

II-103

河口周辺の堆砂の解析

東北大学工学部 学生員 ○福士大介
 東北大学大学院 正員 真野 明
 東北大学大学院 フェロー 沢本正樹

1. はじめに

河口周辺の堆砂の状況は非常に複雑であり、現在その解析が求められている。しかし、複雑であるがゆえに実験や実測のみでの解析は困難である。そこで、数値シミュレーションによる解析が必要になってくる。

一方、宮城県南部に河口を持つ阿武隈川では、図-1に白抜き矢印で示すように河口の右岸から沖へ向かって伸びる浅瀬がしばしば出現する。このような浅瀬は常に観測されるものではないが、約二ヶ月に一回撮影されている過去の航空写真によると、季節を問わず半数以上の写真で確認される。この浅瀬は冬頃には細長いもの、夏頃には幅広く大きなものとなる傾向にあり、またその場所はどの写真においても、砕波帯内に存在する。

本研究は河口周辺の簡単なモデルを構築し、この浅瀬への堆砂の計算、評価を行おうというものである。

2. 計算の流れ

(1) 地形のモデル化

河口周辺の地形を単純化して、図-2のようにモデル化する。

(2) 流れの計算

河川流と沿岸流の線形的重ねあわせにより河口周辺の流れとし、流線を求める。河川流はN.Rajaratnam(1976)の2次元噴流の式を準用し、potential core外の v は連続の式から新たに導いた。これに水深変化の補正を行う。

i) potential core 内 ($y < y_1$)

$$\begin{cases} u(x, y) = U_0 \cdot h_0/h \\ v(x, y) = 0 \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

ii) potential core 外 ($y > y_1$)

$$\begin{cases} u(x, y) = U_0 f(\eta) \cdot h_0/h \\ v(x, y) = mU_0 \left\{ (\eta - n)f(\eta) + n - \int_0^\eta f(\eta) d\eta \right\} \cdot h_0/h \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $f(\eta) = \exp(-0.693\eta^2)$, $\eta = (y - y_1)/b$, $m = \tan \alpha_1 + \tan \alpha_2$, $n = \frac{1}{m} \tan \alpha_1$, U_0 :河川流速, また、 y_1 , b は図-2参照。沿岸流にはLonguet-Higgins(1970)の式を用いる。ここで、添字の b は砕波点での値を示す。

$$V = \begin{cases} B_1 X^{p_1} + AX & (0 < X < 1) \\ B_2 X^{p_2} & (1 < X) \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

ただし、 $X = x/x_b$, $V = v/v_0$, $v_0 = (\frac{5\pi\gamma}{16f})(gh_b)(\frac{\sin \alpha_k}{c_b}) \tan \beta$, α : 波の入射角, c : 波速, f : 摩擦係数(0.01), $\gamma = H_b/h_b$, H_b :波高, また、 p_1 , p_2 , A , B_1 , B_2 は β , γ , f の関数である。ここで、底面せん断力は $\tau = \frac{2}{\pi} \rho f u_{max} q$ で求められる。ただし、 u_{max} : 底面における水粒子速度の振幅, $q = \sqrt{u^2 + v^2}$ である。

(3) 堆砂の計算

掃流砂量公式にMeyer Peter-Müller(1948)の式(4)を用い、砂の連続式(5)より流線に沿って堆砂量を計算する。



図-1 1996年7月2日の阿武隈川河口部航空写真

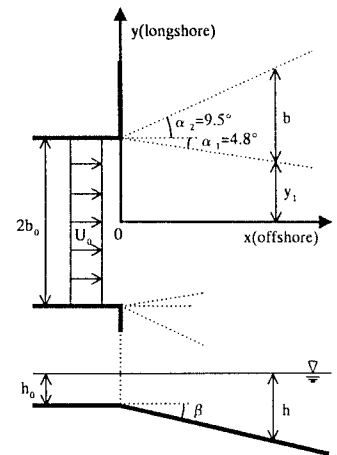


図-2 地形のモデル化

$$q_s = 8\sqrt{sgd^3}(\tau_* - 0.047)^{3/2} \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial \xi}(\tau q_s) - r(1 - \lambda) \frac{\partial z}{\partial t} = 0 \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 q_s : 掃流砂量、 $\tau_* = u_*^2/sgd^3$ 、 $u_* = \sqrt{\tau/\rho}$ 、 $s = \sigma/\rho - 1$ 、 σ : 砂粒密度、 d : 砂粒の直径、 ξ : 流線に沿ってとった距離、 z : 堆砂量、 r : 隣り合う流線の間隔、 λ : 砂の間隙率、せん断力 τ は前述の τ を用いる。

