

## II-268 組織渦のもつ上昇流による浮遊砂増加

東京大学大学院

学生員 金子哲也

アイ・エヌ・エー新土木研究所

正員 田中規夫

## 1. 序

筆者らは、既報1)において、底面上の物体の作る組織渦を、工学的に利用する方法を提案した。それは、組織渦の持つ上昇流に着目し、これを用いて、掃流砂を浮遊砂に変換するものであった。ここでは、若干の考察を加えたので、報告する。

移動床において、十分に動的平衡を保っているところでは、上流から入ってくる流砂量と、下流へ出ていく流砂量が、釣り合っている。このようなところに、水路幅にわたる横断工作物を設けると、掃流砂は堆積する。また、ある高さより下を浮遊していた浮遊砂も堆積する。横断工作物の前面に、物体を設置し、その周りに作られる組織渦の上昇流を用いて、掃流砂を浮遊砂に変換すれば、横断工作物を越える流砂量は増加する（図-1）。

## 2. 実験

実験方法、結果の詳細については、文献1)を参照されたい。なお、実験条件については、文献1)の表-1に誤りが含まれていたため、ここに訂正する。

## 3. 流砂量の算定

RUN4を例にとり、第1段階：物体がない場合、第2段階：物体を設置して10~30分後、第3段階：物体を設置して40~50分後の3つの段階に区分して、流砂量を比較することにより、上昇流による効果を検討する。第2段階においては、物体の周りの河床が洗掘され、浮遊砂の増分には、これも含まれる。第3段階は、河床形状が安定した後であり、浮遊砂の増分には、洗掘によるものは含まれず、上昇流により掃流砂から変換されたもののみに限られる。

まず始めに、接近流の掃流砂量  $Q_B$  ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ) を算定する。掃流砂量式としては、本実験に適用可能な Einstein-Brown の式を用いた。 $Q_B = 34 \times 10^{-4}$  ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ) である。

接近流の浮遊砂量  $Q_{AP}$  ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ) は実験値から求めた。浮遊砂量は、高さ方向5mmおきに測った値を台形積分した。 $Q_{AP} = 6 \times 10^{-4}$  ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ) である。

横断工作物を越える浮遊砂量  $Q_{OV}$  ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ) は、10分おきに測られた値を、3つの段階に区分して考察しているので、このままでは積分できない。そこで、段階毎に、1本の直線を当てはめ（図-2）、これを積分することとする。第1段階： $Q_{OV} = 4 \times 10^{-4}$  ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )、第2段階： $Q_{OV} = 34 \times 10^{-4}$  ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )、第3段階： $Q_{OV} = 24 \times 10^{-4}$  ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ) である。

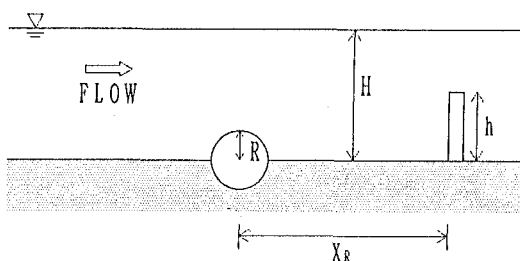


図-1 実験の概略

表-1 実験条件

|              | RUN1    | RUN2    | RUN3    | RUN4    | RUN5    |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $U_0$ (cm/s) | 16.5    | 16.5    | 16.5    | 10.6    | 10.6    |
| $H$ (cm)     | 10      | 10      | 10      | 8       | 8       |
| $i_e$        | 0.00025 | 0.00025 | 0.00025 | 0.00029 | 0.00029 |
| $u_*$ (cm/s) | 1.28    | 1.28    | 1.28    | 1.27    | 1.27    |
| $R$ (cm)     | 1.0     | 1.5     | 2.0     | 2.0     | 2.0     |
| $X_R$ (cm)   | 400     | 400     | 400     | 10      | 20      |
| $h$ (cm)     | 5.0     | 5.0     | 5.0     | 4.0     | 4.0     |

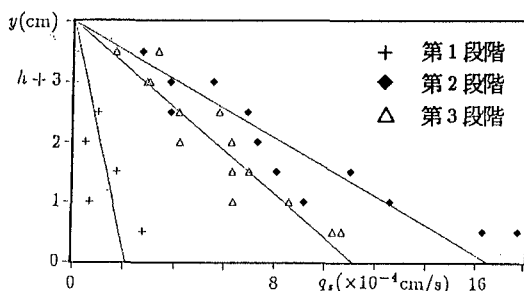
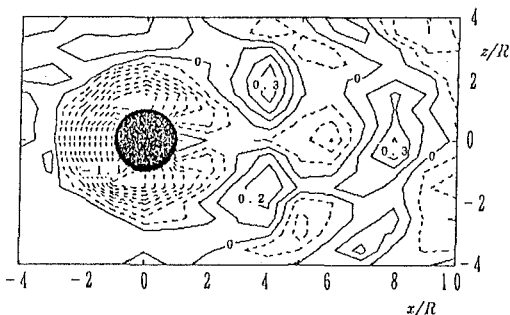
図-2 越流浮遊砂量  $q_s$  ov

