

放物型方程式によるOne-Line理論による 海浜変形に関する数値計算

金沢大学 正会員 石田 啓
金沢大学 大学院○李 鷗

1. 緒言 近年、港湾建設に伴う隣接海浜の決壊などの多くの事例に見られるように、海浜変形の問題は災害の色を濃くしている。海浜変形は漂砂問題に関連して最も要請の高い課題である。海浜変形の予測は、波浪、海浜流および漂砂に関する多くの研究成果の最終目標の一つであり、それに関するいくつかの数値モデルが研究されている。従来広く使われている数値モデルは、波動場の計算を緩勾配方程式を用いて解き、海浜変形計算には1-Lineモデルを使う方法である。本研究では、楕円型緩勾配方程式において反射波を無視して誘導される放物型方程式を用い、一様勾配斜面上の離岸堤背後の波浪場を計算し、この波を用いた時の碎波点における波高と波向の計算を行う。次に、この波浪場における沿岸漂砂量および海岸線変化を、1-Line理論を用いて計算する。

2. 数値計算モデルの基本式

(1) 波浪変形 沿岸方向にy軸をとり、岸向きを正とした岸沖方向をx軸とする。緩勾配方程式 $\nabla(C C_g \nabla \zeta) + \omega \zeta$ と $C_g/C=0$ において、自然海浜からの反射波を無視し、構造物が存在する海域に進入してくる規則波のみを考慮すると、次式の放物型方程式が誘導される。

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + 2 i k_0 n + \frac{\partial \phi}{\partial x} + f \phi = 0 \quad (1)$$

ここに $\phi = \zeta (C C_g)^{1/2} e^{-i k_0 x}$ は複素ポテンシャルであり、 $\zeta(x, y)$ は波高平面分布関数である。 k_0 は沖波の波数、 $n = k/k_0$ 、 $f = k_0 n \{2(n-1) + i \partial \ln(n) / (k_0 \partial x)\}$ である¹⁾。

(2) 海浜変形 沖向きを正とした岸沖方向をx軸とすると、1-Line理論の土砂量保存則に基づいた海岸線の位置 x_s と土砂移動量の関係式は、次式のように表される。

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} + \frac{1}{D_s} \left(\frac{\partial Q}{\partial y} - q \right) = 0 \quad (2)$$

ここにQは空隙を含む沿岸漂砂量、 D_s は漂砂帯端部水深、qは岸沖方向の土砂移動量である。構造物近傍の漂砂算定式は、一般に、 $Q = (H^2 C_g) b (K_1^* \sin 2 \alpha_{bs} - K_2^* \cos \alpha_{bs} \partial H_b / \partial y)$ で与えられる。これらの式(1)および式(2)に対してCrank-Nicolson型陰解法を用いた差分計算を行う。この際、境界条件や初期条件 ϕ_j^0 、 Q_j^0 を与えると、差分式の係数は三重対角行列式となるので、効率的に計算することができる。なお、碎波角 α_b と α_s は十分小さく、岸沖漂砂量は時間によって一定であると仮定する²⁾。

3. 数値計算による検討

(1) 計算条件 図-1に計算領域を示す。また、計算条件は、海浜勾配1/15、沖側入射波を沖波波高 $H_0 = 4.0$ cm、周期 $T_0 = 0.57$ sec および沖波波長 $L_0 = 50.0$ cmとし、初期汀線から沖側150cmの位置に堤長100cmの離岸堤を設置した場合を想定する。差分計算に際し、対象領域および時間のメッシュ間隔が問題となるが、本研究においては、一般によく用いられている値である $\Delta x = 0.05 L_0$ 、 $\Delta y = 0.05 L_0$ 、 $\Delta t = 12.0, 24.0, 36.0$ および 48.0 sec を用いて計算を行なった。

(2) 波浪場計算 離岸堤背後の中心点を $\phi = 0$ 、中心点以外の他の点を $\partial \phi / \partial n = 0$ と与え、それ以外の波浪境界条件を $\phi = 1.0$ として計算を行う。図-2(a)~(d)は、それぞれ水深 $h = 9.5, 8.0, 6.5$ および 5.0 cm における各水深断面の離岸堤背後の波高変化図である。縦軸は相対波高 H/H_0 であり、横軸は沿岸方向距離y

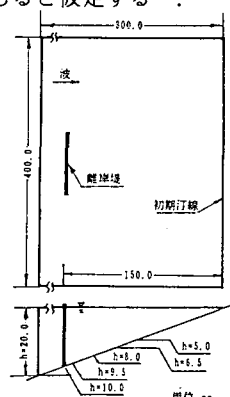


図-1 計算領域

を沖波波長 L_0 で除した無次元量であり、離岸堤は、 $y/L_0 = 3.0 \sim 5.0$ の間に設置されている。図の波高分布には、かなりの計算値の乱れが混入しているが、これは、離岸堤背後の回折波の算出に際し、差分計算に起因する誤差が混入したためと思われる。そのため、この結果から直接波向きを算定するのは困難であり、したがって、これらの計算結果に対して平滑化を行なった。図-3 (a)~(d) にその結果を示すと、これらは従来の離岸堤背後の回折や屈折の実験値と比較的良く一致している。

