.0012	0.012	3

*CASE2, CASE3: 高水敷底に植生粗度あり

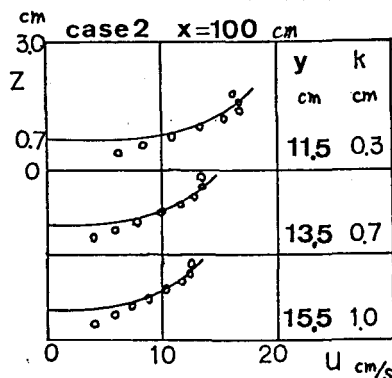


図2 植生上の流速鉛直分布

3 渦度モデル 鉛直平均流速 u, v で定義した $\omega = u_v - v_x$

の渦度方程式

$$\omega_t + u\omega_x + v\omega_y + (u_x + v_y)\omega = \varepsilon \nabla^2 \omega - (\tau_{1y} - \tau_{2x}) \quad (2)$$

を若干変形し、無次元化すると

$$D\omega/Dt = Re^{-1} \nabla^2 \omega + (G-F)\omega - (uF_v - vF_x) \quad (3)$$

を得る。ただし、 $F = (f/2)(u^2 + v^2)^{1/2}/h$ 、 $G = (uh_x + vh_y)/h$ 、 $Re = UL/\varepsilon$ で、 $(\tau_1, \tau_2) = (fV/2h)(u, v)$ 、 f : 抵抗係数、 ε : 水平渦粘性係数、 U, L : 流速・長さスケールである。

複断面流れに適用するため低水路を高水敷高さで2層に分割し、下層流速は河床勾配と粗度係数で与え、上層流速分布を渦度方程式で計算する。流れ関数 ϕ

$$u = \phi_y, \quad v = -\phi_x \quad (4)$$

は逐次緩和法で解く。 ω と ϕ の境界条件を図3に示す。 ω_s は滑り条件、 ω_B は一次形式から決まる滑りなし条件とする。高水敷は完全粗面とし、下層との摩擦を考慮するため河道部でも一定の抵抗係数を仮定した。

上記の解法を実験条件に適用し鉛直平均流速の横断分布を求めた(図4実線)。case4は $\varepsilon_v = 8 \text{ cm}^2/\text{s}$ の一定値を用いたが、実験結果に近い。一方、高水敷に植生のあるcase3の場合、一定の $\varepsilon_v = 4 \text{ cm}^2/\text{s}$ では植生上の一様な流速分布が十分表せなかった。

4 土砂堆積計算 植生内の流速が急激に減少することから、前述の三隅川の場合、植生内の有効掃流力の減少により浮遊砂が卷上げのない純沈降過程を経て堆積を生じたと仮定し、氾濫モデルの解を用いて堆積計算を行った。基準点濃度 $C_B = 0$ とすると合計10数cmの堆積が得られた(図5)。なお、 f_i は粒径毎の浮遊砂濃度、右縦軸は粒径毎の堆積量である。ただし、堆積による水深の時間変化は考慮していない。

5 結論 従来の複断面水路実験に比べ水路長、幅共に小さい水路を用いたが、高水敷の植生による横断流速分布の流下方向変化の特徴を見出した。浮遊砂は純沈降過程を仮定すると所要の堆積量が得られた。渦度方程式を解くことにより氾濫モデルに比べて短時間で容易に複断面流れの計算が可能であったが、 ε_v の分布や流出入条件の非対称性に伴うと思われる解の空間的振動等について、今後の問題を残した。

参考文献 1) 村本・藤田・大久保: 京大防災研年報, 27B-2, 1984, 2) 森田純司: 関西支部, 1986

3) Christensen, B.A: 21st IAHR, 1985

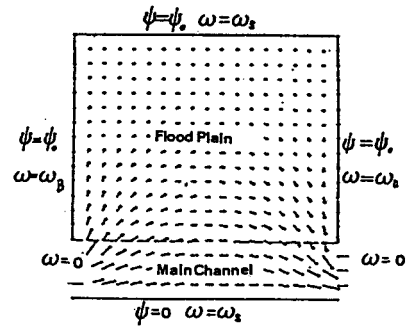


図3 境界条件

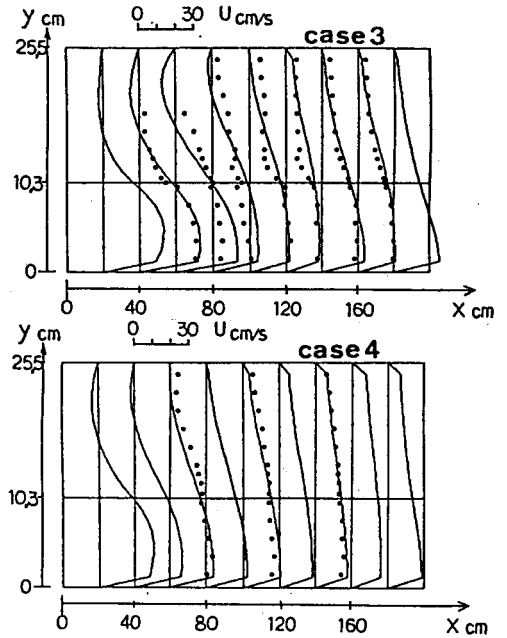


図4 鉛直平均流速の横断分布

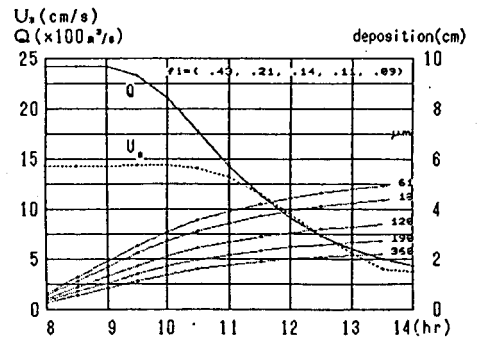


図5 三隅川の土砂堆積過程