

傾斜海浜上における規則長波の伝播と反射

愛媛大学工学部 正 員 伊福 誠

愛媛大学大学院 学生員 高石盛大

愛媛大学工学部 正 員 柿沼忠男

1. まえがき

著者らは現地海岸の砕波帯における波・流れと浮遊砂濃度に関する観測から岸沖方向流速の風波成分や長周期波成分が漂砂の問題に密接に関連していることを見いだしている。こうした長周期波は砕波せずその大半のエネルギーを損失することなく海浜上を遡上・流下する。

ここ数年来、わが国の海岸工学の分野において消波を目的とし、離岸堤あるいは潜堤と緩勾配の護岸とを組み合わせる波浪を面的に防御しようとする方式が推奨されてきた。また、消失した砂浜の復元を目的とした養浜や干潟の造成にともない砂の流出防止策として潜堤が築造されている。こうしたことから、本研究は規則長波を対象として傾斜海浜上における遡上や海浜の反射について調べるとともに潜堤による波の変形について検討しようとする。

2. 数値解析

基礎方程式

底面に沿って x 軸、底面より鉛直上向きに z 軸をとると非定常の運動方程式と連続式は次のようになる。

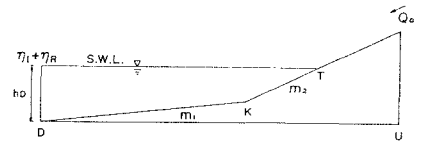
$$z_x g \cos \theta + \frac{\tau_\theta}{\rho A / s} + g \sin \theta + 2u u_x + \frac{u^2}{A} A_x + \frac{u}{A} A_t + u_t = 0 \quad (1)$$

$$u A_x + u_x A + A_t = 0 \quad (2)$$

ここに、 g : 重力の加速度、 θ : 底面と水平面とのなす角、 ρ : 流体の密度、 A : 断面積、 s : 潤辺、 τ_θ : 摩擦応力 ($= \rho g n^2 u |u| / R'^{1/3}$ 、 n : Manning の粗度係数、 u : 流速、 R' : 径深) であり、添字の x 、 t は場所、時間に関する微分を意味する。

初期条件および境界条件 (図 1)

$$z(x_j, 0) = z_j \quad (j = 1, \dots, N) \quad (3)$$



ここに、 z_j : 断面 U 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。

図 1 海浜モデル

$$\left. \begin{aligned} z(0, t) &= h_D + \eta_I(t) + \eta_R(t) \\ u(x_U, t) &= -Q_0 / z(x_U, t) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ここに、 h_D : 断面 D での平均水深、 $\eta_I(t)$ 、 $\eta_R(t)$: 時刻 t における入射波、反射波の水面変動量である。解析には固定格子法を用い、内挿法は線形内挿法を使用する。

3. 解析結果

(1) Saville(1958)の実験に基づく解析

Saville の実験結果のうち傾斜海浜上で砕波せずに伝播する波について解析し、その変形や遡上について

検討した。マンニングの粗度係数は $0.04\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$ 、仮想流量は $10^{-5}\text{m}^2/\text{s}$ とした。海浜勾配 m_1 は0、 m_2 は0.1である。図2に傾斜海浜上における水面変動量と岸沖方向流速の時間変動を示す。水面変動量と岸沖方向流速波形ともかなり前傾している。解析結果のうち遡上高がSavilleの実験結果と比較的に良く合う場合の相対遡上高 R/H_0 と沖波波形勾配 H_0/L_0 との関係を図3に示す。相対遡上高は沖波波形勾配が 3×10^{-4} 付近で最大となり沖波波形勾配が増大するにつれて減少する。計算値は実験値より12~40%小さく沖波波形勾配が増大するにつれて両者の差は増大する。こうした差は仮想流量を導入したためかあるいは内挿法の精度によるものかは明かでない。沖波波形勾配が増大するにつれて両者の差が増大するのは底面の摩擦応力を過大評価したためではないかと考える。

