

II-303

出水時におけ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13号による大規模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い、実測データとの比較検討を行った。

2. 計算方法

流れの計算は浅水理論に基づき、有限差分法で行った。その支配方程式を次に示す。

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

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + g D \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{g n^2 M}{D^{7/3}} \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + g D \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{g n^2 N}{D^{7/3}} \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

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、流砂量式に斜面勾配の効果を加味した。この流砂量式により算出された流砂量を用いて、次に示す砂の連続式により地盤高の変化が求められる。

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left\{ \frac{\partial q_{Bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{By}}{\partial y} \right\} = 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 z ：地盤高、 q_{Bx} 、 q_{By} ：それぞれx方向、y方向の流砂量である。空隙率 λ は0.4とした。また、流砂量式としては土研公式³⁾を用いた。

今回の計算では、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 $\Delta x = \Delta y = 10.0\text{m}$ とし、時間方向にはC.F.L.条件を満たすように、 $\Delta t = 0.75\text{sec}$ 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11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、下流の沖合境界では実測潮位を図-1の様に変動させて与えた。

3. 計算結果

図-2に、計算開始時と終了時の地盤高の変化を示す。太い実線は計算開始時の水際線を表わす。図中の数字で正の値は堆積を、負の値は侵食をそれぞれ表わす。最狭部左岸寄りの部分と右岸砂州上に顕著な侵食が見られる。前者は発達した右岸砂州の存在により流れが左岸側に曲げられたためであり後者は越流によるものである。また、主に河口前面域に堆積が見られ、河口テラスの形成が認められる。

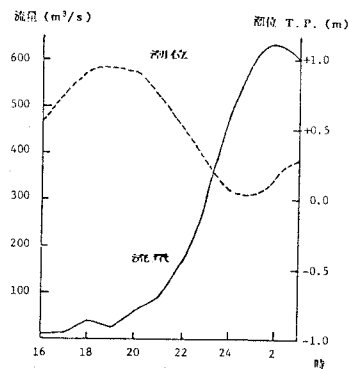


図-1 流量と潮位の時間変化

図-2中に示した断面A-A'での横断地形形状と水位の計算結果、及び同一断面における実測横断地形を図-3に示す。図-3によれば、計算においてT.P. 0.0 m以下の水深の大きい部分では僅かに堆積が見られるが大きな変化は見られない。一方、右岸砂州上では越流による侵食が見られるが、この侵食量も実測による地形と比較すると小さく、流砂量式の検討が必要であると思われる。

図-4に河川内の一地点(図-2の*印)の水位の実測値と計算値との比較を示す。計算開始時には計算値は実測値よりも20 cm程低く、洪水が砂州上を越流する以前においては、この傾向が続く。また、砂州の崩壊が始まるとその崩壊量が実際よりも小さかったために、堰上げ効果により逆に計算水位は実測水位よりも高くなった。計算水位のピーク出現時刻は、洪水流量のそれに比べて幾分早く現れており、砂州のフラッシュを反映した波形となっている。

4. まとめ

今回の計算では、河口部砂州を越流するような大規模出水を対象に流れ場および地形変化の再現を試みた。出水による地形変化を定性的には表現できたが、砂の移動量が実際よりも少なく、計算に用いた流砂量式の検討が必要であると考えられる。

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東土木事務所および運輸省塩釜港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(I), 土研報告, 第98号, 1958.

単位; m

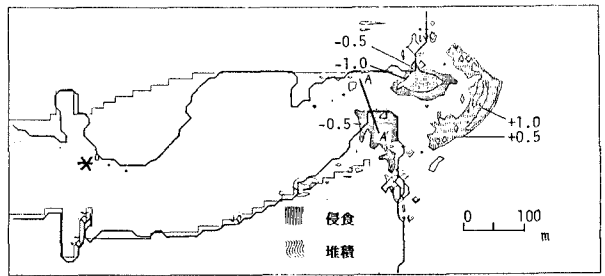


図-2 地盤高の変化

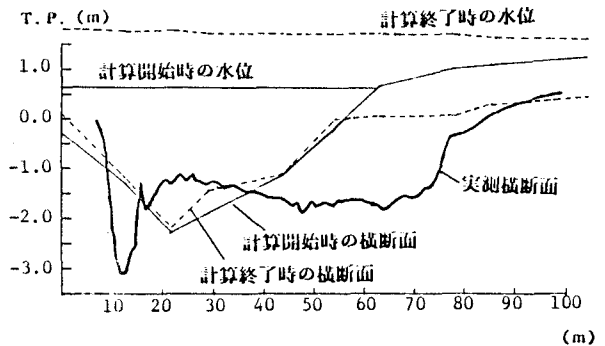


図-3 A-A'における横断面・水位

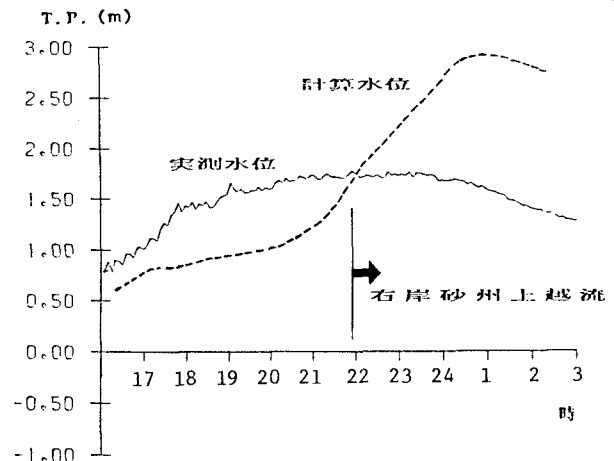


図-4 水位の計算値と実測値の比較