

斜め入射による潜堤周辺の波浪変形

愛媛大学工学部 正 員 伊福 誠
東洋建設(株) 正 員 弓山 泰
愛媛大学大学院 学生員 中西まゆみ

1. はじめに

波が汀線あるいは構造物に斜めに入射する場合と直角入射する場合とでは構造物周辺の波の変形や地形変化はかなり違った様相を呈することが予測される。本研究では汀線あるいは構造物に波が斜めに入射する場合を対象として構造物周辺の波浪変形や海浜変形について調べる。

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, $\bar{h}$ は全水深 ($\bar{h} = h + \eta$; 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

$$\begin{aligned} u_t + uu_x + vv_y + g\eta_x + gS_X + D_{BX} &= 0 \\ v_t + uv_x + vv_y + g\eta_y + gS_Y + D_{BY} &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

と表せる。ここに, g は重力の加速度である。 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る。 D_{BX}, D_{BY} は碎波減衰率であり, 渡辺・丸山 (1984) の方法を準用する。

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

波のない状態を初期条件とする。沖側の境界では, ポテンシャル理論から求めた水面変動量を与える。

側方の境界は以下のように取り扱う。

式 (1) の連続式は次のように書き換えられる。

$$\begin{aligned} d\bar{h}/dt &= -\bar{h}(\partial u/\partial x + \partial v/\partial y) \\ dx/dt &= u, \quad dy/dt = v \end{aligned} \quad (3)$$

いま, 沿岸方向の入射側境界において, 図 1 のように点 R, L および S が解析対象外にある場合 ($v_R, v_L, v_S > 0$) を考える。この場合, 3 点は $y = 0$ ($j = 1$) 上に位置すると仮定し, 未知点 U における全水深 $\bar{h}_U$ は点 P, E, G および A の全水深に重みをかけて算出する。なお, 沿岸方向の透過側境界においても入射側境界と同様の取り扱いをする。

このような取り扱いをすると波向線と x 軸と

のなす角が増大すると, 水位や流速の計算精度が下がる。そこで, 沿岸方向境界においては内挿点の位置をできる限り正確に決定することが計算の精度をあげることになる。そこで, 未知点の諸量に近似値を与え, これより内挿点に向けて特性曲線式を逐次積分する (図 2)。また, 各分点における流速および水深は $\Delta t \cdot \Delta x$ の領域内で線形に変化しているとする。ここで, 時間間隔 $\Delta t/m$ (m : 分割数) での数値積分には 2nd order スキームを用いる。

なお, 岸側の境界は移動境界条件とする。

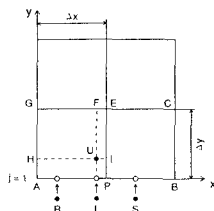


図1 側方境界

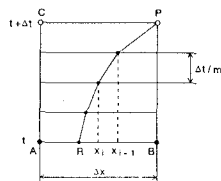


図2 逐次積分

2.3 解析結果

図 3 に示すような海浜を対象とする。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。初期波として, 波高 1 m, 周期 8 s の Stokes 波を与える。空間きざみ $\Delta x, \Delta y$ は 2 m, 時間きざみ Δt は 0.2 s とする。また, Manning の粗度係数は $0.04 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ とし, 碎波減衰率を評価する際の正の係数 α_D および γ' は, それぞれ 2.5 および 0.25 とする。

図 4 は, 入射角が 15° と 0° の場合の波高の空間分布を比較したものである。図の左側半分および右側半分は, それぞれ入射角が 15° および 0° の場合を示す。入射角が 15° の場合, 高波高領域が 0° に比べて岸側に広がる。潜堤の岸側の法肩から岸に向けて伸びる $H/H_i = 0.4$ 以上の舌状の高波高領域は, 入射角が 0° の場合よりも

開口部側に傾く．とくに，沿岸境界側のものは開口部側のものと比べて面積が広く，開口部側への傾斜も大きい．しかしながら，汀線近傍では，入射角による波高の違いはほとんどない．

