

II-62

出水による河口部地形変化の数値計算

東北大学大学院 学生員 ○岡部 健

東北大学工学部 正 員 田中 仁

東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

1. はじめに

洪水時における流路の変動過程を明らかにすることは、水害などの防災上きわめて重要である。しかし特に河口部に発達した砂州周辺の地形変化は複雑であり、それを予測することは困難である。先に著者ら¹⁾は、宮城県仙台市の七北田川を対象にした小規模出水時の数値計算結果を報告した。その後、1989年8月の台風12号による出水で七北田川の砂州がフラッシュされ、その際、詳細な地形データが得られた。そこで、今回はこの時の洪水を対象に計算を行った。

2. 計算方法

今回用いた流れの支配方程式は浅水理論の式であり、次式のように表される。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad \dots \dots (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{g n^2}{D^{1/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad \dots \dots (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{g n^2}{D^{1/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad \dots \dots (3)$$

ここで、 η ：水位、 M 、 N ：(x,y)方向の線流量、 D ：全水深、 n ：Manning の粗度係数である。

河口砂州の側岸部の様に勾配の急な場所では、重力の斜面方向成分による横断方向の流砂量が存在する。

そこで、本計算では福岡・山坂²⁾にならい、以下のように従来の流砂量式に斜面勾配の効果を加味する。

まず、図-1のような縦・横断面勾配をもつ斜面に、縦断方向せん断力 τ_s 、横断方向せん断力 τ_n が作用しているものとする。横断方向勾配角を θ_s 、縦断方向勾配角を θ_n 、そして斜面上の最急勾配角を θ_p とする。この斜面上の砂粒子には、流れによる掃流力 τ_s 、 τ_n 以外に、砂粒子重量の斜面方向成分が付加的な掃流力として作用するので、これを τ' とする。ここで、流砂量式として土研公式³⁾を用いるとすれば、s方向、n方向の流砂量式は次式で表される。

$$\frac{q_{ps}}{\sqrt{sgd^3}} = \phi(n) F \left[\frac{|\tau_s + \tau'|}{\tau_{co}} \right] |\tau_s + \tau'|^{1/2} (\tau_s + \tau_{co}) / \mu_s \sin \theta_s \quad \dots \dots (4)$$

$$\frac{q_{pn}}{\sqrt{sgd^3}} = \phi(n) F \left[\frac{|\tau_n + \tau'|}{\tau_{co}} \right] |\tau_n + \tau'|^{1/2} (\tau_n + \tau_{co}) / \mu_s \sin \theta_n \quad \dots \dots (5)$$

ここに、 $s = (\rho_s - \rho) / \rho$ 、 ρ_s 、 ρ ：砂および水の密度、 g ：重力加速度、 d ：底質粒径、 ϕ 、 F ：佐藤ら³⁾により実験的に定められた係数、 μ_s ：砂の水中静止摩擦角であり、*のついた諸量は $\rho s g d$ で無次元化された掃流力である。なお、移動限界シールズ数 τ_{co} の算定には岩垣の式⁴⁾を用いた。

今回の計算では、 $\mu_s = 0.78$ 、 $d = 0.45 \text{ mm}$ 、 $s = 1.65$ とした。また、Manningの粗度係数は、アシ等の植生のある場所で $n = 0.07$ 、その他の領域で $n = 0.03$ とした。

計算格子間隔は空間方向に $\Delta x = \Delta y = 5.0 \text{ m}$ とし、時間方向にはC.F.L.条件を満たすように、 $\Delta t = 0.5 \text{ sec}$ とした。計算対象は仙台市七北田川河口部であり、再現時間は1989年台風13号による出水が見られた同年8月6日16時20分から6時間とした。非定常計算を行うに先立ち、再現時間の初期の流量と潮位を与え、流れが定常状態になるまで計算を行った。この計算で得られた水位・流速を初期条件として洪水時の計算を行った。境界条件としては計算領域の上流端では実測流量を、下流の沖合境界で