図-3 河床の変化 (RUN3)

第2段階の、洗掘による浮遊砂量の増加分を $\Delta Q_s$  ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ) とする。洗掘された砂の総体積は図-3に示される河床の高さ変化を面積積分すれば求まる。なお、物体半径の等しいRUN3のものを用いる。面積積分の範囲は $-4R \leq x \leq 5R$ ,  $-4R \leq z \leq 4R$  とする。洗掘された砂の総体積は、 $\int_{-4R}^{4R} \int_{-4R}^{5R} h_B dx dz$  ( $\text{cm}^3$ ) である。 $h_B$ : 河床高さである。浮遊砂量は、横断方向 $z$ に対しては、中央付近で多く、物体から離れるに従い減少すると思われるが、ここでは、 $-4R < z < 4R$  の $8R$ で、平均した量を考える。また、時間に対しても、洗掘の激しい初期において多く、時間の経過とともに減少していくと思われる。しかし、ここでも、洗掘にかかった時間40分間で平均した量を考える。 $\Delta Q_s = \frac{1}{8R} \frac{1}{40 \times 60} \int_{-4R}^{4R} \int_{-4R}^{5R} h_B dx dz = 10 \times 10^{-4}$  ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ) である。

#### 4. 上昇流の効果

以上の算定により、それぞれの送流形態別の流砂量が見積れたので、それらを合わせて、物体剝離渦の上昇流による効果を考察する。図-4に、それぞれの段階の流砂量の状況を示す。

第1段階の物体がない場合は、ほぼ全ての掃流砂が横断工作物によって堆積させられる。そして、浮遊砂も、一部は、横断工作物によって取り込まれ、堆積する。結果として、上流からの全流砂量のうち、横断工作物を越えるものは、10%しかない。

横断工作物の前面部に物体をおくと（第2段階）、上昇流による浮遊砂増加と、洗掘による浮遊砂増加の2つの効果により越流浮遊砂量 $Q_{s, ov}$ が増加する。上昇流による浮遊砂増加と洗掘によるそれは、2:1である。この段階が、当然、越流浮遊砂量 $Q_{s, ov}$ が最も多い。

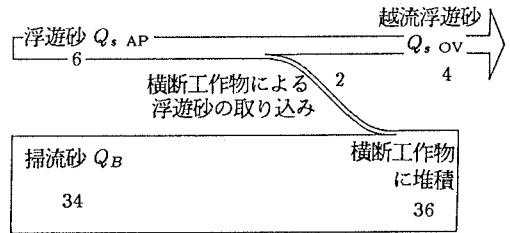
そして、洗掘が終わり、河床形状が安定した第3段階においても、上昇流による浮遊砂巻き上げ効果により、越流浮遊砂量が増加していることがわかる。上昇流が、掃流砂の60%を巻き上げ、越流浮遊砂量は全流砂量の60%と大きく改善している。

このように、RUN4の例では、物体剝離渦の持つ上昇流は、横断工作物を越流する流砂量を10%から60%にするほど効果がある。

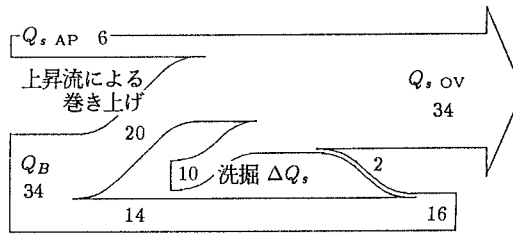
東京大学土木工学科玉井信行教授、河原能久講師に御指導頂いた。記して謝意を表します。

#### 参考文献

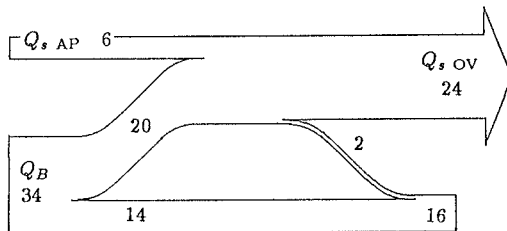
- 1) 田中規夫・金子哲也：物体周りの組織渦を利用した浮遊砂の促進について，水工学論文集，第35巻，pp.365~370，1991。
- 2) Tanaka, N.: Coherent Structures around Obstacles on the Boundary and the Control of Sediment Transport by Coherent Eddies, 東京大学学位論文, 1991。



(a) 第1段階



(b) 第2段階



(c) 第3段階

数字は、流砂量  
(単位は、 $\times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ )

図-4 流砂量