(3) 汀線変化計算 図-4 (a)~(d) は波動場の計算結果を用いて離岸堤背後の碎波式を誘導し、汀線変化を計算した結果である。縦軸が時間変化に対する汀線の変化量であり、横軸および離岸堤の設置位置は図-1 と同様とした。側方開境界条件の設定方法に起因すると思われる横軸両端における若干の汀線変化の乱れが生じることおよび、汀線の時間的変化が急激すぎる不自然さがあるが、定性的には、従来の研究と比較的良く一致する離岸堤背後のトンボロの成長が確認された。

参考文献：1) Rdder, A. C: On the parabolic equation method for water-wave propagation, Jour. Fluid Mech., Vol. 95, pp. 159~176, 1979. 2) 本間 仁監修/堀川 清司編 海岸環境工学 第4編 海岸線変化の予測モデル, pp. 305~363, 1985.

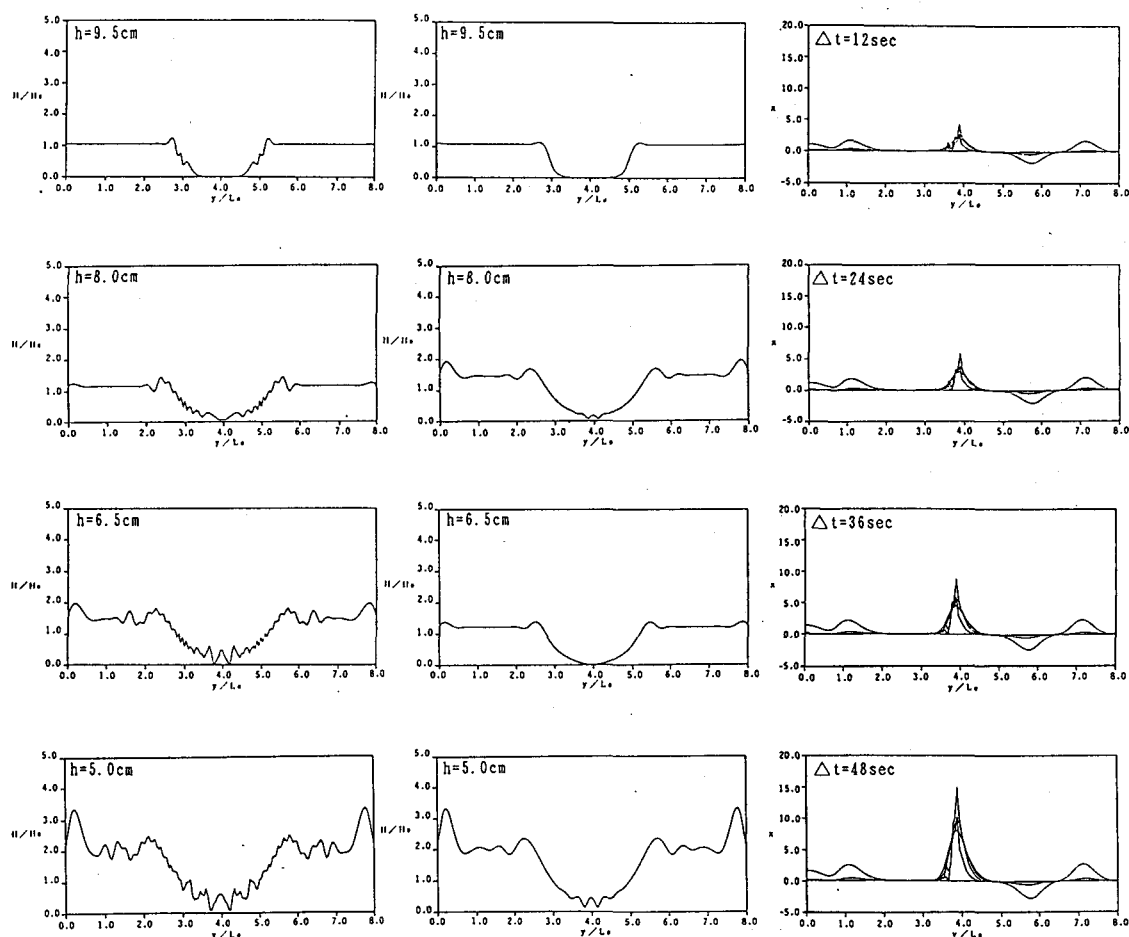


図-2 波高分布断面図
(平滑化前)

図-3 波高分布断面図
(平滑化後)

図-4 汀線変化図