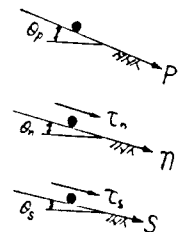


図-1 斜面上の砂粒に働く力。

は実測潮位を与えた。なお計算開始6時間後には250m³/s程度の出水があった。

3. 計算結果

計算開始時とその6時間後の流速ベクトルの様子を図-2と図-3に示す。図中には流速が0.01m/secに満たないところについては表示していない。洪水の発生に伴い、特に最狭部付近で流速の増加が見られる。

図-4と図-5に、図-2中に示した断面A-A'、断面B-B'での横断地形形状と水位及び流速分布の変化を示す。洪水時に最狭部では左岸寄りの水位が右岸のそれより高くなっている。これは、発達した右岸砂州の存在により、河口付近の流路が左岸側に凸の曲率を持っていることによる。

断面A-A'において右岸側の浅瀬に幾分侵食が見られる。これに対し、左岸側は流速が小さく、断面形状の変化は見られない。一方、断面B-B'では断面A-A'とは逆に左岸側の流速が大きくなっている。このため左岸にわずかな側岸侵食がみられる。ただし、この時点では洪水のピーク流量に達していないため、砂州部での越流は生じていない。よって、河口地形に顕著な変化はみられない。

洪水のピークは計算開始後のほぼ12時間後に発生し、そのピーク流量は628m³/sであった。この出水により、現地の河口砂州は完全にフラッシュされた。その時点での計算結果の詳細と実測データとの比較については講演時に示す。

謝 辞： 本研究を行うに際し、貴重なデータを提供して頂いた宮城県仙台土木事務所および運輸省塩釜工事事務所に謝意を表す。本研究に対し、文部省科学研究費（一般研究(C)、代表：首藤伸夫）の補助を受けたことを付記する。

参考文献

- 1). 引地ほか：出水による河口地形変化の数値計算，土木学会東北支部技術研究発表会講演概要，1989.
- 2). 福岡・山坂：なめらかな横断面形状をもつ直線流路のせん断力分布と拡幅過程の解析，土木学会論文 集，No. 351/II-2，1984.
- 3). 佐藤・吉川・芦田：河床砂れきの掃流運搬に関する研究(1)，土研報告，第98号，1958.
- 4). 水理公式集，pp. 222，1985.

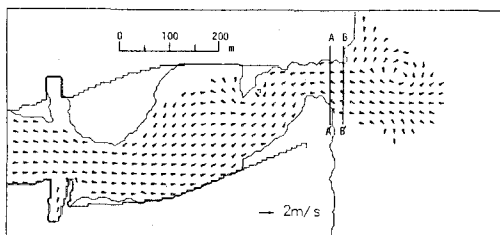


図-2 計算開始時の流速ベクトル。

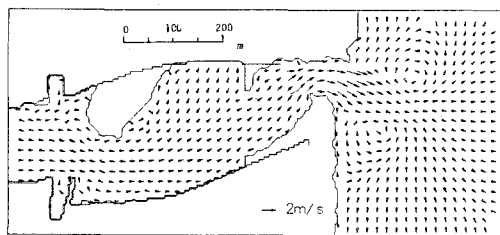


図-3 6時間後の流速ベクトル。

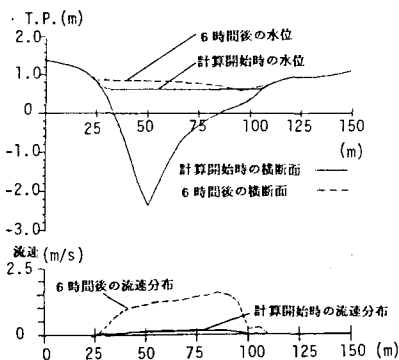


図-4 A-A'における地盤高・水位・流速分布。

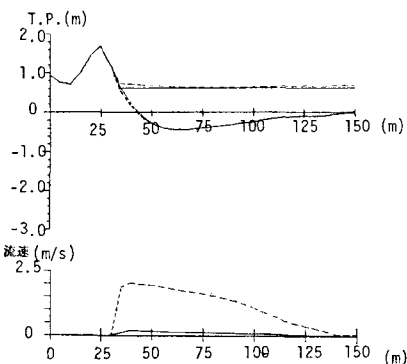


図-5 B-B'における地盤高・水位・流速分布。