

透過・不透過離岸堤周辺の波浪変形と海浜変形

愛媛大学工学部 正 員 伊福 誠
愛媛大学大学院 学生員 弓山 泰
愛 媛 県 宮内成司

1. はじめに

これまで、波と構造物の干渉に起因する地形変化については、一次元あるいは二次元を対象として、主として水槽実験によって行われてきた。しかしながら、波の遡上あるいは海浜や構造物の反射をも考慮し、さらには、波や流れによる地形変化をフィードバックした波浪や流況の予測法は確立されたとは言いがたい。こうしたことから、本研究では傾斜海浜に透過・不透過離岸堤を築造した場合、離岸堤周辺の背後に形成されるトンボロや部分重複波が生ずる領域に形成される交互砂州状の地形変化に及ぼす堤体の設置位置や透過性の影響について、平面二次元を対象として数値解析的に調べる。

2. 波浪変形

2.1 基礎方程式

静水面を x 軸、 x 軸と直角方向に y 軸をとると、連続の式は

$$\eta_t + \{(u\bar{h})_x + (v\bar{h})_y\} / \lambda = 0 \quad (1)$$

と表せる。ここに、 η は水面変動量、 λ は透過性構造物の空隙率、 u 、 v は x 、 y 方向の流速成分、 $\bar{h}$ は水位 ($\bar{h} = h + \eta$; h : 静水深) である。なお、添字の x 、 y と t は場所と時間に関する微分を意味する。

また、運動方程式は

$$\begin{aligned} u_t + (uu_x + vu_y) / \lambda + g\lambda\eta_x \\ = - (gS_x + Ku\sqrt{u^2 + v^2}/D) / \lambda \\ v_t + (uv_x + vv_y) / \lambda + g\lambda\eta_y \\ = - (gS_y + Kv\sqrt{u^2 + v^2}/D) / \lambda \end{aligned} \quad (2)$$

と表せる。ここに、 g は重力の加速度、 S_x 、 S_y は摩擦勾配であり、Manningの抵抗則が成立するものとすれば次式で与えられる。

$$\begin{aligned} S_x &= n^2 u \sqrt{u^2 + v^2} / \bar{h}^{4/3} \\ S_y &= n^2 v \sqrt{u^2 + v^2} / \bar{h}^{4/3} \end{aligned} \quad (3)$$

ここに、 n は Manning の粗度係数である。

また、 D は透過堤体内の礫の代表径、 K は透過堤体による摩擦損失係数である。摩擦損失係数は Stephanson (1979) の実験式を用いて評価する。

$$K = \begin{cases} 800\lambda/R_e & : R_e < 10^2 \\ 800\lambda/R_e + K_t & : 10^2 < R_e < 10^4 \\ K_t & : R_e > 10^4 \end{cases} \quad (4)$$

ここに、 $R_e = D\sqrt{u^2 + v^2}/\nu$ (ν : 動粘性係数)、 K_t は礫の粗さによって決まる定数である。

なお、解析には特性曲線法を用いる。

2.2 初期条件および境界条件

初期条件は次式とする。

$$\begin{aligned} \eta(x, y, 0) &= 0 \\ u(x, y, 0) &= 0, \quad v(x, y, 0) = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

沖側の境界条件としては次式を採用する。

$$\bar{h} = h + \eta(0, y, t) \quad (6)$$

また、側方の境界条件は次式とする。

$$\partial(v\bar{h})/\partial y = 0 \quad (7)$$

なお、岸側の境界条件は移動境界条件を用いる。

2.3 解析結果

図-1に示すような海浜を解析対象とする。離岸堤の天端の x 方向の幅 B 、 y 方向の幅 W は 10 m および 100 m とする (表-1)。初期波としては、波高 1 m、周期 8 s の Stokes 波を与える、空間きざみ Δx 、 Δy は 2 m、時間きざみは 0.2 s とする。また、摩擦勾配を評価する際の Manning の粗度係数は $0.04 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ とする。

離岸堤の透過性が波高分布に及ぼす影響について検討したのが図-2であり、図の左側半分が Case 1、右側半分が Case 2 である。両者ともに離岸堤沖側に部分重複波が生じるが、その波高は Case 2 より Case 1 の方が大きい。部分重複波の最大波高が生じる地点間の距離は堤体に近づくほど短く、Case 1 と Case 2 の間にその差はほとんどない。開口部での波高は、Case 1 より Case 2 の方が高い。

