

人工海藻の波高低減効果と周辺流速場

愛媛大学工学部 正 員 伊福 誠
愛媛大学大学院 学生員 〇米澤泰雄

1. はじめに

近年、各種の化学繊維を使った人工海藻による波浪や漂砂の制御に関する研究が室内実験で行われている。

こうした人工海藻に関する研究は、従来の剛な構造物による波浪や漂砂の制御から脱却し、柔な構造物にそれらの制御を期待するとともに、その築造によって生ずる副次的な効果によって水環境の保全や整備を図ろうとするものではないかと考える。

こうしたことから、本研究は人工海藻を使用した天野(1990)の実験結果をもとに人工海藻による波高の低減効果や人工海藻近傍の流速分布について数値解析的に調べるとともに、人工海藻の堆砂機能についても検討しようとしたものである。

2. 数値計算

2.1 基礎方程式

静水面をx軸とすると、連続の式は

$$\bar{h}_t + (u\bar{h})_x = 0 \quad (1)$$

と表せる。ここに、 u は流速、 $\bar{h}$ は水位($\bar{h}=h+\eta$; h :静水深)である。なお、添字の x 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

$$u_t + u u_x + g \eta_x = -g S_f - F_D \quad (2)$$

と表せる。ここに、 g は重力の加速度、 S_f は摩擦勾配であり、次式で与えられる。

$$S_f = n^2 u |u| / \bar{h}^{4/3} \quad (3)$$

ここに、 n はManningの粗度係数である。

また、 F_D は抗力項であり、次式で与えられる。

$$F_D = (1/2) C_D C_v u |u| \quad (4)$$

ここに、 C_v は水平面内における人工海藻単位幅当たりの射影面積密度、 C_D は抗力係数である。

2.2 漂砂の連続式

$$(Z_B)_t = -(\lambda_N q)_x / (1 - \lambda_B) \quad (5)$$

ここに、 Z_B は基本水準面からの高さ、 λ_N は人工海藻繊維部の開口率、 λ_B は底面の空隙率、 q は漂砂量であり次式で与えられる。

$$q/w_o d = 30 \theta^2 \quad (6)$$

ここに、 w_o は底質の沈降速度、 d は底質の粒径、 θ は無次元相対応力($\theta = \rho_f u^2 / (\rho_B - \rho_f) g d$)である。なお、解析には特性曲線法を用いる。

2.3 初期条件および境界条件

初期条件は次式とする。

$$\eta(x, 0) = 0 \quad u(x, 0) = 0 \quad (7)$$

沖側の境界条件としては次式を採用する。

$$\bar{h} = h + \eta(0, t) \quad (8)$$

一方、岸側は透過境界とする。

3. 解析結果

3.1 波高分布

図-1に示す人工海藻が敷設帯の中央から沖側に4 m、岸側に4 mの計8 mの区間を計算対象領域とした。

また、Manningの粗度係数として実験結果をよく再現する値は $0.001 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ であった。

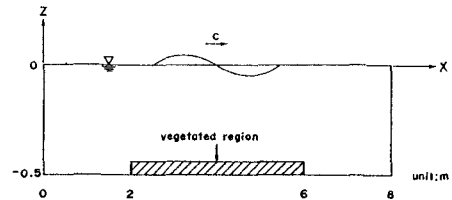


図-1 計算対象領域

図-2および3は、人工海藻を敷設しない場合と人工海藻の敷設間隔が10 cmおよび20 cmの場合の波高変化を示したもので、図中の H/H_1 は図-1に示す人工海藻の敷設領域のうち最も沖側の地点における波高 H_1 で、各測点における波高 H を無次元化したもの

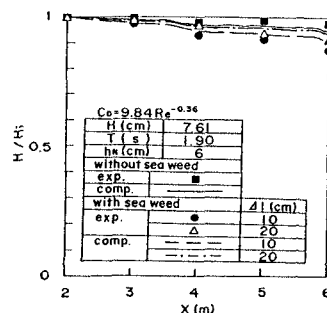


図-2 波高分布 ($C_D=9.84 \text{ Re}^{-0.36}$)

