

海浜の侵食防止に及ぼす潜堤の効果

愛媛大学工学部 正 員 伊福 誠
愛媛県 正 員 〇高石盛大
愛媛大学大学院 学生員 金澤 剛

1. まえがき

近年、自然海岸線の減少や海浜の消失といった海岸工学上極めて重要な問題が生じている。そうした問題に対して干潟の造成や養浜が行われ砂の流失防止策として潜堤が築造されている。潜堤近傍の消波効果について数値解析的に検討したものはあるが、海浜全域を対象とした消波効果について検討したものはないようである。本研究では風波程度の比較的周期の短い波を対象として碎波によるエネルギー損失を評価し、傾斜海浜上に潜堤を設置した場合の潜堤周辺の洗掘や海浜変形について解析し侵食防止に及ぼす潜堤築造の効果について検討する。

2. 碎波によるエネルギー損失のモデル化

図1のような斜面上を伝播する正段波を考える。段波発生後のエネルギー損失量は次式で表される。

$$\Delta E = -(Z_2 - Z_1)^3 \cos \theta / 4 Z_1 Z_2 \quad (1)$$

ここに、 θ は底面と水平面のなす角である。

碎波限界は任意の時刻の空間波形の水面勾配で記述する(図2)。断面jでのエネルギー損失量は次式となる。

$$(E_e)_j = m_j \Delta E' / M \quad (2)$$

ここに、 $M = m_j + m_{j+1} + \dots + m_{j+k}$ 、 $\Delta E'$ は単位長さ当りのエネルギー損失量 ($\Delta E' = \Delta E / \Delta x$ 、 Δx :空間きざみ)である。

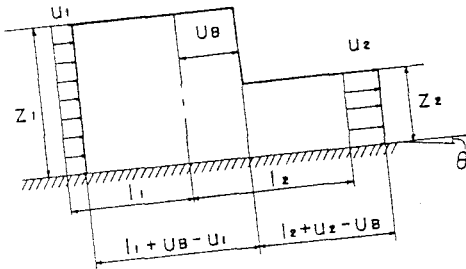


図1 斜面上を伝播する正段波

3. 基礎方程式

Barre de St. Venant の方程式に碎波によるエネルギー損失を考慮した運動方程式と連続式は次のようになる。

$$u_t + uu_x + Z_x g \cos \theta + g S + g \sin \theta + g E_e + Qu/z = 0 \quad (3)$$

$$Z_t + u Z_x + Z u_x = Q \quad (4)$$

ここに、 u は流速、 g は重力の加速度、 $S = n^2 u |u| / R'^{4/3}$ (n : Manningの粗度係数、 R' :径深)であり、

E_e は碎波によるエネルギー損失量、 Q は単位時間、単位長さ当りの側方からの流入量、 z は水面から底面までの深さ、添字の x 、 t は場所、時間に関する微分を意味する。

海浜変形を計算する際の連続式は、空隙率を λ とすると次式で表される。

$$\partial z_b / \partial t = -1 / (1 - \lambda) \partial q_x / \partial x \quad (5)$$

ここに、 z_b は任意の基準面から海底までの高さ、 q_x は汀線と直角方向の漂砂量である。

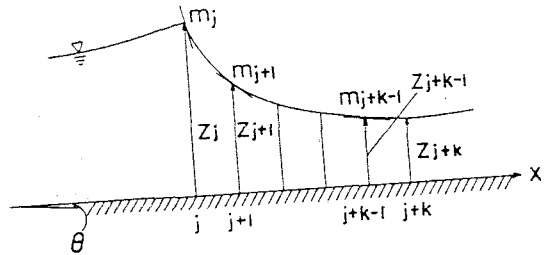


図2 碎波によるエネルギー損失の評価法

4. 数値解析法

特性曲線法に基づき固定格子法を用いて解析する。線形内挿法と放物型内挿法で得た波高分布を比較すると、比較的周期の短い波を対象とする場合線形内挿法よりも放物型内挿法の方が浅水効果による波高の変化をうまく説明し得るので、放物型内挿法を使用する。

初期条件および境界条件

波動場における各断面での波・流れの初期条件

$$z(x_j, 0) = Z_j \quad (j = 1, \dots, N) \quad (6)$$

ここに、 Z_j : 岸側の境界から仮想流量 Q_0 を流した際、不等流計算によって求めた各断面の水位、 N : 断面の数である。

$$z(0, t) = h_0 + \eta_l(t) + \eta_r(t) \quad (7)$$

$$u(x_u, t) = -Q_0 / Z(x_u, t)$$

ここに、 h_0 : 断面Dでの平均水深、 $\eta_l(t)$ 、 $\eta_r(t)$: 時刻tにおける入射波、反射波の水面変動量である。

一方、式(5)の初期条件は

$$z_b(x_j, 0) = (z_b)_j \quad (j = 1, \dots, N) \quad (8)$$

とする。

底質の移動限界流速(u_{bm})はKomar・Miller(1974)による経験式を用いる。

$$(u_{bm})^2 / (\rho_s' / \rho_f - 1) = 0.21 \{ (u_{bm}) T / \pi d \}^{1/2} \quad (9)$$

