

II—57

七北田川河口砂州フラッシュの数値計算

東北大学大学院 正 員○佐藤勝弘

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

出水時の河口砂州消失過程を定量的に事前評価することは河口処理・防災上重要な課題の1つである。この際に数値計算による予測は有効な方法と考えられるが現在まだ十分な予測精度を持つ計算モデルは提案されていない。そこで、本研究ではより予測精度の高い河口砂州フラッシュ計算モデルの開発を目的として、岡部ら¹⁾による予測モデルに砂移動の非平衡性を考慮すると共に外力として流れに加えて波浪の影響を考慮したモデルを開発した。これを用いて仙台市七北田川における出水時の河口砂州崩壊現象の数値計算を試み、モデルの適用性を検討した。

2. 計算方法

計算は、時々刻々の地形に対する流れの計算、波浪変形計算、非平衡を考慮して流砂量分布を求めこれより新しい時刻の地形を計算する地形変化の計算等の過程を所定の時間まで繰り返すものである。それぞれの計算方法は以下の通りである。

〔流れの計算〕 流れの計算は岡部らと同様に浅水方程式をリーブフロッグ差分法を用いて行った。

〔波の計算〕 波高・波向の分布は流れの影響を考慮して次のWave Actionの保存式、波数の非回転条件をDalrymple²⁾の方法で解いて求めた。碎波帯内では順流時は合田式、逆流時は堺ら³⁾の提案式により碎波限界波高を計算し、その場所の波高とした。

$$\partial(E/\sigma \cdot (C_g \cos \theta + u))/\partial x + \partial(E/\sigma \cdot (C_g \sin \theta + v))/\partial y = 0 \quad \text{----(1)}$$

$$\partial(k \cdot \sin \theta)/\partial x - \partial(k \cdot \cos \theta)/\partial y = 0 \quad \text{----(2)}$$

ここに、Eは波エネルギー密度、 σ は流れと共に動く座標系での波の角振動数、 u, v は流れの速度成分、 C_g は波の群速度、 θ は波向、 k は波数である。

〔地形変化の計算〕 砂州崩壊現象は砂移動の外力となる流れ・波の時間的変化及びこれに伴う地形変動の時間的変化が大きいため砂移動においても非平衡性を考慮する必要がある。このため、本計算では邵ら⁴⁾の斜面上での非平衡流砂量式を2次元に拡張して、次式より流砂量を求めた。

$$\cos \theta_s \cdot \partial(q(\tau - \tau_c)^{1/2})/\partial x + \sin \theta_s \cdot \partial(q(\tau - \tau_c)^{1/2})/\partial y = K/(\tau - \tau_c)^{1/2} \cdot (q_E - q) \quad \text{--(3)}$$

ここに、 q は非平衡流砂量、 θ_s は砂移動方向、 q_E は平衡流砂量、 τ は掃流力、 τ_c は限界掃流力、 K は砂の特性、海底勾配等によって決まる係数である。

流れによる流砂量分布と波による流砂量分布量を別々に求めこれを合成し流砂量分布とした。水平床での平衡流砂量は流れによるものは邵らに習い Meyer Peter-Muller式を、波によるものは田中ら⁵⁾の提案式と同形式のものを用いて計算した。底面せん断力の評価式は田中・首藤式を使用した。なお、砂移動の方向は平衡状態での砂移動方向とした。

式(3)の解法は差分法で行い、上流側で境界条件として平衡流砂量を与え砂移動方向に順次解くことにより流砂量分布を求めた。具体的には、図-1(a)(b)に示すように上流側の(j-1)列まで流砂量が既に求まっている場合の点(i, j)での流砂量は砂移動方向に対して上流側の2点を既知点として式(3)を差分化して求めた。なお、図-1(c)の場合のように隣合う2点の移動方向が異なる場合には点(i, j)と点(i+1, j)の差分式を連立して解いた。計算は、流れの場合は河川側から海側の列へ進め、波の場合はその逆とした。

