

II-148 洪水氾濫による浮遊砂堆積

京都大学大学院 学生員 東山 基
 京都大学防災研究所 正 員 高橋 保
 京都大学防災研究所 正 員 中川 一

1・はじめに 破堤氾濫時には、家屋の浸水・流失等の被害とともに、氾濫水中の土砂が堤内地において広範囲に堆積するという問題が発生する。本研究では、彎曲した河川の堤防決壊時における、堤内地での浮遊砂堆積現象について数値シミュレーション手法を開発し、計算結果と実験結果の比較検討を行った。

2・実験の概要 実験装置を図1に示す。氾濫台はx軸方向に1/200の勾配がついており、破堤口からの流入水は、下流部に設けた排水口のみから流出するように四方が壁に囲まれている。河道部は図2に示すように、薄い板で兩岸に堤防を設けてある。河床面を堤内地地盤高より2.4cm低くし、破堤口から流入する土砂の大部分が浮遊砂となるようにしている。なお、氾濫台の表面には粗度を施していない。用いた粒子材料には比重1.21、平均粒径81 μ 、沈降速度3.2 mm/secの塩化ビニール粉末で、これを高水槽で水によくなじませたうえ攪拌を行いながら流量1.08l/secで河道部に給水する。河道内の流れが定常状態になった段階で破堤氾濫を図1の点線部分の壁を取り除くことにより発生させ、これより5分間通水をし、堤内地の土砂堆積実験を行った。測定項目とその計測は以下のようなものである。すなわち、流出境界条件としての下流端水位をサーボ式水位計で計測し、流入境界条件に必要な土砂濃度を濁水のサンプル採取によって計測し、土砂氾濫堆積形状を実験装置上部に設置したビデオカメラにより収録し、5分後の堆積厚分布をメジャーにより計測した。

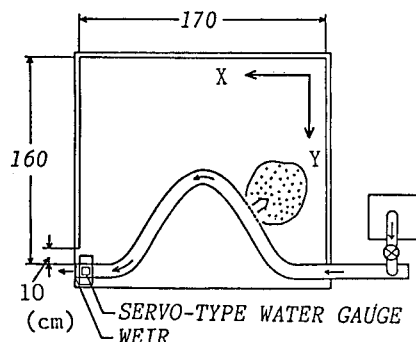


図1・実験装置

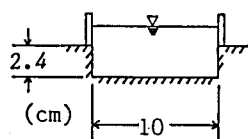


図2・河道の横断面図

3・基礎式と計算条件 基礎式は、(1.1)、(1.2)式に示すバルク流体のx方向およびy方向の運動量式、(2)式の流体の連続式、(3)式の浮遊砂の連続式、(4)式の河床の連続式、(5.1)、(5.2)式の抵抗則で、浮遊砂量式および、掃流砂量式には芦田・道上の式^{1), 2)}を用いた。

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\beta \bar{u} M) + \frac{\partial}{\partial y}(\beta \bar{v} M) = gh \sin \theta_s - gh \cos \theta_s \frac{\partial (z_b + h)}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \tau_{bx} \quad (1.1)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\beta \bar{u} N) + \frac{\partial}{\partial y}(\beta \bar{v} N) = gh \sin \theta_s - gh \cos \theta_s \frac{\partial (z_b + h)}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \tau_{by} \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\epsilon h) + \frac{\partial}{\partial x}(\epsilon \bar{u} h) + \frac{\partial}{\partial y}(\epsilon \bar{v} h) = w_b(c_s - c_0) + \frac{\partial}{\partial x}\left(h D_s \frac{\partial c}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(h D_s \frac{\partial c}{\partial y}\right) \quad (3)$$

$$\frac{\partial z_s}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left(\frac{\partial q_{bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{by}}{\partial y} + w_b c_s - w_b c_0 \right) = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\tau_{bx}}{\rho} = \frac{g n^2 \bar{u} \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2}}{h^{1/3}}, \quad \frac{\tau_{by}}{\rho} = \frac{g n^2 \bar{v} \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2}}{h^{1/3}} \quad (5.1), (5.2)$$

ここに、 $\bar{u}, \bar{c}, h$: 断面平均流速、断面平均濃度、水深 θ : 傾斜角、 Z_b : 河床高、 D : 分散係数である。 $Z = Z_b$ における平衡濃度 C_b と断面平均濃度 C_0 との関係は Lane-Kalinske式を積分することによ

り求め、 $C_b = \beta C \{1 - e(-\beta)\}$ (但し、 $\beta = 15w_b/u_*'$ 、 γ : 渦動拡散係数と渦動粘性係数の比)。計算条件は $\Delta x = \Delta y = 2.5\text{cm}$ 、 $\Delta t = 1/125\text{sec}$ 、Manningの粗度係数は河床面に土砂が堆積するときは $n = 0.015$ 、堆積していないときは $n = 0.01$ とした。

