

開水路のトレンチ内における流れおよび浮遊砂濃度分布の数値シミュレーション

鳥取大学工学部	正 員	道上 正規
鳥取大学工学部	正 員	藤田 正治
鳥取大学工学部	正 員	檜谷 治
(株) 大本組	正 員	○安井 秀則

1. はじめに 複断面水路では、洪水時に高水敷上に浮遊砂が輸送され堆積する。この高水敷上の土砂の堆積防止軽減策として、高水敷にトレンチを設けてそこに土砂を集中的に堆積させ、なるべく諸施設のある箇所への堆積を減じるといったものが考えられる。本研究では、まず、高水敷のない矩形断面の開水路にトレンチを設け、その場合のトレンチ内の流れおよび浮遊砂濃度分布に関する計算を試み、その計算方法の妥当性を実験値との比較から検討する。

2. 流れの計算

2.1 解析方法 解析方法は従来より道上ら¹⁾が提案している0-方程式モデルの方法を用い、鉛直2次元的に解析を行った。ただし、トレンチ内外の鉛直渦動粘性係数は以下に示すように与えた。分布式としては次式に示すようなparabolic-constant型のものを与えた。

$$\frac{z}{h} < 0.5; \varepsilon_z = \kappa u_* h \frac{z}{h} \left(1 - \frac{z}{h}\right), \quad \frac{z}{h} \geq 0.5; \varepsilon_z = 0.25 \kappa u_* h \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに、 h ：水深、 ε_z ：鉛直渦動粘性係数、 κ ：カルマン定数、 u_* ：摩擦速度である。ここで、 $u_* = \sqrt{g h i}$ として(1)式より ε_z を求めるが、この場合 i は河床勾配を用い、また、水深としてはトレンチ外ではトレンチ外の水深、トレンチ内ではトレンチ内の水深を用いた。

2.2 計算結果

図-1(a)にトレンチ内に

堆積のない場合の主流方向の時間的平均

流速 u の分布を実験値とあわせて示す。

図-1(b)には、トレンチ内に粒子が堆積した

場合の u の分布を示す。まず、図-1(a)

の計算値と実験値を比較すると、トレン

チ入口付近とトレンチ出口で多少異なる

が、そのほかの所では良く一致しており、

今回の計算法の妥当性を示している。ま

た、図-1(a),(b)を比較するとわかるよう

に、トレンチ内に粒子が堆積しトレンチ

内の形状が図のように変化した場合、特

に逆流域で流速そのものおよび逆流域の

範囲が減少する結果となった。

3. 浮遊砂濃度分布の計算

3.1 解析方法 基礎方程式としては次式に示す拡散方程式を用いた。

$$u \frac{\partial C}{\partial x} + (w - w_0) \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(E \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad \cdots \cdots (2) \quad E = \frac{1}{6} \kappa u_* h \quad \cdots \cdots (3)$$

ここに、 x, z ：主流方向、鉛直方向の座標、 u, w ：流体の時間的平均流速の x, z 方向成分、 C ：浮遊砂濃度、 w_0 ：粒子の沈降速度、 E ：鉛直拡散係数であり、(3)式で与えた。(2)式は、2.で求められた流速および境界条件をあたえることによって解くことができる。

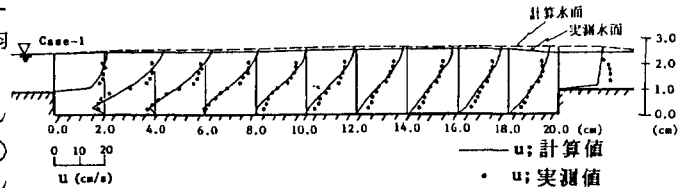


図-1(a) 流速分布

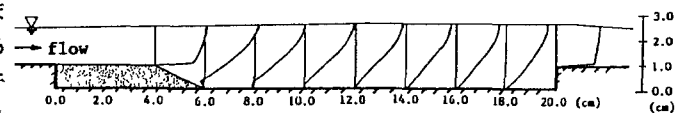


図-1(b) 流速分布 (堆積あり)