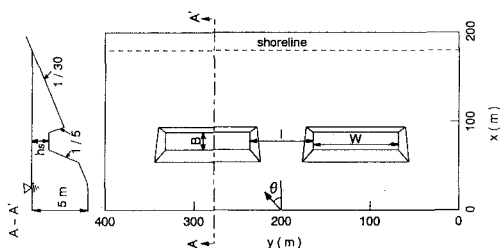


図3 海浜形状

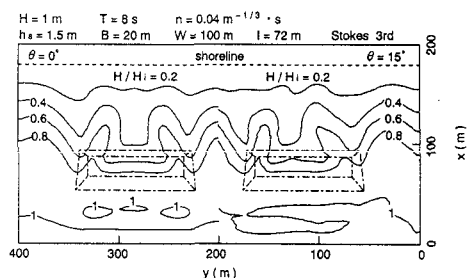


図4 波高の空間分布

3. 海浜変形

3.1 漂砂量式

漂砂量式は，著者の一人(1991)が準定常状態のもとで求めた渡辺らの式(1984)を修正し，非定常のもとでも取り扱えるようにした式を用いる．

3.2 漂砂の連続式

底勾配の効果を検討した2次元の漂砂の連続式は次式で表せる．

$$\frac{\partial Z_B}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial x} \left(q_{wx} - \epsilon |q_{wx}| \frac{\partial Z_B}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(q_{wy} - \epsilon |q_{wy}| \frac{\partial Z_B}{\partial y} \right) \quad (4)$$

ここに， Z_B は任意の高さを基準にした局所的底面高さ， q_{wx} および q_{wy} は岸沖および沿岸方向漂砂量， ϵ は正の係数($\epsilon = 1.0$)である．

3.3 初期条件および境界条件

初期条件は，局所的底面高さが基準面から海底までの高さに等しいとする．また，沖側および側方境界では，岸沖方向の漂砂量は線形に変化するとする．さらに，岸側では任意の時刻の最大遡上位置における漂砂量は0とする．

3.4 解析結果

図5は， $x = 24 \sim 140$ mの範囲で波の入射角が洗掘・堆積に及ぼす影響について示したものである．図中の実線および破線は，それぞれ堆積領域および洗掘領域を示す．図の左側半分および右側半分は，それぞれ入射角が 15° および 0° の場合を示す．入射角によらず洗掘量が最大となる位置は潜堤沖側の堤脚部付近である．入射角が 15° の場合，潜堤の岸側において2つの洗掘領域が存在し，側方境界側のそれは開口部側よりも広い．潜堤の沖側に僅かな堆積領域が存在する．入射角が 0° の場合にみられた潜堤岸側堤脚部から岸へと伸びる2本の舌状の堆積領域は存在しない．しかしながら，堤脚部における堆積量は入射角が 0° の場合の2倍程度である．また，こうした堆積領域は側方境界側に偏り岸側へと伸びる．なお，潜堤の岸側に存在する僅かな堆積領域のうち側方境界側のものは，より岸側に位置する．

次に汀線近傍における洗掘・堆積について述べる．入射角が 0° の場合，地形の変化はほとんどない．しかしながら，入射角が 15° の場合，ほぼ汀線全域で若干堆積し，そのすぐ沖側で僅かな洗掘領域がみられる．

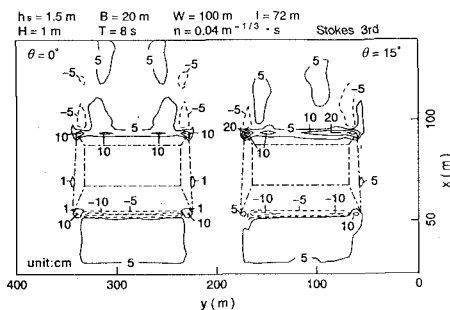


図5 洗掘・堆積の空間分布(潜堤近傍)