4. 実験結果と計算結果の比較

図3は破堤開始1, 3, 5分後の土砂堆積厚の分布に関する計算値と5分後の実験値を比較したものである。

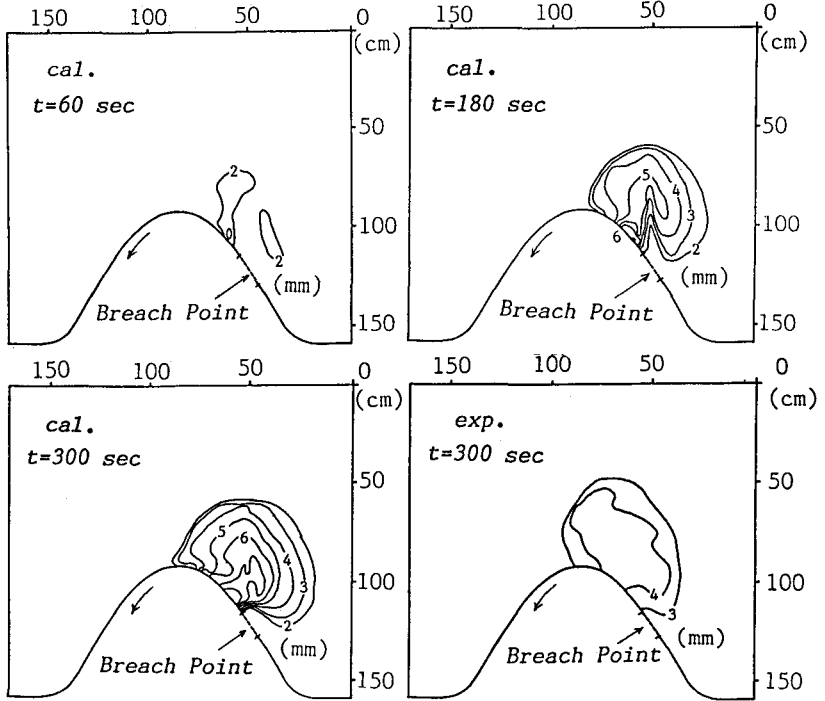


図3・堆積厚の分布

計算値の堆積厚は実験値よりも若干大きい。この理由としては、実際には破堤口からの流入浮遊砂濃度が、断面平均濃度よりも小さいと思われるが、これに断面平均濃度を用いて計算したことが考えられる。堆積範囲については、計算値は下流側への偏倚が少ないものの、比較的良く実験値を再現している。図3の各時刻に対応した流速分布を図4に示す。実験では破堤口から流入する方向が下流側に偏倚しているが、計算では直線的にy方向に流入しており、実験値より大きくなっている。これは、曲線流路に対して正方格子を用いたために偏倚成分が表れにくくなったことが原因と思われる。また、粗度係数の評価や流砂量式の精度も両者の違いに影響しているものと考えられる。

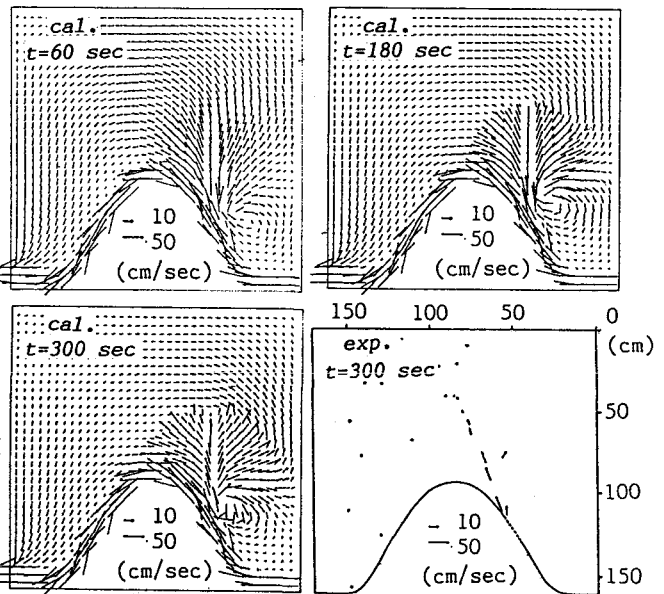


図4・流速ベクトル

5. おわりに 今回行なった数値計算で、浮遊砂による土砂堆積現象がある程度説明できることがわかった。今後、粗度係数や流砂量式の精度に関してさらに検討する必要がある。

参考文献 1) 芦田・道上: 京大防災研年報, 第13号, 1970, pp. 233-242. 2) 芦田・道上: 土木学会論文報告集, 第206号, 1972, pp. 59-69.