

## II-37

## 河口噴流による浮遊砂の輸送と堆積

東北大学 工学部 学生員 ○坪井 宏介  
 東北大学 工学部 正 員 泉 典洋  
 東北大学 工学部 正 員 田中 仁

## 1.はじめに

河口部では河口砂州、河口テラス、河口デルタといった様々な土砂堆積現象が見られる。これらは理学的にも工学的にも重要な問題であるにもかかわらず未だに不明な点が少なくない。

通常河口は河川の最下流部に位置し、堆積土砂には多くの細粒分が含まれている。これらの細粒土砂は浮遊形態で運ばれる場合が多く、河口部における土砂堆積現象を明らかにするためには浮遊砂の挙動を知ることが必要不可欠となる。

本研究では、詳細な模型実験を行うことによって河口部における河川流とそれによる浮遊砂の輸送及び堆積現象を明らかにする。

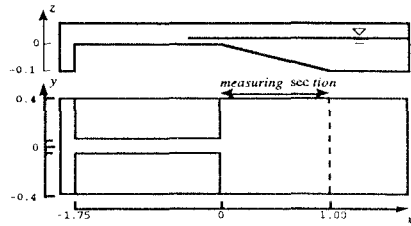


図-1 実験装置

## 2.実験装置及び方法

実験装置を図-1に示す。この装置は河道部を模擬した幅6cm勾配0%の開水路から、海浜部を模擬した幅80cm勾配10%の開水路へと接続している。実験では河道上流部から一定量の給水と給砂を行っている。用いた砂は平均粒径0.01mmのシリカ粉末（製品名：クリスタライト）であり、給砂は高濃度のシリカ粉末懸濁液を河道部上流から一定量供給することによって行っている。

実験では、流速分布、浮遊砂の濃度分布、浮遊砂の堆積形状の測定を行っている。表-1、2に実験条件を示す。流速分布の測定は海浜部において電磁流速計を用いて行った。浮遊砂濃度の分布は、海浜部において透過光式濁度計を用いて測定した。また堆積形状は、実験を開始して数時間経過後レーザ式変位センサを用いて測定した。

表-1 実験条件（流速分布）

|       | $U_0$ (m/s) | $B_0$ (m) | $H_0$ (m) |
|-------|-------------|-----------|-----------|
| Case1 | 0.296       | 0.026     | 0.046     |
| Case2 | 0.081       | 0.024     | 0.046     |
| Case3 | 0.578       | 0.028     | 0.046     |
| Case4 | 0.168       | 0.028     | 0.046     |

表-2 実験条件（浮遊砂濃度分布）

|       | $Z_0$ (ppm)        | $B_0$ (m) | $H_0$ (m) |
|-------|--------------------|-----------|-----------|
| Case1 | $3.22 \times 10^4$ | 0.028     | 0.046     |
| Case2 | $1.02 \times 10^4$ | 0.028     | 0.046     |
| Case3 | $5.29 \times 10^4$ | 0.028     | 0.021     |
| Case4 | $1.22 \times 10^4$ | 0.028     | 0.021     |

## 3.実験結果と考察

## 3-1.流速分布

Case1について実験より得られた流下方向流速の横断分布を図-2に示す。図では横断方向の座標 $y$ を噴流の半値幅 $B$ で、流下方向流速 $u$ を中央流速 $u_c$ で無次元化してある。伊達ら<sup>1)</sup>は実験の結果から横断方向の流速分布が次式で表されるとしている。

$$u/u_c = f(\eta) = \exp(-0.693\eta^2) \quad (1)$$

ここで $\eta = y/B$ である。図-2中に式(1)から求められる流速分布を実線で示す。これより本実験で得られた流速分布も式(1)で良好に表されることがわかる。

また伊達らは、流速の横断分布が式(1)のような相似形で表されることが横断方向に積分した浅水方程式とを用いて、中央流速 $u_c$ と半値幅 $B$ の流下方向分布を求めている。本実験で得られた $u_c$ 及び $B$ の流下方向分布を図-3に示す。図中実線はそれぞれ $u_c$ 及び $B$ の理論値である。理論値は伊達らが用いたもの

と同様に、ポテンシャルコア内で0.08、外で0.12という連行係数が用いられている。理論値は実験値と良好に一致していることがわかる。

## 3-2. 浮遊砂濃度分布

Case1について実験より得られた流軸上( $y=0$ )における浮遊砂濃度の鉛直分布を図-4に示す。

Lane-Kalinskeは鉛直方向の拡散係数を水深方向に平均した一定値を用いることによって、鉛直方向の浮遊砂濃度分布として次の指数分布を導いている。

$$c = c_0 \exp\left(\frac{w_s}{E_z} z\right) \quad (2)$$

ここで $c$ は局所的な浮遊砂濃度、 $c_0$ は基準面濃度、 $w_s$ は浮遊砂の沈降速度、 $E_z$ は鉛直方向の浮遊砂拡散係数、 $z$ は底面を原点にとった鉛直方向の座標である。式(2)で表される浮遊砂濃度の鉛直分布の理論値を図-4中に実線で示す。理論値では $\varepsilon$ として次式が用いられている。