3.2 計算結果 以上のような方法で浮遊砂濃度を求めるにあたって、重要となるのは河床での境界条件であるが、本計算では、次に示す2通りの条件を与えた。ここで、河床での境界条件は、 $-E(\partial C/\partial z)$ を単位面積当りから単位時間に浮上する粒子の量であるとし、これにある浮上量 q_{su} を与える形とした。まず、河床条件①として、 $q_{su}=0$ すなわち再浮上のない純堆積の条件をトレンチ内全領域に与える。つぎに、河床条件②は実験結果をもとに次のように決定した。トレンチ内の堆積過程には、実験結果より、粒子が逆流域内のある決まった領域で徐々に鉛直方向に堆積する図-2(a)に示すようなStep-1の堆積過程とこのStep-1の堆積がトレンチの段差頂部に達すると同時に始まり、トレンチの深さと同じ堆積高を保ちながらデルタが進行する形態で堆積する図-2(b)に示すようなStep-2の堆積過程がある。²⁾そこで、河床条件②は次に示すようなものとした。

$$\text{Step-1: } \begin{cases} q_{su}=0 & (0 \leq x \leq a) \\ q_{su}=C_B W_0 & (x > a) \end{cases}$$

$$\text{Step-2: } q_{su}=C_B W_0 \quad (x \geq b) \quad \dots (4)$$

ここで、 C_B は芦田・道上の理論より求まる平衡濃度であるが、実験は固定床であることから、計算上河床で洗掘が起こる場合、 C_B は計算の過程で求まる底面の濃度をそのまま用いることとした。また、Step-2においては粒子が掃流砂的に堆積する傾向がかなり強く、この場合のトレンチ内への堆積速度(堆積率)はStep-1に比べかなり大きい。そこで、本研究では、Step-1, Step-2の堆積過程においてそれぞれ計算を行った。

まず、Step-1におけるトレンチ内の濃度分布および堆積速度を実験結果とあわせて図-3に示す。河床条件①の場合、実験では堆積が起これない部分でも堆積しているという結果となった。河床条件②の場合、濃度分布および堆積速度ともに実験値とよく一致していることがわかる。Step-2においてはトレンチ入口で、実験結果から得られる堆積速度から、60%程度が浮上せずそのまま掃流砂的に堆積し、残り40%程度が浮遊し流下すると考えた場合、トレンチ内の濃度分布は実験値とよく一致した。このときのトレンチ内の濃度分布を図-4に示す。

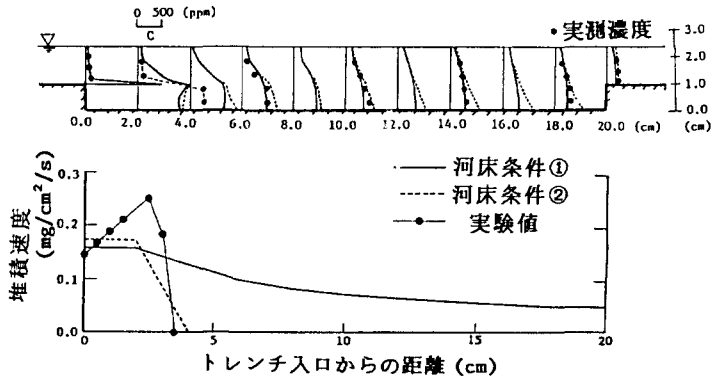


図-3 濃度分布および堆積速度

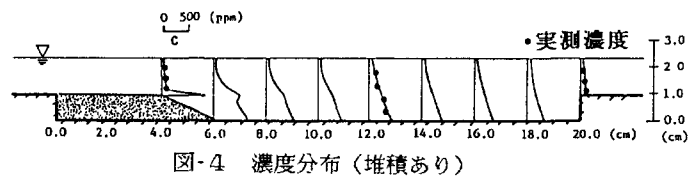


図-4 濃度分布(堆積あり)

4. おわりに 本計算において、トレンチ内の濃度分布および堆積過程を実験結果から得られるStep-1, Step-2に分けて計算を行ったが、今後2つの堆積過程を考慮し、また流れの計算もあわせて、非定常計算を行い時間的に変化していく堆積過程を考える必要がある。

参考文献：1) 道上正規、檜谷 治；不透水性周辺の準三次元流計算、第44回年講II-251 2) 道上、藤田 安井、太田；開水路におけるトレンチ内の水流の挙動と流砂の堆積過程、第42回中四投稿中