

特性曲線法に基づく不規則長波の伝播

愛媛大学工学部 正 員 伊福 誠

愛媛大学大学院 学生員 〇高石盛大

愛媛大学工学部 正 員 柿沼忠男

1. まえがき

周期波の傾斜海浜上での挙動を調べる際には海浜の反射を考慮すべきであるが、著者らの知り得る限りでは海浜の反射を考慮した波の伝播・遡上に関する数値解析的研究はなされていないようである。本研究では傾斜海浜上を遡上した波が流下する現象を岸側の境界で“仮想流量”を与えることによって表現し、特性曲線法に基づいて不規則波による傾斜海浜上における長波伝播の数値解析を行って中予海岸で得た観測結果を理論的に説明しようとするものである。

2. 基礎方程式と解析手法

基礎方程式

Wylie-Streeter(1978)によると運動方程式と連続式は次のようにあらわれる。

$$Z_x g \cos \theta + \frac{\tau_0}{\rho A s} + g \sin \theta + 2u u_x + \frac{u^2}{A} A_x + \frac{u}{A} A_t + u_t = 0 \quad (1)$$

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

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_0 :摩擦応力(= $\rho g n^2 u |u| / R'^{1/3}$ 、 n :マンニングの粗度係数、 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。

解析手法: 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. 初期条件及び境界条件

初期条件

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

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。

境界条件

$$\left. \begin{aligned} z(0, t) &= h_D + \eta(t) \\ u(x_0, t) &= -Q_0 / z(x_0, t) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ここに、 h_D :断面 D での平均水深、 $\eta(t)$ は水面変動量であり中予海岸の平均水深 6.5m の地点で得た値を用いる。 Q_0 は単位幅当りの仮想流量である。

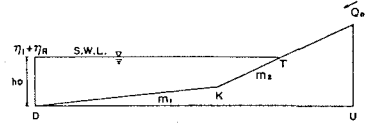


図1 海浜モデル

4. 海浜モデル

愛媛県中予海岸を図1のようにモデル化した。沖側の断面 D から岸側の断面 U までを 277 の断面に分割した。断面 D から勾配の変わる断面 K 、断面 K から静水時の汀線の断面 T 、断面 T から断面 U までの距離はそれぞれ 172.25m 、 16.25m 、 35.75m とした。海浜勾配 m_1 および m_2 はそれぞれ 0.029 および 0.093 、沖側の断面 D での静水深は 6.5m とした。空間きざみは 0.8125m 、時間きざみは 0.05s とした。

水面変動量の内挿

1982年の冬期季節風時、愛媛県中予海岸の平均水深 6.5m の地点で得た水面変動量の資料は 0.2s 間隔でサンプリングしているが、数値計算においては上記の資料をもとに線形内挿によって 0.05s ごとの水面変動量を求める。

マンニングの粗度係数および仮想流量

マンニングの粗度係数を $0.03 \sim 0.06\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$ 、仮想流量を $10^{-5} \sim 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$ としてパラメータ解析を行ったが、実測値の再現性の高い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 $5 \times 10^{-5}\text{m}^2/\text{s}$ であった。

5. 解析結果

図2は岸側の観測地点で得た水面変動量の時間変化を示したものである。実測値が計算値より振幅が大きいようである。 $0\text{s} \sim 270\text{s}$ 付近までは $5\text{s} \sim 10\text{s}$ 程度計算値の位相が遅れているが、計算値は実測値をほぼ再現していると考えられる。

ゼロ・アップ・クロス法で求めた平均波の波高の実測値と計算値の関係を図3に示す。図中の実線は最小二乗法より得た近似式である。計算値は実測値の

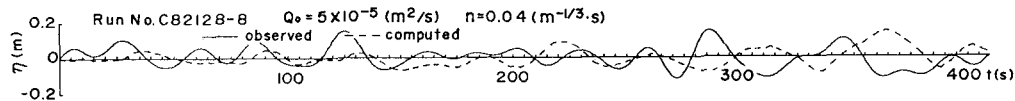


図2 水面変動量の時間変化

0.8 - 1.4倍程度であり、両者はほぼ似ている。

図4は岸側の観測地点で下部流速計より得た岸沖方向流速および計算して得た岸沖方向流速の頻度分布を示す。平均値付近で実測値、計算値ともガウス分布より大きいが、実測値、計算値ともほぼガウス分布と似ている。