である。抗力係数の評価式として松原ら(1990)の経験式を用いた結果が図-2である。図-2によると、波高の減衰率は、実験値が計算値よりも大きい。そこで、抗力係数が $C_D = \alpha R_e^{-1}$ (α : 正の係数、 $R_e = \rho u_N d_N / \nu$, d_N : 人工海藻素繊維の直径、 ν : 動粘性係数)で評価されるものと仮定し、式に含まれる α の値を検討した結果、人工海藻敷設領域における波高分布を最も良く再現する値として1500を得た。式中の係数の値として1500を用いた結果が図-3である。

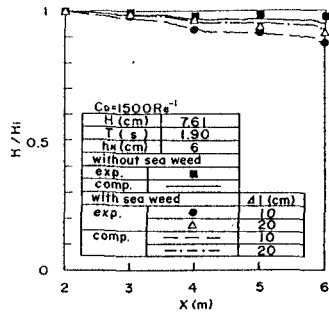


図-3 波高分布 ($C_D=1500 R_e^{-1}$)

図-3によると、松原らの評価式を用いた結果より、実験値と計算値の一致の度合いは良い。とくに、人工海藻の敷設間隔が10 cmの場合、実験値と計算値は良く一致している。

3.2 構造物背後の流速分布

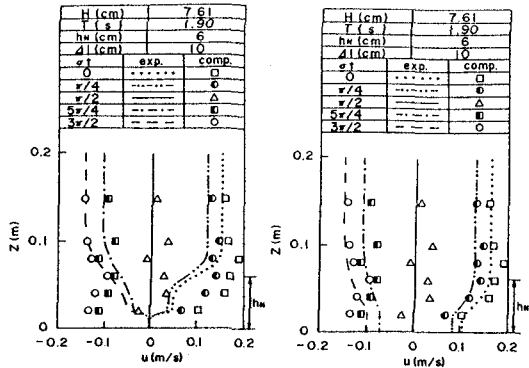
一方向流中に置かれた構造物の後流域における流速分布は式で与えられる (Schlichting(1968))。

$$\frac{u}{u_1+u_2} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{u_1-u_2}{u_1+u_2} \operatorname{erf} \xi \right) \quad (9)$$

ここに、 u_1 はfree streamの流速、 u_2 は構造物背後の流速である。erfは誤差関数であり、 $\xi = \sigma Y_r / \bar{Y}$ で表される。ここに、 $\bar{Y}$ は流れに沿った構造物からの距離である。なお、 $\sigma = A \bar{Y} / \delta_0$ で与えられる。 A は正の係数であり、 δ_0 は構造物の位置における乱れていない境界層の仮想厚さである。 Y_r は流速が $u = (u_1+u_2)/2$ で表されるレベルからの鉛直距離である。

人工海藻敷設位置の背後2 cmの地点における実験値と式(9)で算出した後流域における流速の鉛直分布とを比較したのが図-4である。(a)および(b)は人工海藻の基部を考慮した結果および考慮しない結果である。

いずれの周期についても人工海藻上端付近より底面にかけて、計算値は実験値よりも小さいようである。人工海藻上端より水面にかけては計算値と実験値との一致の度合いは比較的良好である。なお、実験結果には、 $\sigma t = 0$ の位相で人工海藻上端付近において境界層内の流速分布にみられるover-shootingがみられる。(b)をみると $\sigma t = 0$ の位相においては、計算値と実験値との一致の度合いは悪いが、他の位相においては(a)より両者の一致の度合いは良い。



(a) (b)

図-4 流速の鉛直分布

3.3 人工海藻が地形変化に及ぼす影響

図-5は人工海藻敷設領域中央の前後40 cmにおける地形変化を示したものである。なお、人工海藻の敷設間隔は10 cmである。人工海藻の敷設部では、堆積量が最大となり、人工海藻の沖側付近では、洗掘量が最大となっている。実験では人工海藻敷設間隔10 cmの場合、人工海藻間の中央部付近に砂れんらしきものが形成されていたが、計算ではそうした傾向を再現するには至らなかった。また、実験では人工海藻のすぐ沖側で洗掘が生じているが、計算結果ではその位置が僅かに沖側にズレている。

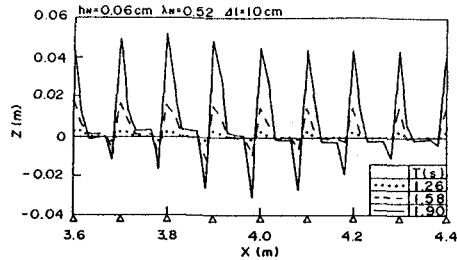


図-5 人工海藻近傍の地形変化