ここに、 ρ_s' 、 ρ_f はそれぞれ底質および流体の密度、 d は底質の粒径、 T は波の周期である。

漂砂量式は著者の一人(1988)が波動場の解析で得た

$$q_x / w_0 d = 3.23 \theta^{0.61} \quad (10)$$

評価する。ここに、 w_0 は静止流体中における物質の沈降速度、 θ は無次元相対応力であり

$$\theta = \rho_f u_{bm}^2 (\rho_s' - \rho_f) g d \quad (11)$$

と表される。波が砕ける際の波頂角はStokes(1932)、首藤(1976)や滝川ら(1983)により 120° とする。Manningの粗度係数および単位幅当りの仮想流量は長波伝播の解析(1988)において観測結果をうまく再現し得た値、0.04および $5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ を用いる。なお、底質の粒径および空隙率はそれぞれ0.2 mmおよび0.5、底質および流体の密度はそれぞれ、 2.65 g/m^3 および 1.025 g/m^3 とする。また、式(11)中の u_{bm} は式(3)と式(4)から得た値を用いて評価する。なお、地形変化は波と流れの場に影響を及ぼさないと仮定する。

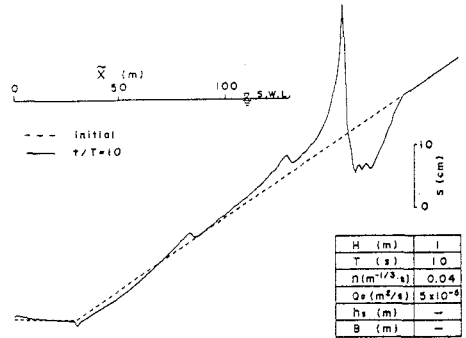
5. 海浜モデルおよび潜堤

傾斜海浜上に潜堤が設置された場合を考える。沖側の境界から一様水深部までの水平距離が約30 m、そこから岸側の境界までの水平距離が約180 m、海浜勾配は1/30である。潜堤ののり勾配は海岸保全施設築造基準解説より1/5とする。潜堤の天端水深は潜堤上を小型船舶が航行する場合を想定し、1.5 mと2 mの二通り、潜堤の天端幅は5 m、10 m、20 mの三通りとする。

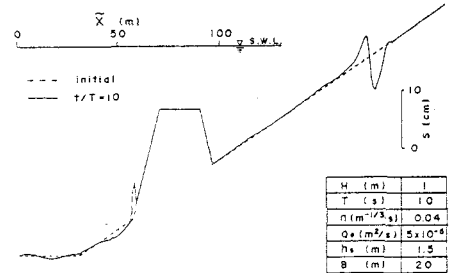
6. 解析結果

図3に海浜がほぼ平衡状態に達した10周期目までの海浜変形を示す。(a)は無堤の場合、(b)は潜堤がある場合である。(a)によると、汀線より沖側約20 m付近に洗掘、それより約5 m沖側に堆積が生じている。また、汀線より沖側約50 mと約100 m付近に砂州の形成の可能性を示す堆積が生じている。(b)によると、汀線近傍の侵食は無堤の場合と比較するとかなり軽減されている。潜堤の沖側においては部分重複波の最小波高の生ずる位置付近で洗掘、最大波高の生ずる位置付近と潜堤の堤脚部付近において堆積が生じている。

図4に砂州の発生限界を示す。計算に使用した波と底質によると、砂州の発生はJohnsonの発生限界よりも小さい。深海波の波高と底質の中央粒径の比が大きくなると限界波形勾配は急激に小さくなり、波形勾配が小さくても沿岸砂州が発生することを指摘した岩垣・野田(1963)の分類と一致する。



(a) 無堤の場合



(b) 潜堤がある場合

図3 10周期目の海浜変形

図5に潜堤の堤脚部近傍の最大洗掘深さの無次元量と反射率との関係を樫木(1957)の実験結果とともに示す。最大洗掘深さは反射

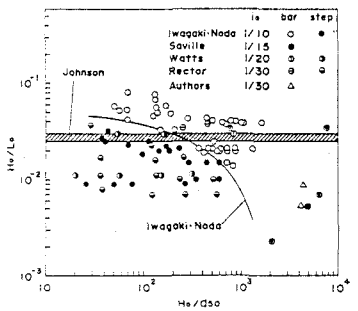


図4 砂州の発生限界

率が增大するにつれて増大し、計算結果は樫木の実験結果と良く似た傾向を示す。

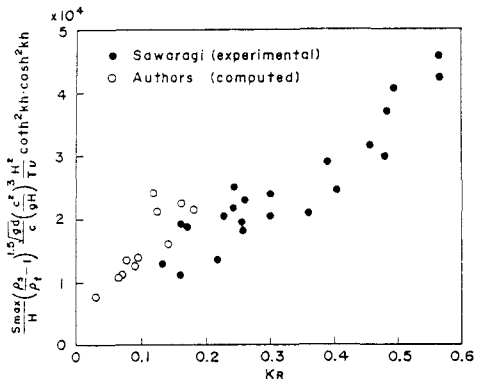


図5 最大洗掘深さと反射率の関係