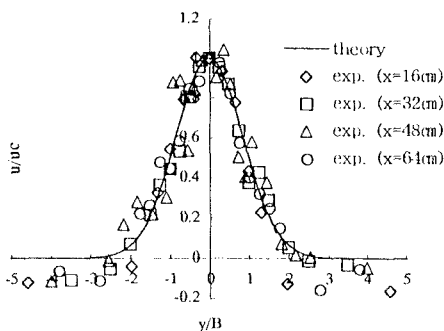


図-2. 実験値と  $f(\eta)$  の比較

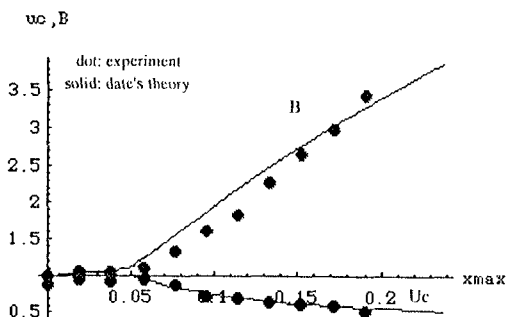


図-3.  $u_c$  と  $B$  の比較

$$\varepsilon_c = 0.1u^*h \quad (3)$$

ここで  $u^*$  は摩擦速度、 $h$  は局所的な水深である。本実験の結果は式(3)を用いることによって式(2)で良好に表されることがわかる。Lane-Kalinskeの用いた浮遊砂拡散係数の水深平均値は式(3)における係数が0.067であったが、本実験の結果はそれより若干大きい0.1となっている。

次にCase1について水深積分された浮遊砂濃度の横断分布を図-5に示す。浮遊砂濃度の鉛直分布の実験から基準面濃度を得ることができ、水深積分された浮遊砂濃度  $\zeta$  が次式から計算できる。

$$\zeta = \int_0^h c \, dz \approx c_0 \frac{\varepsilon_c}{w_s} \quad (4)$$

ここでは水深積分された浮遊砂濃度の横断方向分布は、同じ断面  $x$  における流速分布との関連性が高いと考えられることから次式で与えられるとする。

$$\zeta / \zeta_c = f(\eta)^m \quad (5)$$

ここで  $\zeta_c$  は流軸における水深積分された浮遊砂濃度である。図-5より実験で得られた浮遊砂濃度の横断分布は流速分布より若干外側に分布しており、式(5)で  $m=2/3$  とした場合に対応する図中の破線によく一致していることがわかる。

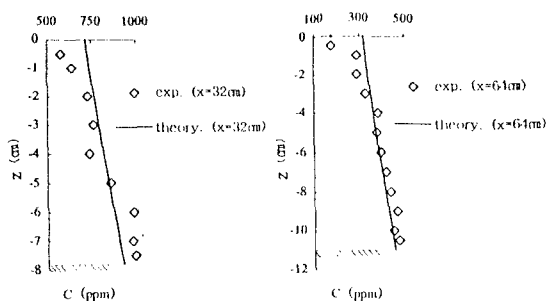


図-4. 鉛直分布の理論との比較

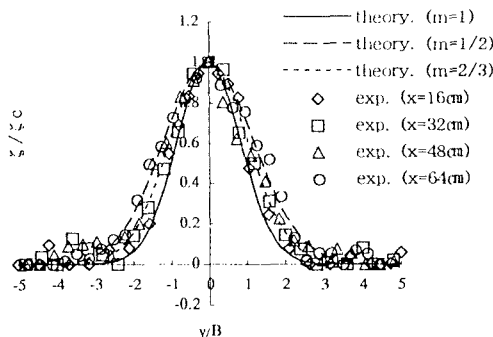


図-5. 実験値と  $f(\eta)^m$  の比較

#### 4. 結論

本研究によって以下のことが明らかとなった。

- (1) 流速の横断方向の分布は正規分布で良好に表される。
- (2) 実験結果から得られた  $u_c$  と  $B$  の流下方向分布は、伊達らの理論によって良好に表され、連行係数はポテンシャルコア内で0.08、外で0.12である。
- (3) 浮遊砂濃度の鉛直方向の分布は、鉛直拡散係数を  $0.1u^*h$  と見積もったときのLane-Kalinskeの指数分布によって良好に表される。
- (4) 浮遊砂濃度の横断方向の分布は、流速の横断分布の2/3乗によって良好に表される。

謝辞：本研究に対し科研費の補助があった。記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 伊達政直, 泉 典洋, 田中 仁：掃流砂・浮遊砂の流出に伴う河口テラスの初期堆積形状, 海岸工学論文集 第44巻, pp. 591-596, 1997.
- 吉川秀夫：流砂の水理学, 丸善, pp. 86-95, 1985.
- 中川博次, 辻本哲郎：新体系土木工学23, 移動床流れの水理, 技報堂, pp. 99-102, 1986.