(2) 複合傾斜海浜モデルに基づく解析

初期波の波高0.2 m、周期20、25、30、40および50 s、マンニングの粗度係数0.06、0.08、 $0.1\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$ 、仮想流量 $10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$ としてパラメータ解析を行った。海浜勾配 m_1 は0.029、 m_2 は0.093である。海浜勾配が変化する断面における反射率 K_R とsurf similarity parameter ξ_0 と汀線からの距離の無次元量 x_* ($=\sigma^2 x' \tan \theta / g$, x' :汀線からの距離)との関係を図4に示す。汀線からの距離の無次元量が小さいほどまたsurf similarity parameter が大きいほど反射率は大きい。解析結果より次の近似式を得た。

$$K_R = 0.16 - 2.08 x_* + 0.03 \xi_0 \quad (5)$$

K_R 、 x_* 、 ξ_0 の重相関係数は0.84であり、相関はかなり高い。

(3) 潜堤による波の変形

現地海浜を想定して潜堤を設置した海浜モデルを図5に示す。海浜勾配、潜堤のサイズは図中に記してある。初期波の波高は0.2 m、周期20 s、マンニングの粗度係数 $0.06\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$ 、仮想流量 $10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$ として解析した。潜堤を設置した場合と設置しない場合との波高分布を点線と実線、反射率を黒丸と白丸で図6に示す。潜堤を設置した場合、潜堤の沖側には部分重複波が形成され、最大波高と最小波高の発生間隔は $L/4$ (L :波長)である。潜堤の岸側の波高は潜堤の設置によって40%程度小さくなる。反射率は潜堤がない場合0.028~0.051で沖側ほど小さいが、潜堤がある場合潜堤の沖側で0.37、潜堤の天端付近で0.20であり、潜堤がない場合のほぼ13~15倍程度である。潜堤の岸側での反射率は潜堤がない場合より僅かながら小さい。

以上、長波を対象として解析してきたが今後は碎波によるエネルギー逸散をも考慮し風波程度の短周期の波についての解析を行うとともに二次元の解析も行行って構造物周囲の波の変形、流れについても検討していくつもりである。

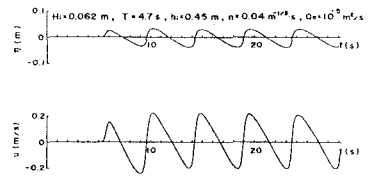


図2 水面変動量と岸沖方向流速

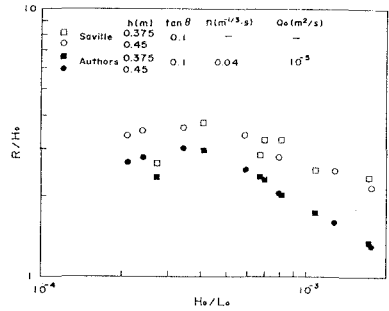


図3 相対遡上高と沖波の波形勾配

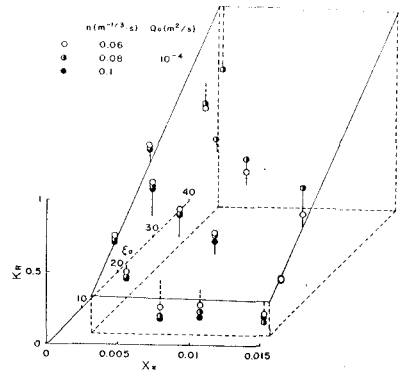


図4 K_R と ξ_0 、 x_* との関係

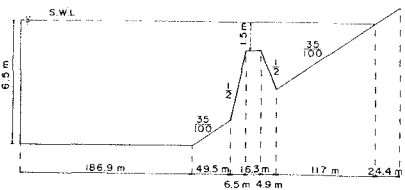


図5 潜堤を設置した海浜モデル

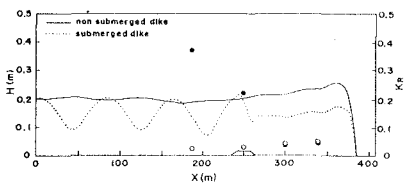


図6 波高分布と反射率