

潜堤周辺の地形変化に及ぼす人工海藻の効果

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
東洋ゴム工業(株) 大田 孝

1. はじめに

近年、剛な構造物に変わるシステムとして、人工海藻を用いた柔な構造物が提案されている。しかしながら、その実用化に当たっては検討されるべき問題も多い。また、これまでの研究で使用された人工海藻は葉状であり、生物の付着などによる倒壊の可能性も考えられる。

そこで、小田ら(1991)が用いた人工繊維を取り付けた人工海藻を、従来から局所洗掘が生じることが報告されている剛な構造物の堤脚部に設置し、堤脚部近傍の局所洗掘に及ぼす人工海藻の効果について数値解析的に検討する。

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

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

と表せる。ここに、 η は水面変動量、 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

$$\begin{aligned} u_t + u u_x + v u_y + g \eta_x \\ = -g S_x - (C_D C_{vx} u \sqrt{u^2 + v^2})/2 \\ v_t + u v_x + v v_y + g \eta_y \\ = -g S_y - (C_D C_{vy} v \sqrt{u^2 + v^2})/2 \end{aligned} \quad (2)$$

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。

C_D は抗力係数であり、松原ら(1990)の実験式を用いて評価する。

$$C_D = 9.84 \text{Re}^{-0.36} \quad (4)$$

ここに、 Re はレイノルズ数 ($\text{Re} = u d_N / \nu$; u : 流速、 ν : 動粘性係数、 d_N : 人工海藻素繊維の直径) である。

また、 C_{vx} 、 C_{vy} は人工海藻の面密度である。

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。

$$\eta(x, y, 0) = 0 \quad (5)$$

$$u(x, y, 0) = 0, \quad v(x, y, 0) = 0$$

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。潜堤の天端水深 h_s は1.5 m、天端のx方向の幅B、y方向の幅Wは20 mおよび100 m、2基の潜堤の開口幅lは72 mとする。ここでは表-1に示す領域に人工海藻を設置した場合について述べる。初期波として、波高1 m、周期10 sの微小振幅波およびStokes波を与える。空間きざみ Δx 、 Δy は1 m、時間きざみは0.1 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。

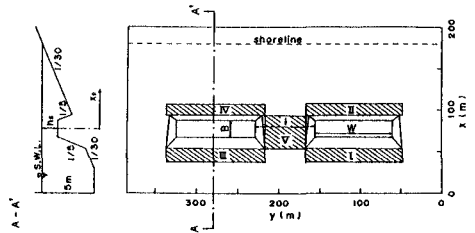


図-1 海浜形状

表-1 人工海藻の設置位置および設置範囲

Case		I	II	III	IV	V
0	X(m)	---	---	---	---	---
	Y(m)	---	---	---	---	---
4	X(m)	38-54	94-108	38-54	94-108	54-94
	Y(m)	48 ~ 168	216 ~ 336	168-216		

註: Case 0は人工海藻無し

Stokes波を対象とした場合に、人工海藻の設置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、図の左側半分および右側半分は、それぞれ、Case 4およびCase 0である。潜堤堤脚部および開口部の人工海藻設置範囲で、波高はかなり低減する。また人工海藻

の沖に人工海藻からの反射波による部分重複波が生じる。

Stokes波を対象とし、人工海藻の設置範囲を岸沖方向に変化させた場合の、潜堤中央断面における波高の低減率について示したものが図-3である。人工海藻の設置面積が広くなるにつれて、波高は低くなる。

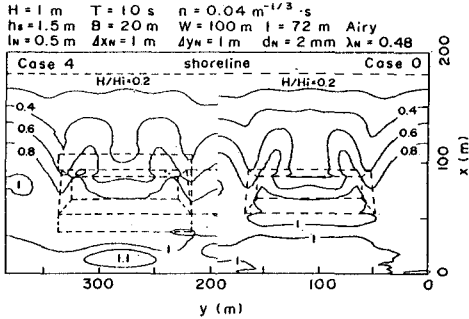


図-2 波高の空間分布（人工海藻の有無による比較）

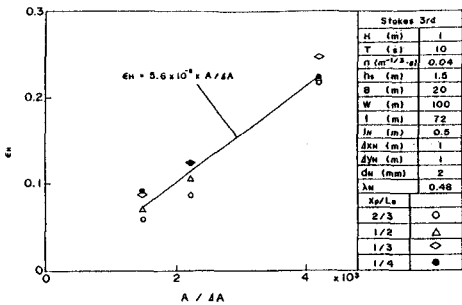


図-3 波高の低減効果

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、 λ_E は砂の空隙率、 ε は正の係数である。なお、岸沖漂砂量 q'_{wx} 、沿岸漂砂量 q'_{wy} は次式で算出する。

$$q'_{wx} = \lambda_N q_{wx}, \quad q'_{wy} = \lambda_N q_{wy} \quad (9)$$

ここに、 λ_N は人工海藻の開口率、 q_{wx} 、 q_{wy} は伊福らの方法で算出した岸沖および沿岸方向漂砂量である。

3.3 初期条件および境界条件

初期条件は

$$Z_B(x, y, 0) = Z_r \quad (10)$$

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。

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} = 0 \quad (11)$$

一方、岸側の境界条件は

$$q_x = 0 \quad (\text{任意の時刻の汀線}) \quad (12)$$

とする。

また、側方の境界条件は

$$\frac{\partial^2 q_y}{\partial y^2} = 0 \quad (13)$$

とする。

3.4 解析結果

人工海藻の漂砂制御効果を洗掘・堆積土量で評価する。まず、図-4に示すような1つの計算格子内の洗掘・堆積量を線形近似で計算し、それを基に洗掘土量および堆積土量を算出する。

このようにして求めた洗掘土量をもとに、Stokes波を対象とした場合の人工海藻の設置による漂砂制御効果について検討したものが図-5である。波が人工海藻に対して直角入射する場合を対象とすると、人工海藻を開口部のみに設置した場合に比べて、人工海藻を潜堤堤脚部に設置した場合は、その設置面積によらず洗掘土量が大幅に減少することがわかる。

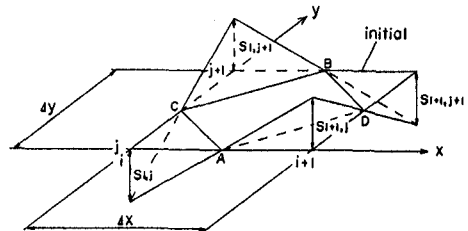


図-4 1格子内の土量算定法

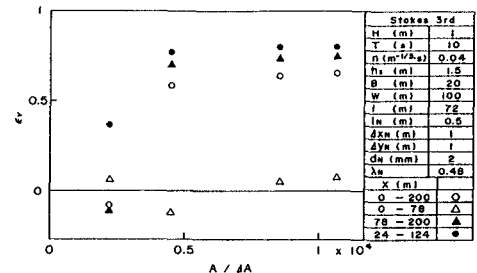


図-5 洗掘に対する漂砂制御効果