3. モデルの適用

1990年台風19号の出水時の七北田川河口部での砂州崩壊現象を計算対象とした。計算期間は1990年9月20日1:00からの9時間とした。図-2にこの期間の実測された流量、水位、波高の時系列を示す。また、図-3に計算の初期地形図を示す。図-4は出水前後の河口最狭部付近の横断面の測定結果であり、河口砂州は完全にフラッシュされている。境界条件としては、流れの計算では計算領域上流端で実測河川流量を、下流の海側境界では仙台南港の実測潮位に汀線付近のWave-setup量(沖波波高の0.1倍)を加えた水位を与えた。また、波の計算では海側境界の波高・周期として気象庁江ノ島(宮城県)で測定された諸元を与えた。なお、波向きについては直角に入射するものとした。

詳細な計算結果と実測データとの比較は講演時に示す。

参考文献: 1)岡部, 田中, 首藤:出水時における河口部地形変化の数値計算, 土木学会第45回年次講演会概要集, 1990 2)Dalrymple R.A.:Model for Refraction of Water Waves., J. Wtrwy., Port, Coast., and Oc., Engrg., ASCE, 1989 3)堺, 小林, 小池:逆流が存在する斜面上での砕波限界, 海岸工学論文集, 1989 4)邵, 田中, 首藤:非平衡流砂運動に伴う砂州崩壊, 水工学論文集, 1991 5)田中, 吉竹, 首藤:波・流れ共存場における底質分級の数値計算, 海岸工学論文集, 1989

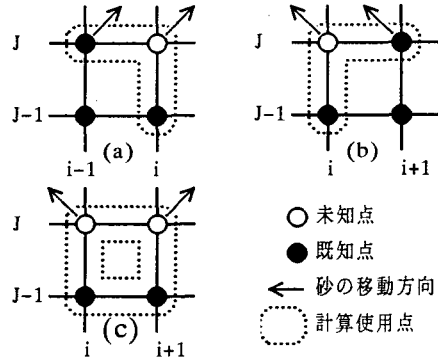


図-1 差分使用格子点

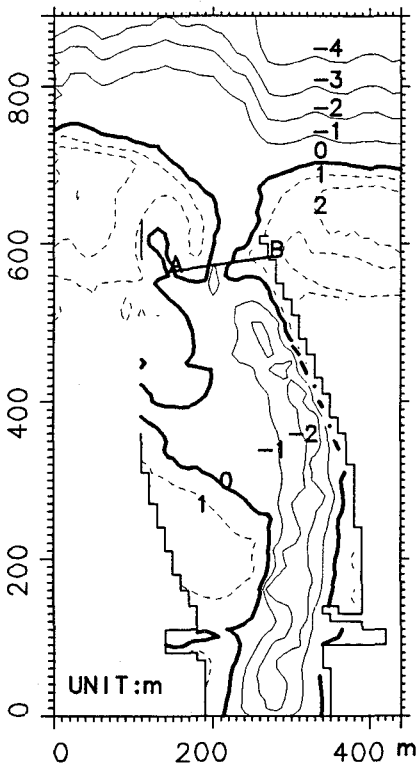


図-2 初期地形図

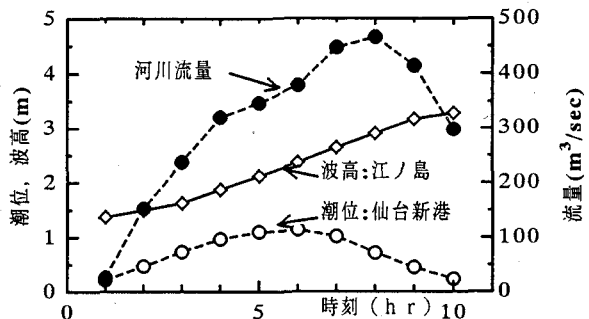
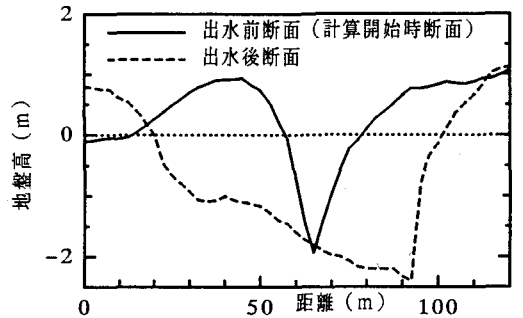


図-3 外力時系列図(1990年9月20日)



(A) 図-4 出水前後の最狭断面図 (B)