

伊良湖西の浜海岸の海浜地形変化予測について

玉野総合研究所(株) 正会員 村上 宗隆
 名古屋大学大学院 ○ 西田 哲哉
 名古屋大学大学院 フォロー 岩田 好一朗

1. はじめに: 伊良湖西の浜海岸は、愛知県渥美郡渥美半島の西端に位置し、南の伊良湖岬と北の立馬崎に挟まれた、全長 7 km の直線海岸である。侵食性の海岸として知られ、古くから海岸保全事業として、漂砂制御のための離岸堤が施工されてきた。西の浜海岸には今後も離岸堤が建設されることが予測され、離岸堤による海浜地形変化を予測することは非常に重要である。前報¹⁾では西の浜地区近傍で観測された風のデータや深浅測量結果を用いて、西の浜海岸で実際に生じている物理現象について報告した。本研究では、前報で得られた知見を基に数値計算による海浜地形変化予測を行い、今後の西の浜海岸の整備に資するものである。

2. 海浜地形変化予測手法: 前報より、西の浜海岸では波高の計測は行われていない。そのため時化等の波浪の詳細な状況を推定することは困難である。また、設置されている構造物は離岸堤のみであるため、構造物による多重反射等の複雑な現象は生じない。そこで本研究では、海浜地形変化の推算において波浪場を求める手法として、定常解析を行う場合に計算時間が短いモデルの一つとして放物型波動方程式を用いた。また、従来の放物型方程式では考慮していなかった反射波の影響や離岸堤の越波現象を、水理実験により検証し、放物型波動方程式のモデルに組み込むものとする。

3. 水理模型実験: 伊良湖西の浜海岸に設置される離岸堤を想定して水理模型実験を行った。実験は移動床実験と固定床実験の2種類行い、波高分布及び底面から 1.5cm 離れた地点での流速を計測した。また移動床実験では、波作用後 6 時間後に形成される海浜地形を計測した。6 時間後の状態は、地形変化が小さくなり海浜地形がほとんど平衡状態と判断できる状態であった。発生波の条件は2種類変化させ、構造物は天端高を静水深と同一にして越波が背後に影響を及ぼすケースと、天端を嵩上げて越波を許容しないケースの2ケースを用いた。

4. 放物型波動方程式の利用: 放物型波動方程式は、屈折・回折現象を同時に扱える緩勾配方程式のひとつの解析手法として提案された式である。本研究では、磯部ら²⁾が提案した波向線を用いた直行曲線座標形による解析手法を用いる。緩勾配方程式の基礎式は、次のように表すことができる。

$$\nabla(G\nabla\phi) + k^2 G\phi = 0 \quad (1)$$

ここに、 ϕ : 水面変動の複素振幅($\eta = \phi(x, y) \cdot e^{i\sigma t}$)、 $G = C \cdot Cg$ 、 C : 波速、 Cg : 群速度である。(1)式に Radder³⁾ にならい、水面変動の複素振幅 ϕ が、波向線に沿って正方向に進む成分と、逆方向に進む成分の和として表される、そして、波向線に沿って正負方向に進む各々の成分 $\phi^\pm$ は、複素振幅 ϕ と、その進行方向微分 $\partial\phi/\partial x$ の線形和で表されるとして以下の2つの式を仮定する。

$$\phi = \phi^+ + \phi^- \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} \phi^+ \\ \phi^- \end{pmatrix} = T \begin{pmatrix} \phi \\ \partial\phi/\partial x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \phi \\ \partial\phi/\partial x \end{pmatrix} \quad (3)$$

ここに、 x は進行方向に沿う座標軸を表し、 T は、Splitting Matrix と呼ばれるマトリックスである。この(2)式、(3)式を(1)式に代入すると、次式のように変形できる。

$$\begin{pmatrix} \partial\phi^+/\partial x \\ \partial\phi^-/\partial x \end{pmatrix} = F \begin{pmatrix} \phi^+ \\ \phi^- \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_{11} & F_{12} \\ F_{21} & F_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \phi^+ \\ \phi^- \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$F_{11} = ik - \frac{1}{2kG} \frac{\partial(kG)}{\partial x} + \frac{i}{2kG} \frac{\partial}{\partial y} \left(G \frac{\partial}{\partial y} \right) \quad (5.1)$$

$$F_{12} = \frac{1}{2kG} \frac{\partial(kG)}{\partial x} + \frac{i}{2kG} \frac{\partial}{\partial y} \left(G \frac{\partial}{\partial y} \right) \quad (5.2)$$

$$F_{21} = \frac{1}{2kG} \frac{\partial(kG)}{\partial x} - \frac{i}{2kG} \frac{\partial}{\partial y} \left(G \frac{\partial}{\partial y} \right) \quad (5.3)$$

$$F_{22} = -ik - \frac{1}{2kG} \frac{\partial(kG)}{\partial x} - \frac{i}{2kG} \frac{\partial}{\partial y} \left(G \frac{\partial}{\partial y} \right) \quad (5.4)$$