3. 計算に用いた諸条件

1994年1月と9月の条件で、各月の平均外力を用いてそれぞれ3日間の堆砂量の計算を行った。外力として河川流速は建設省阿武隈川岩沼観測所の流量データより計算した値を、沖波条件は仙台新港において観測された波浪データを用いた。河川流速と沖波条件から求めた最大沿岸流速を表-1に示す。1月に比して9月では河川流速が3.9倍、最大沿岸流速が1.8倍と外力がかなり大きくなっている。なお、その他の主なパラメーターとして $d = 0.25\text{ mm}$ を用いた。

表-1 河川流速と最大沿岸流速

	1994年1月	1994年9月
河川流速 $U_0(\text{m/s})$	0.13	0.50
最大沿岸流速 $v_{max}(\text{m/s})$	0.19	0.29

4. 計算結果と考察

計算結果を図-3、表-2に示す。まず堆砂位置についてであるが、両月とも河岸($y = 160\text{ m}$)から沖に向かって細長く堆砂している。また、砕波帯内に堆砂しており、砕波点の沖への移動に伴って堆砂も沖へ伸びていることがその傾向を裏付けていると考えられる。これらは、航空写真に現れている現象と調和しており、堆砂の機構を定性的に再現できたと考えられる。堆砂量については、1月に比して9月は最大堆砂量で約6.1倍とかなり大きくなっている。夏は浅瀬が幅広く形成されており、これも写真の傾向と調和している。これは、9月は波が大きいため沿岸漂砂量が大きく、その漂砂が強い河川流にせき止められたことによると考えられる。

表-2 河岸延長線上($y = 160\text{ m}$)の堆砂量と堆砂位置

	1994年1月	1994年9月
0m以上の堆砂位置 $x(\text{m})$	0~100	0~185
最大堆砂量 (m)/位置 $x(\text{m})$	0.17 / 5	1.02 / 5
砕波点位置 $x_b(\text{m})$	125	213

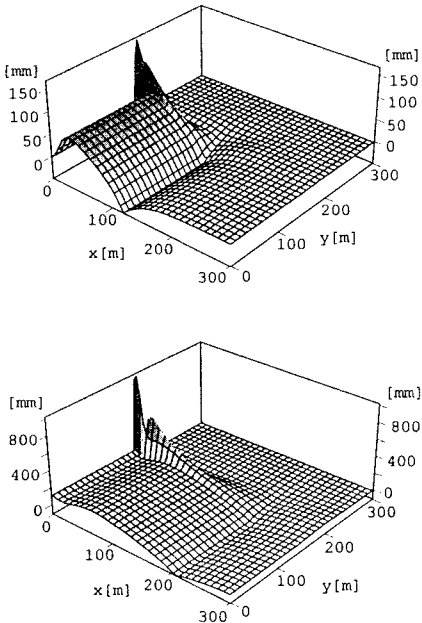


図-3 1994年1月(上)と9月(下)の堆砂量

5. 結論

- 1. 河口周辺の堆砂のモデルを提案した。
- 2. 実現象と調和する点が見られることから、河口周辺の堆砂の機構をある程度再現できたと考えられる。
- 3. 外力の大きな夏期に堆砂量が多く、河岸延長線上の浅瀬も出現しやすい。

参考文献

1) Rajaratnam N. 著, 野村安正訳 : 噴流, 森北出版, 309p., 1981.
 2) Longuet-Higgins M.S. : Longshore currents generated by obliquely incident sea waves,1,2, J.Geoph.Res., 75, pp.6778-6801, 1970.
 3) 河村三郎著 : 土砂水理学 1, 森北出版, 339p., 1982.