3. 海浜変形

3.1 漂砂量式

漂砂量式は net の漂砂量に対して得た渡辺ら (1984) の漂砂量式を任意の時間にも適用できるように修正した伊福ら (1991) の方法を用いる。

3.2 漂砂の連続式

底勾配の効果を考慮した 2 次元の漂砂の連続式は

次式で表せる。

$$\frac{\partial Z_B}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left(q_{wx} - \varepsilon |q_{wx}| \frac{\partial Z_B}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(q_{wy} - \varepsilon |q_{wy}| \frac{\partial Z_B}{\partial y} \right) \quad (8)$$

ここに、 Z_B は任意の高さを基準にした局所的底面高さ、 q_{wx} 、 q_{wy} は岸沖、沿岸方向漂砂量、 ε は正の係数である。

3.3 初期条件および境界条件

初期条件は

$$Z_B(x, y, 0) = Z_r \quad (9)$$

とする。 Z_r は基準面から海底までの高さである。

沖側の境界条件としては次式を採用する。

$$\partial q_x / \partial x = 0 \quad (10)$$

一方、岸側の境界条件は

$$q_x = 0 \quad (\text{任意の時刻の汀線}) \quad (11)$$

とする。

また、側方の境界条件は

$$\partial^2 q_y / \partial y^2 = 0 \quad (12)$$

とする。

3.4 解析結果

図-3は、計算開始後10周期目の離岸堤周辺の等深線をオイラー的な平均流速のベクトル図とともに示したものである。左半分の図にみられるように、離岸堤の背後では僅かではあるが汀線や0.1 mの等深線が前進し、トンボロが形成される地形変化をして

いる。また、開口部においては汀線は僅かではあるが初期汀線より後退している。右半分のベクトル図をみると、離岸堤中央断面では離岸堤に向かう0.1 m程度の離岸流が形成されている。また、開口部には弱い向岸流がある。なお、離岸堤の沖側には弱い循環流がある。こうした平均流の局所的な流向・流速の違いもトンボロの形成に関与しているのではないかと考える。

図-4は図-1に示す離岸堤中央断面における地形変化を示したものである。堤体の前面では部分重複波の最大波高および最小波高が生ずる位置で、それぞれ、堆積量および洗掘量が大きい。また、堆積量および洗掘量は不透過の場合が大きい。

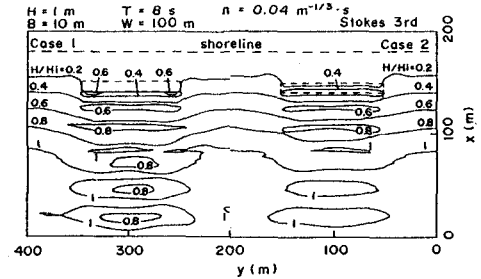


図-2 波高の空間分布（堤体の透過性による比較）

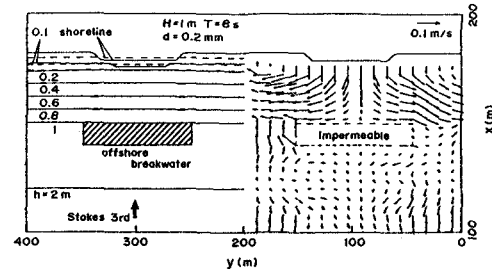


図-3 地形変化

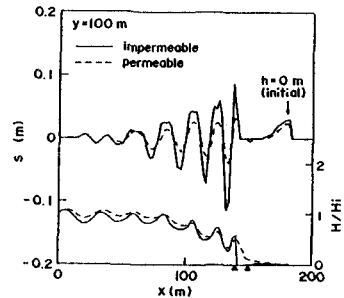


図-4 洗掘・堆積の縦断分布(H=1 m)

図-1 離岸堤を築造した海浜形状

表-1 離岸堤の諸元

	l (m)	X_s (m)	λ	D (m)	K_t
Case 1	100	30	0	-	-
Case 2	100	30	0.4	0.5	1
Case 3	25	30	0	-	-
Case 4	25	30	0.4	0.5	1
Case 5	100	60	0	-	-
Case 6	100	60	0.4	0.5	1