(4)式より、 F_{12} と F_{21} は $\phi^\pm$ の相互干渉を表す項であることがわかる。工学的見地より、相互干渉の効果が小さいと仮定すると、(4)式は次式のように表すことが出来る。

$$\frac{\partial \phi^+}{\partial x} = \left[ik - \frac{1}{2k} \frac{\partial(kG)}{\partial x} + \frac{i}{2kG} \frac{\partial}{\partial y} \left(G \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] \phi^+ \quad (6.1)$$

$$\frac{\partial \phi^-}{\partial x} = \left[-ik - \frac{1}{2kG} \frac{\partial(kG)}{\partial x} - \frac{i}{2kG} \frac{\partial}{\partial y} \left(G \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] \phi^- \quad (6.2)$$

(6.1)式及び(6.2)式によって単独に $\phi^\pm$ をもとめた後、2量を加算して水面変動の複素振幅 ϕ を求めた。反射波成分 ϕ^- を求める場合には、構造物沖側端より冲向き出した波向線によって直行曲線座標を作成して各点における ϕ^- を逐次求める。反射波の境界条件は、水理模型実験での波高分布の計測結果を基に同定して反射率を決定した。

5. 計算結果： 図-1に放物型波動方程式を用いて再現した波高分布を示す。図中左が沖側を示す。(a)の計算結果は、 $x=0.9(\text{m})$ 付近で波高が急激に減少している事がわかる。これは $x=0.9(\text{m})$ 付近で浅で碎波減衰項が付加されているためである。(b)の水理実験では数値計算ほどの減衰は生じていないことがわかる。また、(b)より、構造物背後の $x=0.8(\text{m}), y=0.0(\text{m})$ 付近で波高の大きな地点が生じているが、この地点は(a)で構造物両端からの回折波に起因する波高の増大が生じている地点とほぼ同じであることがわかる。今後、実験データにより反射率等の条件を同定する必要がある。

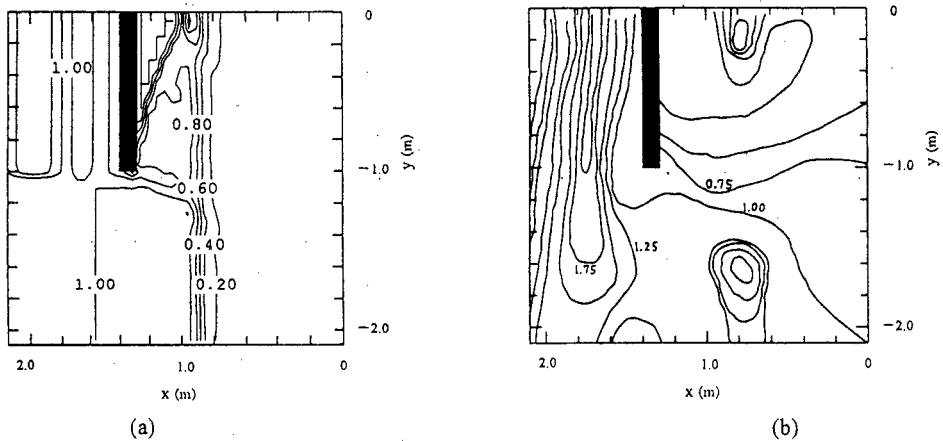


図-1 波高分布図

7. おわりに： 以上、本研究では、放物型波動方程式を用いて、工学的見地より相互干渉の効果が小さいと判断することにより、反射波領域を簡便に求める手法を提案した。また現地に適応する際に必要な反射率を水理実験により同定した。ここには水理実験による検証結果のみを示したが、現地への適用と海浜地形変化予測結果は講演時に発表する予定である。

<参考文献> 1)村上・青木・西田・岩田(1995):西浜海岸の海浜地形に関する一考察, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集 pp.257-258 2)磯部(1987):波向線座標系における放物型方程式を用いた屈折・回折の計算法, 第32回海岸工学講演会論文集, pp.138-142 3)Radder, A.C(1979): On the parabolic equation method for water-wave propagation, J.Fluid Mech., Vol.95, pp.159-176