図5は水面変動量、上部および下部岸沖方向流速のパワースペクトルを示したものである。水面変動量は、0.03Hzよりも低周波数側では計算値は実測値よりも大きい、それより高周波数側では両者は定性的にも定量的にも良く合う。岸沖方向流速は0.025Hzよりも低周波数側では計算値は実測値よりも大きい、それより高周波数側では計算値は上部および下部岸沖方向流速の実測値の中間にあり傾向も良く似ている。

図6はGuzaら(1984)の手法に従い断面Kでの水面変動量と岸沖方向流速から岸向き特性量と沖向き特性量を算出し、スペクトル解析して得たエネルギー密度から求めた反射率 $K_R = \sqrt{\text{沖向き特性量のエネルギー密度} / \text{岸向き特性量のエネルギー密度}}$ を示したものである。反射率は実測値と計算値とも周波数が増大するにつれて減少している。計算値は下部岸沖方向流速を用いて得た実測値と定性的にも定量的にも合う。

図7は岸向き特性量および沖向き特性量から求めた反射率とsurf similarity parameter ($= \tan \theta / \sqrt{H_0/L_0}$, $\tan \theta$: 海浜勾配、 H_0/L_0 : 深海波の波形勾配)との関係を示したものである。なお図中の破線は本研究で用いた海浜モデルにおいて初期波として微小

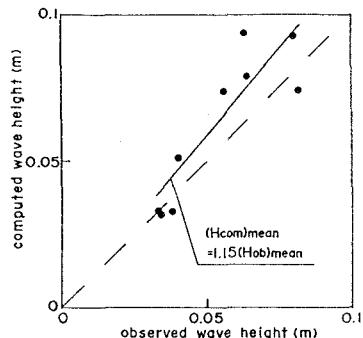


図3 平均波高

の関係を示したものである。なお図中の破線は本研究で用いた海浜モデルにおいて初期波として微小

振幅長波を与えた解析で得た近似式である。海浜勾配は前浜の勾配を用いた。

水面変動量と下部岸沖方向流速から算出した2例を除けば、反射率は初期波として微小振幅長波を与えた解析で得た値のほぼ42%-95%である。

surf similarity parameter の値はほぼ16-36と狭い範囲であり、初期波として微小振幅長波を与えた解析で得た傾向は見い出せない。

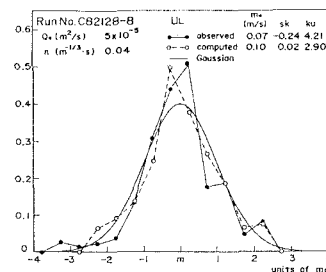


図4 下部岸沖方向流速の頻度分布

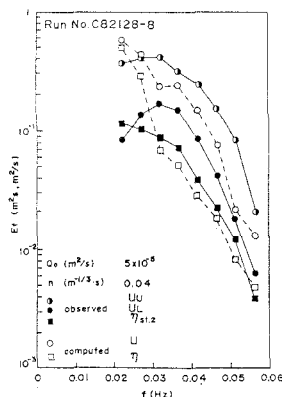


図5 パワースペクトル

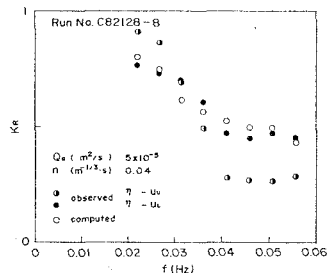


図6 反射率

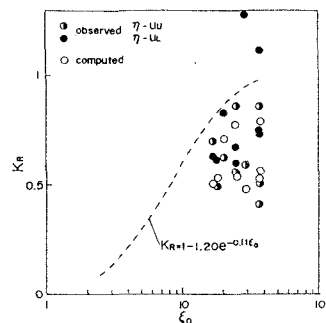


図7 反射率とsurf similarity parameterとの関係